



# POSGRADOS

---

## Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:

Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas

Tema:

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo de equipos utilizados en un centro comercial de Quito mediante el uso de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado CMMS

Autor:

John Stalin Bautista Silva

Director:

Cristian Andrés Leiva González

QUITO – Ecuador

2026

***Autor:***



**John Stalin Bautista Silva**

Ingeniero Mecánico

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

[jbautistas2@est.ups.edu.ec](mailto:jbautistas2@est.ups.edu.ec)

***Dirigido por:***



**Cristian Andrés Leiva González**

Ingeniero Mecánico

Magíster en Materiales, Diseño y Producción

[cleiva@ups.edu.ec](mailto:cleiva@ups.edu.ec)

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

John Stalin Bautista Silva

***PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS UTILIZADOS EN UN CENTRO COMERCIAL DE QUITO MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO COMPUTARIZADO CMM***

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza, la salud y la capacidad necesarias para llevar a cabo este trabajo y así cumplir con este importante desafío académico.

A mis padres, Ramiro y Anita, quienes con más de 36 años de matrimonio han formado una familia basada en los valores, el esfuerzo y el trabajo. Gracias a su ejemplo y dedicación, han logrado brindarnos a sus hijos y nieto la oportunidad de educarnos, trabajar y seguir creciendo tanto personal como profesionalmente.

A mi enamorada, Mariuxi, por su compromiso, apoyo, comprensión y, sobre todo, por ser mi pilar fundamental durante este proyecto profesional. Su compañía ha sido clave para alcanzar con éxito esta meta.

Dedico también este logro a mí mismo, por no rendirme, por mantenerme firme incluso en los momentos más difíciles y por creer siempre que todo sacrificio tiene su recompensa. Este trabajo representa años de esfuerzo, compromiso y amor por lo que hago; una meta alcanzada con humildad, gratitud y la satisfacción de haber dado lo mejor de mí.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Por brindarme la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar mis metas y superar los desafíos que se presentaron en el trayecto.

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida. A mis padres, Ramiro y Anita, cuyo esfuerzo, sacrificio y amor incondicional han sido la base de todos mis logros. Gracias por enseñarme que el trabajo constante y la dedicación son los verdaderos caminos hacia el éxito.

A la Universidad Politécnica Salesiana y al Ing. Cristian Leiva, por su valiosa guía, orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto, que hoy culmina con éxito.

A mis líderes profesionales, David, Juan Ignacio, Milton y Marianela, encabezados por el Ing. Gilberto Mantilla, por haberme brindado la oportunidad de crecer, aprender y desarrollarme profesionalmente bajo su dirección y confianza.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso y contribuyeron a la construcción de este logro personal y académico.

*Per Aspera Ad Astra*

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICES DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Planteamiento del problema.....	17
Formulación del problema.....	17
Objeto de estudio.....	17
Justificación de la investigación.....	18
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos.....	19
Hipótesis de la investigación.....	19
Alcance de la investigación.....	20
CAPITULO I.....	21
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO.....	21
1.1 El mantenimiento industrial.....	21
1.2. Tipos de mantenimiento.....	22
1.2.1 Mantenimiento correctivo.....	22
1.2.2 Mantenimiento preventivo.....	22
1.2.3 Mantenimiento predictivo.....	22
1.2.4 Mantenimiento proactivo.....	23
1.3 Equipos críticos en entornos comerciales.....	23
1.3.1 Sistemas eléctricos.....	23
1.3.2 Sistemas mecánicos y de climatización (HVAC).....	23
1.3.3 Sistemas hidráulicos y sanitarios.....	24
1.3.4 Sistemas contra incendios y de seguridad.....	24
1.4 Planificación del mantenimiento preventivo.....	24
1.5 Estrategias modernas de mantenimiento.....	25

1.6 Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) .....	26
1.7 Indicadores de Gestión de Mantenimiento (kPIs) .....	27
CAPITULO II.....	31
MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	31
2.1 Descripción general del centro comercial .....	31
2.2 Organización del área de mantenimiento .....	31
2.3 Evaluación del mantenimiento .....	33
2.4 Diseño de la investigación.....	34
2.5 Tipo y enfoque de investigación.....	36
2.6 Recolección de información técnica.....	36
2.7 Metodología para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.....	37
2.7.1 Levantamiento y análisis de equipos críticos .....	38
2.7.2 Diseño del plan de mantenimiento preventivo .....	41
2.7.3 Evaluación del plan frente a recursos técnicos y económicos.....	43
2.7.4 Indicadores de gestión – KPIs .....	47
2.7.5 Integración de la propuesta en un CMMS .....	48
2.7.6 Implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) .....	52
2.7.7 Gestión operativa del mantenimiento preventivo y correctivo.....	55
2.7.8 Aplicación de estrategias modernas de mantenimiento en la propuesta .....	56
CAPITULO III .....	58
ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	58
Conclusiones.....	62
Recomendaciones .....	63
Referencias .....	65

## ÍNDICES DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura organizacional de Operaciones y Mantenimiento .....	32
<b>Figura 2.</b> Desarrollo de la investigación.....	35
<b>Figura 3.</b> Software CMMS .....	52
<b>Figura 4.</b> Ingreso de inventario en el CMMS .....	52
<b>Figura 5.</b> Ingreso actividades de mantenimiento en el CMMS .....	53
<b>Figura 6.</b> Actividades de mantenimiento programadas en el CMMS .....	53
<b>Figura 7.</b> Diagrama de flujo del proceso .....	54
<b>Figura 8.</b> Indicadores de gestión del CMMS.....	55
<b>Figura 9.</b> Nivel de criticidad de equipos.....	59
<b>Figura 10.</b> Comparativo de órdenes de trabajo actuales y proyectadas.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Inventario de equipos .....	38
<b>Tabla 2.</b> Equipos y criticidad en la operación.....	40
<b>Tabla 3.</b> Matriz base del plan de mantenimiento preventivo.....	42
<b>Tabla 4.</b> Actividades de mantenimiento especialidad eléctrica .....	44
<b>Tabla 5.</b> Actividades de mantenimiento especialidad hidrosanitaria.....	44
<b>Tabla 6.</b> Valor hora de trabajo .....	45
<b>Tabla 7.</b> Carga técnica anual del personal interno .....	46
<b>Tabla 8.</b> Costos anuales mantenimiento proveedores.....	47
<b>Tabla 9.</b> Estructura funcional del CMMS para el centro comercial .....	49
<b>Tabla 10.</b> Proyección anual de órdenes de trabajo por especialidad de mantenimiento	59
<b>Tabla 11.</b> Comparativo de carga horaria del personal técnico.....	61

# Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo de equipos utilizados en un centro comercial de Quito mediante el uso de un sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado CMMS

Autor:

John Stalin Bautista Silva

## Resumen

El presente trabajo plantea un plan de mantenimiento preventivo orientado a los equipos e instalaciones que influyen de forma directa en la operación del Centro Comercial. La propuesta se apoya en el uso de un Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS), mediante el cual se organizó y estructuró la información técnica levantada. Con base en un diagnóstico de las condiciones actuales y en un análisis de criticidad, se registraron más de 124 activos operativos; aproximadamente el 21 % muestra un nivel de riesgo relevante para la continuidad del servicio.

El plan desarrollado contempla un total de 511 tareas preventivas distribuidas a lo largo del año. La verificación de la carga laboral requerida evidencia que los técnicos eléctricos deben destinar 1.103 horas anuales a estas labores, mientras que el personal hidrosanitario requiere 840 horas. Estas demandas representan el 27,6 % y el 21 % de su capacidad anual respectivamente, lo que confirma que el programa es factible sin necesidad de aumentar el número de colaboradores.

En términos de recursos financieros, la proyección anual asciende a USD 83.262,75, lo que garantiza la sostenibilidad del plan y la continuidad operativa de los servicios esenciales del complejo. La integración del programa en el CMMS contribuye a la digitalización de procesos, la optimización del uso de recursos y el fortalecimiento del control de las actividades realizadas. En conjunto, estos elementos consolidan una gestión de mantenimiento más eficiente y un rendimiento operativo más fiable para la infraestructura del centro comercial.

**Palabras clave:** Mantenimiento preventivo, CMMS, Gestión de mantenimiento, Confiabilidad, Centro comercial.

## Abstract

This paper proposes a preventive maintenance plan for equipment and facilities that directly influence the operation of the shopping center. The proposal is based on the use of a Computerized Maintenance Management System (CMMS), through which the technical information collected was organized and structured. Based on a diagnosis of current conditions and a criticality analysis, more than 124 operational assets were recorded; approximately 21% show a level of risk relevant to service continuity.

The plan developed includes a total of 511 preventive tasks distributed throughout the year. Verification of the required workload shows that electrical technicians must devote 1,103 hours per year to these tasks, while water and sanitation personnel require 840 hours. These demands represent 27.6% and 21% of their annual capacity, respectively, confirming that the program is feasible without the need to increase the number of employees.

In terms of financial resources, the annual projection amounts to USD 83,262.75, which guarantees the sustainability of the plan and the operational continuity of the complex's essential services. The integration of the program into the CMMS contributes to the digitization of processes, the optimization of resource use, and the strengthening of control over the activities carried out. Together, these elements consolidate more efficient maintenance management and more reliable operational performance for the shopping center's infrastructure.

**Keywords:** Preventive maintenance, CMMS, Maintenance management, Reliability, Shopping center.

## Introducción

Hoy en día el mantenimiento preventivo es para asegurar la operatividad de los equipos tanto en entornos industriales como en instalaciones comerciales. Los métodos convencionales suponen que los equipos siempre están disponibles, lo cual no refleja la realidad, especialmente en condiciones de operación intensas como las de un centro comercial, donde el tiempo es limitado. En el estudio de Zhu et al. [1] demostraron que en ciertos casos el costo de detener un equipo para mantenimiento puede superar el beneficio obtenido, proponen la necesidad de modelos más flexibles. Los modelos al considerar el factor de la disponibilidad real de los equipos les permite programar las intervenciones de manera estratégica, reduciendo costos sin comprometer la confiabilidad y operatividad del servicio brindado.

En el ámbito industrial, las instalaciones eléctricas requieren una revisión y mantenimiento preventivo y debe ser ejecutado por personal especializado, con el objetivo de garantizar las operaciones, prolongar la durabilidad de los componentes y sistemas involucrados. Malhotra et al. [2] evidencian que la ausencia de planes estructurados en este campo puede generar fallos latentes, particularmente en infraestructuras antiguas o con modificaciones no documentadas. De igual manera, Syamsundar et al. [3] señalan la importancia de medir de forma cuantitativa la efectividad de los planes de mantenimiento, utilizando registros reales de fallas y de intervenciones ejecutadas. En el contexto de un centro comercial, este enfoque permite optimizar la distribución de recursos y sustenta decisiones más precisas sobre la periodicidad y la prioridad asignada a cada actividad de mantenimiento.

De Jonge et al. [4] los autores presentan en su estudio de investigación titulado “La influencia de los factores prácticos en los beneficios del mantenimiento basado en la condición sobre el mantenimiento basado en el tiempo”, donde exponen ha surgido una alternativa estratégica llamada mantenimiento basado en condición (CBM) frente al mantenimiento basado en tiempo (TBM) exponiendo como principal premisa que las intervenciones se deben dar únicamente cuando el estado real del equipo lo requiera, especialmente en infraestructuras complejas como los centros comerciales los cuales integran sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos, esta metodología permite optimizar la disponibilidad y evitar intervenciones innecesarias. De forma complementaria, Wang

et al. [5] en su investigación, proponen políticas de mantenimiento basadas en condición para sistemas equilibrados, esto permite evaluar el deterioro global o individual de sus componentes. Esto permite tener una visión íntegra particularmente para equipos críticos como bombas de agua o generadores, donde una intervención oportuna puede prevenir fallos de alto impacto y optimizar los costos de operación.

En entornos donde convergen múltiples servicios y sistemas es fundamental coordinar la planificación de mantenimiento con estándares de calidad y tiempos de operación. Farahani y Tohidi [6] argumentan que la coordinación sinérgica entre estas áreas permite homologar los estándares de calidad establecidos con la operatividad efectiva del equipamiento disponible para ser consistente con los plazos y regímenes de tiempo de operación predeterminados. En este sentido, Wang et al. [7] plantean un modelo producto-servicio donde el proveedor supervisa equipos clave del centro comercial mediante tecnologías avanzadas que permiten anticipar fallos y planificar el mantenimiento de forma eficiente.

Hoy en día los complejos comerciales aún no cuentan con tecnologías avanzadas como las que propone el mantenimiento 4.0, se propone que se puede comenzar a mejorar su mantenimiento con acciones simples como digitalizar los registros, programar tareas como revisiones o reparaciones en horarios de poca afluencia y empezar a usar sensores para vigilar equipos clave. Este tipo de acciones permiten planificar y organizar mejor el trabajo, evitar problemas mayores y preparar el camino para usar tecnología más moderna en el futuro [8] [9].

Los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) se definen como una solución de software diseñada con el objetivo primordial de administrar de manera eficiente todas las operaciones de mantenimiento dentro del contexto industrial y en las infraestructuras comerciales.

La implementación exitosa y la operatividad adecuada de esta herramienta tecnológica se orientan a alcanzar múltiples beneficios estratégicos:

1. Facilitar la ejecución estructurada del mantenimiento preventivo.

2. Reducir significativamente la ocurrencia de fallos operativos no planificados (imprevistos).
3. Minimizar los períodos de inactividad de los equipos y sistemas productivos.

Sin embargo, la efectividad práctica del CMMS está intrínsecamente ligada a la calidad de la información registrada y a la rigurosidad del seguimiento de cada actividad ejecutada. Esta dependencia de los datos puede, en ausencia de controles adecuados, limitar seriamente su capacidad para generar análisis profundos y sustentar procesos de mejora continua.

En este sentido, autores como Salonen et al. [10] y Suganthaan et al. [11] subrayan que la estandarización de los registros y la explotación analítica de los datos históricos son factores críticos. Estos procesos no solo permiten definir fallos recurrentes y agilizar los planes de mantenimiento preventivo, sino que también contribuyen a un incremento tangible en la confiabilidad global del sistema.

En cualquier tipo de industria la designación de un sistema CMMS no debe depender solamente del precio o la fama del proveedor, sino de su habilidad para ajustarse a las necesidades efectivas de la organización y su compatibilidad con las tecnologías en desarrollo. Rodrigues et al. [12] demuestran que la metodología SMARTS permite no solo seleccionar el software más adecuado para una organización sino también proyectar una implementación sostenible que se ajuste a la estrategia de mantenimiento a largo plazo, en un centro comercial, esta visión facilita una gestión más ágil y coordinada, alineada con las demandas de disponibilidad y operatividad del complejo.

La puesta en marcha de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) proporciona a las diferentes industrias de todo tamaño una oportunidad estratégica para optimizar la eficiencia operativa dentro de sus procesos de gestión de mantenimiento, incluso en escenarios caracterizados por la restricción presupuestaria. Aliyu et al. [13] destacan que estos software permiten planificar de forma estructura tanto las actividades, responsables y fechas basadas en un cronograma de mantenimiento además de mantener un registro histórico con el fin de garantizar la operatividad y continuidad del funcionamiento de los distintos sistemas, sin embargo, para alcanzar estos resultados, es fundamental configurar el sistema de acuerdo con la criticidad de los

equipos, las rutinas de mantenimiento existentes y las capacidades del personal. Una implementación que se alinea congruentemente con las operaciones internas de la organización facilita una gestión de mantenimiento de carácter más proactivo, la cual se orienta sistemáticamente hacia la mejora continua. Este enfoque contribuye de manera directa en el aumento de la capacidad competitiva de la empresa y asegura la sostenibilidad a largo plazo de sus operaciones.

Halmetoja y Lepkova [14] realizan una investigación en el Modelado de Información de Construcción y su integración con sistemas CMMS si bien el primero se lo utiliza para la gestión de edificaciones, al centralizar datos técnicos con el fin de optimizar el mantenimiento y por otra parte el segundo mejora la gestión de activos, unificando datos gráficos y funcionales para una toma de decisiones eficiente. En el entorno de las instalaciones comerciales, el Modelado de Información de Construcción (BIM) representa una ventaja significativa para la planificación precisa de las intervenciones en los sistemas considerados críticos. No obstante, se ha observado que, frecuentemente, esta herramienta carece de la información detallada y suficiente requerida para ejecutar las tareas de mantenimiento específicas de la infraestructura global.

Los sistemas de transporte vertical, como ascensores y escaleras mecánicas, son esenciales en centros comerciales que manejan un alto número de personas. Estos sistemas requieren estrictos estándares de seguridad y confiabilidad, dado que su mal funcionamiento puede interrumpir operaciones y comprometer la seguridad de los usuarios. El trabajo de Man et al. [15] revisa la evolución funcional de estos sistemas, desde sus configuraciones iniciales hasta la incorporación de herramientas modernas orientadas al seguimiento y diagnóstico del estado de los equipos. Esta transición permite identificar fallas mientras ocurren y habilita el uso práctico de métodos basados en predicción del desgaste o deterioro. Con ello se mejora la continuidad operativa, se reducen periodos de detención no planificada y se acelera la atención de eventos críticos.

El desarrollo tecnológico contemporáneo y los avances en inteligencia artificial han impulsado significativamente la proliferación de edificaciones inteligentes durante los últimos cinco años. En el ámbito de los complejos comerciales, la gestión predictiva inteligente del mantenimiento posibilita la administración eficaz de infraestructuras

esenciales tales como sistemas de acondicionamiento ambiental, alumbrado, transporte vertical y resguardo patrimonial, sustentada en algoritmos de machine learning, métodos de análisis estadístico y arquitecturas de redes neuronales. Dichas tecnologías facilitan la anticipación de anomalías operacionales, minimizan las interrupciones en el servicio y potencian la experiencia del usuario. No obstante, si bien la adopción de estos sistemas enfrenta desafíos importantes relacionados con la integridad y la confidencialidad de la información, la aplicación de enfoques metodológicos avanzados, como el aprendizaje federado, ofrece alternativas robustas que se caracterizan por ser seguras y de amplia escalabilidad. Bajo esta perspectiva, el mantenimiento predictivo inteligente (IPM) no solamente perfecciona la operatividad de los centros comerciales, sino que también fortalece su sostenibilidad ambiental y su posicionamiento competitivo desde la dimensión tecnológica [16][17].

## **Planteamiento del problema**

En infraestructuras comerciales de gran escala, la operación continua de los sistemas y equipos es un requisito central para asegurar la disponibilidad de los servicios, mantener condiciones seguras y sostener un nivel adecuado de confort para los usuarios. Aun así, la gestión del mantenimiento en estas instalaciones suele presentar problemas derivados de la falta de una planificación estructurada, del uso de registros manuales sin integración y de la ausencia de indicadores que evalúen el desempeño operativo y económico. Estas deficiencias provocan retrasos en la atención de fallas, aumentan los gastos asociados a la operación y reducen el tiempo útil de los activos, generando efectos directos en la percepción del usuario y en la eficiencia global del complejo.

En el centro comercial analizado, buena parte del mantenimiento se ejecuta mediante un modelo tradicional basado en la experiencia del personal y en documentación física dispersa. Aunque este enfoque resuelve necesidades inmediatas, no permite priorizar los activos críticos ni asegurar un control ordenado de las actividades programadas. Frente a esta situación, resulta necesario establecer un plan de mantenimiento preventivo apoyado en un sistema digital de gestión que concentre la información técnica, organice el calendario de intervenciones y emita reportes actualizados. Su implementación apunta a elevar la confiabilidad de los sistemas, optimizar la operación y asegurar la continuidad funcional del centro comercial.

## **Formulación del problema**

¿Cómo implementar un plan de mantenimiento preventivo con apoyo de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) para optimizar la gestión y disponibilidad de los equipos críticos en un centro comercial de Quito?

## **Objeto de estudio**

Esta investigación analiza la gestión del mantenimiento de los equipos catalogados como críticos dentro de un centro comercial situado en Quito. El trabajo plantea una alternativa orientada al mantenimiento programado, sustentada en el uso de una plataforma digital para la gestión de activos (CMMS). La finalidad es fortalecer la administración de los

equipos, mejorar el seguimiento de las intervenciones y elevar el rendimiento operativo de los sistemas que permiten la continuidad del servicio en la instalación.

El análisis se enfoca especialmente en los sistemas eléctricos, de climatización, bombeo, transporte vertical y seguridad, los cuales son esenciales para mantener la continuidad operativa, preservar la integridad de las instalaciones y garantizar condiciones adecuadas de seguridad y confort para los usuarios y clientes del complejo.

## **Justificación de la investigación.**

El funcionamiento estable de los sistemas y equipos en un centro comercial es un requisito clave para mantener condiciones seguras, un entorno cómodo y una experiencia adecuada para los usuarios. Sin embargo, en varios establecimientos la gestión del mantenimiento todavía se realiza mediante esquemas tradicionales basados en reparaciones posteriores a la falla o en registros manuales que limitan la organización del trabajo. Estas prácticas reducen la capacidad de anticipar incidentes, dificultan la asignación eficiente de recursos y complican la jerarquización de intervenciones, lo que provoca interrupciones inesperadas, incrementos en los gastos de operación y una reducción en el tiempo efectivo de uso de los activos.

La implementación de un esquema de mantenimiento programado respaldado por una plataforma digital para la gestión técnica (CMMS) permite integrar la información operativa, ordenar las actividades y generar reportes actualizados que apoyan el análisis y la gestión estratégica. Este enfoque busca aumentar la confiabilidad de los sistemas, extender el tiempo de servicio de los equipos y reducir la frecuencia de intervenciones correctivas no previstas.

El planteamiento desarrollado en esta investigación constituye una respuesta técnica y operativa ante la problemática identificada, al proponer una estrategia orientada a mejorar la eficiencia global del centro comercial y fortalecer su competitividad. Además, el enfoque adoptado puede ser replicable en otras infraestructuras que compartan características funcionales y necesidades de gestión similares, aportando así un modelo útil para la administración moderna del mantenimiento.

## Objetivos

### Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo de los equipos utilizados en un centro comercial de Quito mediante el uso de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado CMMS.

### Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información sobre los equipos existentes en el centro comercial para la identificación de las intervenciones necesarias que aseguren la operatividad de los equipos.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos del centro comercial para el cumplimiento de las recomendaciones de los fabricantes.
- Evaluar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos del centro comercial para la validación de su cumplimiento en función de los recursos técnicos y económicos

### Hipótesis de la investigación.

**H1:** Implementar un esquema de mantenimiento programado gestionado mediante una plataforma digital (CMMS) reducirá la frecuencia de fallas imprevistas en los equipos de mayor criticidad del centro comercial.

**H2:** El uso de una herramienta informática para administrar el mantenimiento optimizará la gestión de los recursos técnicos y económicos, disminuyendo los costos asociados a reparaciones reactivas.

**H 3:** El empleo de indicadores de desempeño junto con un programa de mantenimiento planificado y administrado mediante un CMMS incrementará la disponibilidad y la confiabilidad de los activos críticos del centro comercial.

## **Alcance de la investigación.**

La investigación se orienta a formular una propuesta de mantenimiento programado para los equipos clasificados como críticos en un centro comercial situado en Quito, tomando como base una plataforma digital de gestión del mantenimiento (CMMS) para su organización y desarrollo.

El estudio incluye el levantamiento y análisis de la información técnica de los activos seleccionados, la determinación de las intervenciones preventivas necesarias, la definición de frecuencias de trabajo y la creación de métricas que permitan evaluar el desempeño del esquema planteado y su efecto sobre la administración del mantenimiento.

El trabajo se centra en un enfoque metodológico y conceptual; no incorpora la implementación práctica del programa ni la ejecución física de las actividades de mantenimiento. En consecuencia, el alcance se limita a definir una estructura técnica y organizativa que sirva como guía para que la administración del centro comercial pueda adoptar un modelo de mantenimiento orientado a reforzar la continuidad operativa y la confiabilidad de los activos esenciales del establecimiento.

## CAPITULO I

### MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

#### 1.1 El mantenimiento industrial

A partir de la Revolución Industrial, el mantenimiento adquirió un papel fundamental en la operación de sistemas productivos. Se define como un grupo organizado de tareas técnicas y administrativas que tienen como objetivo el mantenimiento o la recuperación de la operatividad de sistemas, equipos e instalaciones industriales. Su objetivo central es asegurar que los activos funcionen de manera confiable, disponible y segura, permitiendo anticipar fallas, disminuir los periodos de inactividad y asegurar las operaciones [1] [3] .

Durante décadas, el mantenimiento se centró exclusivamente en acciones correctivas lo que implicaba reparar los equipos una vez que se presentaba una falla. Este enfoque reactivo generaba elevados costos operativos y frecuentes interrupciones en la producción. Con el avance de la ingeniería y la gestión industrial, surgieron enfoques más eficientes, entre estos se incluyen el mantenimiento preventivo, que se sustenta en inspecciones planificadas de manera periódica, y el mantenimiento predictivo, el cual emplea herramientas de monitoreo y métodos de análisis de datos para detectar patrones de deterioro y programar intervenciones antes de que ocurran fallos críticos [4].

Hoy en día, el mantenimiento industrial es esencial para administrar los bienes físicos, pues este es directamente relacionado con la productividad, optimización de costos, seguridad laboral y la sostenibilidad de las organizaciones. En infraestructuras comerciales, como centros comerciales o edificios corporativos, el mantenimiento adquiere una relevancia particular, dado que los sistemas técnicos no solo cumplen la función de garantizar la disponibilidad operativa de las instalaciones, sino que también ejercen una influencia directa en la trayectoria del usuario y en la valoración subjetiva del servicio provisto [5].

## **1.2. Tipos de mantenimiento**

### **1.2.1 Mantenimiento correctivo**

Es el que se manifiesta cuando la intervención técnica ocurre únicamente después de que un equipo ha presentado una avería. Este tipo de actuación suele generar interrupciones inesperadas en las operaciones y una reducción notable en la disponibilidad de los activos. Su presencia es más frecuente en organizaciones donde la planificación preventiva es limitada o insuficiente, situación que deriva en incrementos sustanciales en los costos de operación, mayores tiempos de inactividad y una demanda elevada de repuestos para atender fallas repentinas [8].

### **1.2.2 Mantenimiento preventivo**

Comprende un conjunto de actividades técnicas previamente planificadas, definidas de acuerdo con intervalos establecidos o según las recomendaciones del fabricante, cuyo propósito es minimizar la probabilidad de interrupciones inesperadas en la operación. La ejecución sistemática de estas tareas contribuye a extender la operatividad de los equipos, disminuir la ocurrencia de fallos imprevistos y asegurar la continuidad funcional de los sistemas. No obstante, su eficacia depende de una adecuada programación y de un registro ordenado de las actividades realizadas [8].

### **1.2.3 Mantenimiento predictivo**

Guía a prever la aparición de fallos a través de la evaluación permanente del estado actual de los equipos. Se utilizan métodos de diagnóstico no invasivos, como el análisis de vibraciones, la termografía y el ultrasonido, para ello. Estos métodos posibilitan detectar anomalías antes de que se conviertan en fallos críticos. Su contribución principal consiste en identificar el momento más oportuno para intervenir, lo que permite evitar cambios prematuros y aumentar la disponibilidad a nivel operativo. Sin embargo, requiere de una inversión en tecnología avanzada y en la capacitación del personal especializado para su implementación [8].

### **1.2.4 Mantenimiento proactivo**

El mantenimiento proactivo se orienta a reconocer y eliminar las causas fundamentales que originan las fallas, apoyándose en metodologías de análisis y en enfoques integrales como el Mantenimiento Productivo Total (TPM). A diferencia de otros tipos de mantenimiento, su propósito no se limita a corregir o prevenir averías, sino a generar mejoras sostenidas en los procesos, aumentando la confiabilidad de los activos, reduciendo costos a largo plazo y promoviendo la participación del personal en la gestión y optimización del sistema de mantenimiento [8].

## **1.3 Equipos críticos en entornos comerciales**

Los equipos críticos son aquellos activos cuya falla compromete la seguridad, la continuidad operativa y la satisfacción del cliente. En un centro comercial, la gestión adecuada de estos equipos es fundamental, ya que garantizan el suministro de servicios esenciales como energía eléctrica, agua, climatización, transporte vertical y protección contra emergencias. Su mantenimiento preventivo es determinante para minimizar riesgos, reducir interrupciones y prolongar su vida útil.

### **1.3.1 Sistemas eléctricos**

Los equipos eléctricos constituyen la columna vertebral de la operación en un centro comercial. Entre ellos destacan los tableros generales de distribución, generadores eléctricos y sistemas de respaldo como UPS, cuya función es asegurar el suministro continuo de energía. Una interrupción en estos equipos puede generar la paralización total del complejo, afectando iluminación, ascensores, climatización y seguridad.

### **1.3.2 Sistemas mecánicos y de climatización (HVAC)**

Los sistemas HVAC garantizan el confort ambiental en áreas comunes y locales comerciales. Equipos como chillers, torres de enfriamiento, bombas de agua helada y unidades de tratamiento de aire permiten mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Su criticidad radica en que, además de influir en la experiencia de los visitantes, protegen la integridad de productos y servicios sensibles a variaciones ambientales.

### **1.3.3 Sistemas hidráulicos y sanitarios**

La operatividad de los sistemas hídricos de una instalación, que abarcan el suministro de agua potable y la gestión eficiente de las aguas residuales, está directamente supeditada al funcionamiento ininterrumpido y adecuado de componentes críticos como las bombas, las unidades de almacenamiento y la red de distribución hidráulica. La integridad funcional de este equipamiento es fundamental para garantizar tanto las condiciones de salubridad e higiene como la continuidad operativa global del entorno. Una falla en este ámbito compromete servicios básicos y puede generar afectaciones sanitarias y operativas de gran impacto.

### **1.3.4 Sistemas contraincendios y de seguridad**

Para salvaguardar el capital humano y patrimonial, es esencial que los sistemas de seguridad activa y pasiva funcionen correctamente. La infraestructura de seguridad en recintos comerciales incluye un conjunto esencial de equipamiento, como los dispositivos de supresión de incendios tales como las unidades de presión de agua y las redes de rociadores automáticos, así como los elementos de vigilancia electrónica alarmas, sensores de humo, sistemas de circuito cerrado de cámaras y controles de acceso. La importancia estratégica de estos sistemas es dual: no solo satisfacen un imperativo legal regulatorio, sino que además juegan un papel esencial en la disminución proactiva de la probabilidad de ocurrencia e impacto de sucesos catastróficos, lo que refuerza la seguridad global de la instalación [12].

## **1.4 Planificación del mantenimiento preventivo**

Se representa un componente fundamental dentro de la administración de activos, pues permite actuar antes de que se produzcan fallas y mantener la operación continua de los equipos. Este proceso se sustenta en la construcción de programas cuidadosamente estructurados, en los que se integran criterios como el nivel de criticidad de los activos, las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes y la experiencia acumulada respecto al comportamiento histórico de fallas. En contextos complejos como los centros comerciales, donde coexisten sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y de seguridad, una planificación rigurosa contribuye tanto a asegurar la disponibilidad de los

equipos como a salvaguardar la integridad de los usuarios y a garantizar un entorno operativo confiable para los arrendatarios [9].

La labor de planificar implica definir con claridad las actividades que deben ejecutarse, los intervalos en los que deben realizarse, y los recursos que se requieren, tanto humanos como materiales y tecnológicos, para su implementación. Del mismo modo, requiere organizar las intervenciones con base en la importancia relativa de los equipos, de modo que aquellos cuya falla tendría un impacto significativo en la operación reciban atención prioritaria y oportuna [9].

Cuando un plan preventivo está adecuadamente formulado, se logra disminuir la probabilidad de interrupciones imprevistas, se gestiona de mejor manera los recursos y se minimizan los rubros generados por reparaciones correctivas. Al mismo tiempo, se extiende la operatividad de los activos y se fortalece la sostenibilidad del sistema de mantenimiento. En este sentido, la planificación se convierte en un elemento estratégico para alcanzar una gestión eficiente, coherente con las metas operativas y con las exigencias funcionales del centro comercial [10].

## 1.5 Estrategias modernas de mantenimiento

La gestión del mantenimiento industrial ha evolucionado de forma notable, orientándose hacia modelos que buscan asegurar la operación continua de los equipos, optimizar el uso de recursos y promover la participación del personal técnico en todos los niveles organizacionales. En este proceso se han consolidado metodologías de amplio reconocimiento, entre ellas el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Basado en Condición (CBM). Estos enfoques constituyen la base conceptual de las plataformas actuales de gestión del mantenimiento y, aunque fueron desarrollados para industrias de producción, mantienen plena aplicabilidad en infraestructuras de servicios complejos, como los centros comerciales.

- **TPM:** Fomenta la intervención del personal en las tareas vinculadas con la gestión del mantenimiento, impulsando procesos de mejora, reducción de desperdicios y atención anticipada de los equipos. Su principio central apunta

a operar en un entorno sin fallas ni incidentes, lo que requiere que los operarios realicen actividades elementales de revisión, aseo y verificación, aportando de manera directa al mantenimiento adecuado de los activos.

- **RCM:** Su finalidad es garantizar que los equipos continúen operando dentro de los parámetros para los cuales fueron diseñados. A través del análisis estructurado de posibles modos de falla y de las consecuencias asociadas, se identifican las acciones de mantenimiento más pertinentes para cada elemento, considerando su importancia operativa. Este enfoque permite distribuir los recursos de forma más efectiva y aumentar la confiabilidad del conjunto de sistemas.
- **CBM:** utiliza el monitoreo y la medición de parámetros operativos (vibración, temperatura, consumo eléctrico, etc.) para determinar el momento óptimo de intervención. Este enfoque reduce intervenciones innecesarias y mejora la disponibilidad de los activos.

Las metodologías contemporáneas de mantenimiento constituyen un soporte conceptual relevante para esta investigación, pues permiten encaminar la elaboración del plan preventivo hacia un esquema más eficiente y orientado a la confiabilidad. Su aplicación facilita incorporar criterios de prevención, análisis sistemático del comportamiento de los equipos y evaluación permanente del desempeño, elementos que fortalecen la calidad y efectividad del modelo propuesto.

## **1.6 Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS)**

El uso de plataformas digitales orientadas a la gestión del mantenimiento (CMMS) ha modificado de manera sustancial la manera en que las organizaciones controlan y administran sus activos físicos. Estas plataformas digitales permiten estructurar y administrar de manera ordenada los procesos de mantenimiento, integrando en un solo entorno la información técnica de los equipos, la coordinación de actividades y el manejo controlado de los recursos utilizados. A través de estas herramientas es posible emitir y registrar órdenes de trabajo, monitorear consumos de repuestos, asignar responsabilidades al personal y documentar cada intervención realizada, lo que elimina

la dependencia de registros manuales y favorece la disponibilidad de datos actualizados [10].

En entornos con múltiples sistemas operativos, como los centros comerciales, la incorporación de un CMMS aporta una estructura que ordena la planificación del mantenimiento programado y permite reducir progresivamente las intervenciones correctivas. Esta herramienta ayuda a jerarquizar equipos según su importancia, elaborar informes automáticos, detectar tendencias de fallas y prever necesidades futuras. Con ello, la administración obtiene una base de información más sólida para el análisis técnico y la gestión estratégica.

Cuando el sistema es utilizado de forma adecuada, sus efectos se evidencian en la disminución de detenciones imprevistas, en un mayor tiempo operativo de los equipos y en una mejora en la confiabilidad del conjunto de instalaciones. En este sentido, el CMMS se convierte en un recurso clave para organizar la gestión de los activos, prolongar su período de servicio y mantener la continuidad de las operaciones que dependen del adecuado desempeño del centro comercial [10].

### **1.7 Indicadores de Gestión de Mantenimiento (kPIs)**

Los indicadores utilizados para evaluar el desempeño del mantenimiento (KPIs) constituyen instrumentos que permiten medir de manera objetiva cómo se desarrollan las actividades realizadas sobre los equipos y sus instalaciones. Mediante estas métricas se analizan aspectos como el tiempo efectivo de operación, el comportamiento de los sistemas, los costos vinculados al mantenimiento y el grado de cumplimiento del programa establecido. Un uso adecuado de estos indicadores facilita la identificación de oportunidades de mejora, la optimización de recursos y la verificación de que las acciones ejecutadas responden a los objetivos operativos de la organización [14].

En instalaciones comerciales que integran sistemas esenciales como climatización, transporte vertical, bombeo, iluminación y subsistemas de seguridad técnica estos indicadores permiten caracterizar el desempeño de cada área y orientar la priorización de intervenciones. Entre las métricas más empleadas se encuentran:

- **MTBF (Mean Time Between Failures):** determina el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente.
- **MTTR (Mean Time to Repair):** refleja el tiempo medio requerido para restablecer un equipo después de un incidente.
- **Índice de disponibilidad:** expresa la proporción de tiempo en que un activo permanece operativo respecto al total del periodo evaluado.
- **Costo de mantenimiento por activo:** aporta información para el análisis financiero del conjunto de actividades realizadas.

A continuación, se determinan los principales KPIs para un complejo comercial

#### a) Indicador de confiabilidad operativa (MTBF)

El MTBF constituye un indicador de confiabilidad que cuantifica el lapso promedio transcurrido entre la ocurrencia de dos interrupciones o fallos consecutivos en una unidad de equipo específico. Esta métrica es fundamental para la determinación precisa de las frecuencias de mantenimiento y se obtiene con la ecuación 1 [8].

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas reportadas}} \quad (1)$$

Un MTBF que aumenta con el paso del tiempo evidencia que las medidas preventivas están disminuyendo la frecuencia de fallos, lo cual valida la efectividad del plan sugerido.

#### b) Indicador de tiempo promedio de reparación (MTTR)

El MTTR es la métrica utilizada para cuantificar el lapso promedio requerido para restablecer la condición operativa de un equipo, contabilizado desde el momento de la detección del fallo hasta su puesta en servicio efectiva. Este indicador resulta fundamental para la evaluación de la eficiencia del personal técnico interno y de los proveedores de servicios externos, se calcula con la ecuación 2 [8].

$$MTTR = \frac{\sum \textit{Tiempo total de reparación}}{\textit{Número de fallas}} \quad (2)$$

Un MTTR menor a 8 horas es deseable en equipos y sistemas críticos, como los transformadores, ascensores o generadores donde la rapidez en la atención garantiza la continuidad de la operación.

### c) Indicador de disponibilidad operativa (DO)

La disponibilidad es la medida que indica el porcentaje de tiempo efectivo en el cual un sistema o equipo se mantiene operativo, en relación con el tiempo total planificado de funcionamiento. En un entorno comercial caracterizado por una alta afluencia de público, este indicador adquiere una importancia crítica, puesto que cualquier interrupción o indisponibilidad tiene el potencial de afectar directamente la percepción de confiabilidad del complejo comercial y, por lo tanto, la experiencia del cliente, la misma se calcula con ecuación 3 [8].

$$DO = \left( \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \times 100 \quad (3)$$

Donde:

**MTBF (Mean Time Between Failures):** Tiempo medio entre fallas.

**MTTR (Mean Time To Repair):** Tiempo medio de reparación.

El valor ideal debe encontrarse por encima del 95 %, reflejando una alta confiabilidad de los sistemas eléctricos, de transporte vertical y de climatización.

### d) Indicador de cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)

Este indicador evalúa el grado de ejecución de las actividades programadas frente a las efectivamente realizadas. Es un KPI de gestión fundamental dentro del CMMS, ya que evidencia el compromiso operativo con el plan propuesto y se calcula con la ecuación 4 [8].

$$CMP = \left( \frac{\text{Número de tareas ejecutadas}}{\text{Número de tareas programadas}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Un valor de 100 % representa el cumplimiento total del plan, sin embargo, se considera aceptable un rango superior al 90 %, debido a ajustes de programación o contingencias operativas menores.

Este KPI se calculará mensualmente, consolidándose en un reporte anual que permitirá identificar áreas de mejora o retrasos recurrentes.

#### **e) Indicador de cumplimiento presupuestario (CB)**

El cumplimiento presupuestario mide la capacidad de ejecutar el plan preventivo dentro del monto financiero asignado, considerando tanto los costos internos como los contratos con proveedores, este indicador se calcula con la ecuación 5 [8].

$$CB = \left( \frac{\text{Costo ejecutado}}{\text{Costo planificado}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Cuando el valor se mantiene por debajo o igual al 100 %, se considera que el presupuesto ha sido manejado eficientemente. Un valor superior evidencia desviaciones que requieren revisión de procesos de compra, gestión de repuestos o renegociación de contratos.

#### **f) Indicador de costo de mantenimiento por activo (CMA)**

Este KPI permite comparar el costo anual invertido en mantenimiento con el número total de equipos gestionados. Es útil para analizar la eficiencia económica del plan y establecer comparaciones entre periodos, este indicador se calcula con la ecuación 6 [8].

$$CMA = \frac{\text{Costo total de mantenimiento anual}}{\text{Número total de equipos inventariados}} \quad (6)$$

Estas métricas permiten tomar decisiones basadas en información confiable, reducir interrupciones no planificadas y optimizar el uso de los recursos. En este contexto, los KPIs se constituyen en un apoyo clave para una gestión de mantenimiento eficiente y sostenible.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 2.1 Descripción general del centro comercial

El centro comercial analizado se localiza estratégicamente en la ciudad de Quito y se erige como uno de los complejos comerciales más emblemáticos y con mayor trayectoria histórica dentro de la capital ecuatoriana. A lo largo de los años, su infraestructura ha experimentado diversas etapas de ampliación y modernización, lo que le ha permitido posicionarse entre los establecimientos comerciales más extensos e influyentes del país.

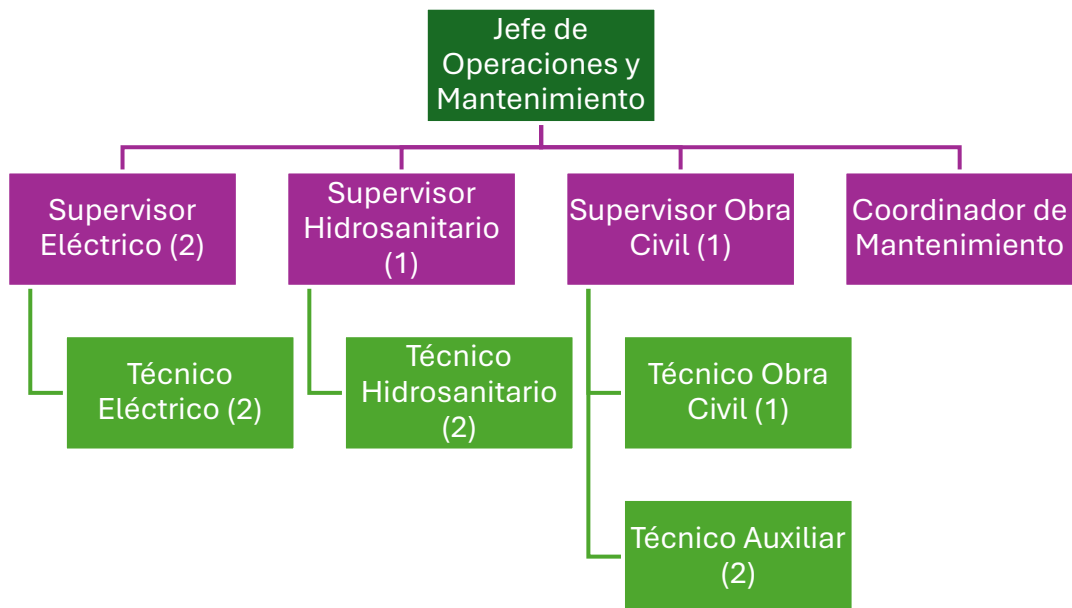
Actualmente, el complejo cuenta con más de 500 establecimientos, entre locales y espacios tipo isla, los cuales proveen una vasta y diversificada oferta de bienes y servicios que abarcan sectores clave del mercado minorista, incluyendo la moda, la gastronomía, entretenimiento, la tecnología y los servicios de índole financiera. Su relevancia dentro del entorno urbano se evidencia en una afluencia aproximada de 160.000 visitantes mensuales y un flujo vehicular superior a los 150.000 ingresos, consolidándose como un referente económico y social dentro de la dinámica comercial de Quito.

El nivel de actividad y la complejidad operativa del centro comercial requieren el funcionamiento ininterrumpido de sistemas y equipos esenciales, tales como la red eléctrica, los sistemas hidráulicos y sanitarios, los equipos de climatización (HVAC), los sistemas de transporte vertical y los dispositivos de protección contra incendios y seguridad. Una administración adecuada de estos activos resulta fundamental para garantizar que las operaciones no se vean interrumpidas, preservar la seguridad de quienes utilizan las instalaciones y asegurar una experiencia positiva para los comerciantes y colaboradores. Esto evidencia la importancia de establecer un programa de mantenimiento preventivo sustentado en soluciones digitales que fortalezcan la gestión técnica y mejoren el desempeño global de la infraestructura.

#### 2.2 Organización del área de mantenimiento

El área de operaciones y mantenimiento del centro comercial está estructurado de manera clara que asegura funcionamiento correcto de los diferentes equipos y sistemas. Esta función de gestión se lleva a cabo mediante la coordinación centralizada bajo la dirección

de un jefe de Mantenimiento. Este profesional asume la responsabilidad primordial de la planificación estratégica y la supervisión de todas las actividades operativas. Para ello, cuenta con el soporte de un equipo de supervisores especializados, distribuido por disciplinas técnicas específicas, tales como los sistemas eléctricos, la gestión hidráulica y sanitaria, y las intervenciones de índole civil, como se visualiza en la figura 1.



**Figura 1.** Estructura organizacional de Operaciones y Mantenimiento

Además, el departamento cuenta con personal técnico con experiencia en varias especialidades, lo que garantiza una atención adecuada a los diferentes sistemas que conforman la infraestructura del centro comercial. El equipo de mantenimiento cuenta con el soporte funcional de áreas especializadas en la gestión y logística de repuestos e inventario, lo cual resulta determinante para sostener una coordinación efectiva entre las labores de mantenimiento preventivo planificado y las intervenciones correctivas no programadas.

La conformación estructural del área evidencia un enfoque de gestión integral del mantenimiento, donde la convergencia sinérgica de perfiles técnicos especializados y capacidades administrativas resulta fundamental. Esta combinación no solo agiliza la resolución de problemas operativos inmediatos, sino que también permite la ejecución

efectiva de la planificación a largo plazo. Este balance contribuye de manera sustancial a la confiabilidad operativa y a una operación segura de las instalaciones.

### **2.3 Evaluación del mantenimiento**

El mantenimiento en infraestructuras comerciales de gran escala suele desarrollarse bajo esquemas tradicionales que combinan intervenciones correctivas y preventivas poco estructuradas. El modelo de gestión implementado en el centro comercial objeto de análisis se caracteriza, en gran medida, por su naturaleza reactiva, fundamentada primordialmente en la experiencia práctica del personal técnico. Esta dependencia de la atención a fallas genera limitaciones significativas en la operación continua de los equipos considerados críticos.

La ausencia de software y herramientas digitales para la planificación y el control es un factor agravante, pues obstaculiza la creación de un registro histórico de datos confiable. Aunque los formatos manuales utilizan una función administrativa básica, su limitación intrínseca radica en la incapacidad para priorizar las intervenciones de manera efectiva y en la imposibilidad de cuantificar rigurosamente los indicadores clave de desempeño (KPI).

Actualmente, las actividades preventivas se ejecutan de manera parcial y, en muchos casos, condicionadas por la disponibilidad de recursos o la urgencia de la operación. A esto se suma que los mantenimientos especializados como ascensores, sistemas de bombeo y tableros eléctricos de media tensión los mismos son realizados por proveedores externos. Si bien este esquema asegura cierto nivel de respaldo técnico, también introduce dependencia de terceros, tiempos de respuesta variables y limitaciones en el control directo de la gestión. Como consecuencia, equipos de alta relevancia no cuentan con un plan estructurado de inspecciones periódicas bajo control interno, lo que incrementa la recurrencia de intervenciones correctivas, genera un incremento en los costos operacionales y, simultáneamente, disminuye el nivel de disponibilidad de los equipos críticos.

En función de este contexto, la evaluación del modelo de mantenimiento vigente evidencia la imperativa necesidad de migrar hacia una estructura de gestión más

formalizada. Este nuevo modelo debe priorizar la planificación preventiva como su eje fundamental, y estar respaldado por soluciones tecnológicas que permitan la digitalización del registro de actividades, el rastreo sistemático de fallos y el análisis de la información histórica acumulada.

La identificación de estas deficiencias marca el inicio del diseño de una propuesta orientada al mantenimiento planificado, apoyada en la adopción de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS). El objetivo principal de esta iniciativa es mejorar el rendimiento de las operaciones y disminuir el enfoque reactivo que depende de intervenciones correctivas.

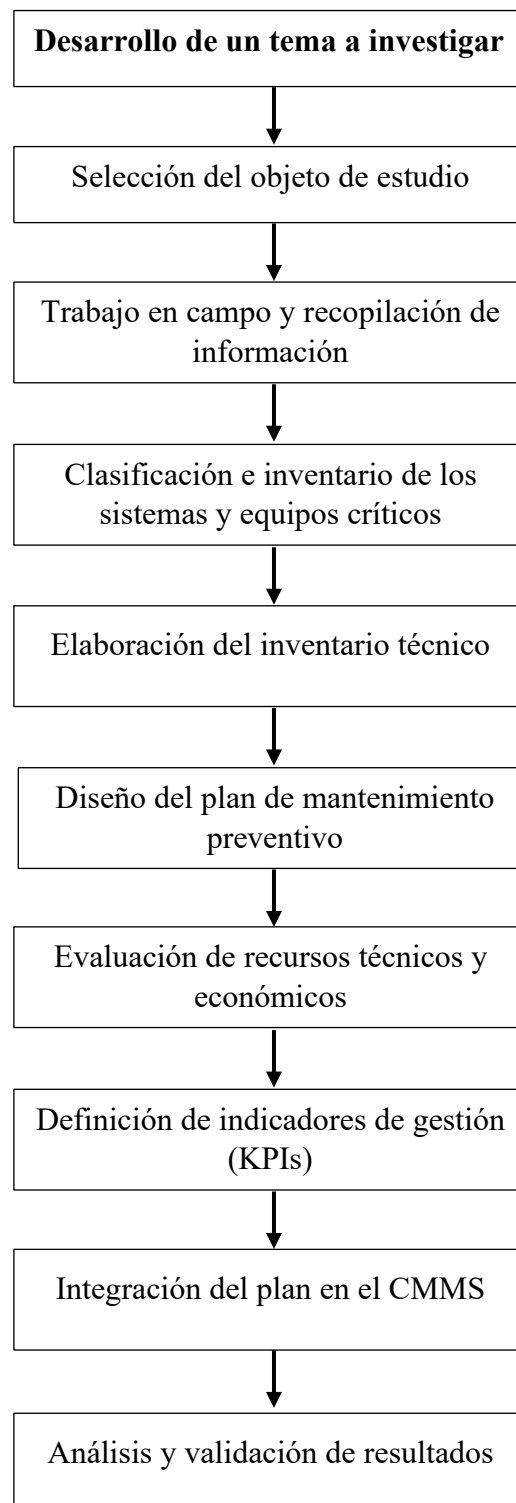
## **2.4 Diseño de la investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación se adoptó un diseño metodológico ordenado y sistemático, representado en la figura 2, sustentado en un enfoque cuantitativo. Este diseño estuvo orientado a la recopilación y análisis de información técnica relacionada con la gestión del mantenimiento de los equipos del centro comercial.

La información utilizada provino de los registros históricos de mantenimiento, tales como órdenes de trabajo y reportes de fallas, así como de observaciones directas realizadas en las instalaciones. Estos datos permitieron caracterizar el estado operativo de los equipos y la forma en que se ejecutan las actividades de mantenimiento.

De manera complementaria, se recopiló información sobre los procedimientos aplicados y los criterios utilizados en la atención de los equipos. La integración de esta información permitió estructurar y verificar el plan de mantenimiento preventivo, el cual fue diseñado para su posterior incorporación en un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS).

Adicionalmente, el diseño de la investigación consideró la organización y validación de la información recopilada mediante matrices y esquemas metodológicos, los cuales facilitaron la trazabilidad del proceso y aseguraron la coherencia entre los datos obtenidos y la propuesta técnica planteada.



**Figura 2.** Desarrollo de la investigación

## 2.5 Tipo y enfoque de investigación

La investigación desarrollada se inscribe dentro del enfoque aplicado, ya que surge a partir de un requerimiento operativo real: optimizar la gestión de mantenimiento de un complejo comercial situado en la ciudad de Quito. El objetivo no se limita únicamente a revisar el funcionamiento actual, sino que avanza hacia la construcción de una propuesta técnica factible basada en una estrategia preventiva apoyada por una plataforma digital de gestión del mantenimiento (CMMS).

El estudio utiliza una metodología de carácter mixto, en la que se articulan técnicas numéricas y apreciaciones cualitativas que posibilitan analizar el problema desde diferentes ángulos. La parte cuantitativa se apoya en la revisión estructurada de datos técnicos, como historiales de incidentes, duración de las intervenciones, gastos asociados y tendencias de mantenimiento. De manera complementaria, la fase cualitativa incorpora los conocimientos y percepciones del personal operativo, obtenidos mediante entrevistas, junto con la observación directa de las actividades rutinarias. Esta combinación metodológica permite contrastar información objetiva con la dinámica real que caracteriza al funcionamiento del centro comercial.

En cuanto al diseño de investigación, este se define como descriptivo y al mismo tiempo orientado a la propuesta. Es descriptivo porque ofrece un análisis detallado del estado actual de los activos y del rendimiento del modelo de mantenimiento, lo que facilita reconocer brechas, limitaciones y puntos susceptibles de mejora. A la vez, es propositivo porque, a partir del diagnóstico realizado, se elabora una alternativa estructurada destinada a incrementar la seguridad operacional de los equipos esenciales mediante una estrategia preventiva respaldada por un sistema computarizado de gestión.

## 2.6 Recolección de información técnica

Para estructurar el plan de mantenimiento preventivo, primero se reunió y analizó información técnica procedente de distintas fuentes. El objetivo fue que las tareas propuestas correspondan a las condiciones reales de operación del centro comercial y no se aparten de las indicaciones técnicas de los equipos.

Como paso inicial, se revisaron las hojas de vida y los manuales de los equipos. En estos documentos constan los parámetros de uso, límites de operación y rutinas recomendadas. Con esta información se determinaron las tareas preventivas necesarias y el intervalo con el que deben ejecutarse.

Como parte del análisis documental, se revisaron los registros históricos disponibles en medios físicos y digitales, los cuales contienen datos sobre fallas, tiempos de intervención y costos de reparación. La evaluación de estos antecedentes permitió reconocer tendencias, identificar sistemas con mayor recurrencia de incidentes y valorar el desempeño operativo actual, aspectos fundamentales para la posterior priorización de tareas y asignación eficiente de recursos.

De manera complementaria, se realizaron recorridos técnicos y observaciones en campo con el fin de contrastar la información documental con el estado real de los equipos. Estas inspecciones ayudaron a reconocer condiciones particulares de operación no registradas formalmente.

Además, se realizaron entrevistas con el personal técnico encargado del mantenimiento, cuyo conocimiento empírico resultó indispensable para comprender detalles operativos que no siempre se reflejan en los registros formales. La combinación de datos técnicos, evidencia histórica y experiencia del equipo permitió estructurar una propuesta integral y ajustada al contexto real del centro comercial.

## **2.7 Metodología para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo**

La propuesta metodológica se orienta a desarrollar una planificación preventiva enfocada en optimizar la gestión y el funcionamiento de los equipos más importantes del centro comercial. El trabajo se dividió en varias etapas que comienzan con la recopilación y validación de información técnica y terminan con la integración del plan dentro de un software especializado para la gestión del mantenimiento (CMMS). Estas fases permiten transformar los datos obtenidos en una herramienta práctica que apoye la selección de acciones a realizar, basada en análisis operativos y en la disponibilidad de recursos y capacidades del área de mantenimiento.

### 2.7.1 Levantamiento y análisis de equipos críticos

La obtención de información sobre los equipos constituyó la primera actividad del proceso metodológico, debido a que permitió identificar los activos indispensables para el funcionamiento del centro comercial y establecer una base técnica previa a la evaluación de su criticidad. Para este levantamiento se revisó la documentación técnica disponible, tales como manuales, hojas de vida y registros históricos, se realizaron recorridos sistemáticos en las instalaciones y se recopilaron criterios del personal responsable del mantenimiento, considerando su experiencia operativa y conocimiento de los equipos.

El inventario consolidado integra los equipos pertenecientes a los principales sistemas que garantizan la continuidad operativa del centro comercial. Con el fin de facilitar la identificación, organización y posterior gestión de los activos, se estableció una nomenclatura estandarizada para cada sistema: ELE para el sistema eléctrico, HID para el sistema hidráulico, TTV para el sistema de transporte vertical y HVAC para el sistema de climatización, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Inventario de equipos

<b>Código</b>	<b>Equipo / Componente</b>	<b>Sistema</b>
ELE-01	Transformadores (10 unidades, 125–1200 kVA)	Eléctrico
ELE-02	Tableros eléctricos de transferencia (4)	Eléctrico
ELE-03	Generadores eléctricos (10 unidades, 400–968 kVA)	Eléctrico
ELE-04	Tableros Generales de Medidores (14)	Eléctrico
ELE-05	Pararrayos (3)	Eléctrico
ELE-06	UPS (10 unidades, 1.5–10 kVA)	Eléctrico
HID-01	Bombas centrífugas (14 unidades, 2–20 HP)	Hidráulico
HID-02	Bombas cámara partida (2 unidades, 50 HP)	Hidráulico
HID-03	Bombas verticales (4 unidades, 2–40 HP)	Hidráulico
TTV-01	Ascensores (13 unidades)	Transporte vertical
TTV-02	Gradas eléctricas (13 unidades)	Transporte vertical
HVAC-01	Extractores centrífugos (12 unidades, 0.5–30 HP)	Climatización
HVAC-02	Aires acondicionados (2 equipos, 24k–48k BTU)	Climatización
HVAC-03	Cortinas de aire (13 unidades, 1 HP)	Climatización

La información recabada fue estructurada en una base de datos técnicos, la cual se empleó posteriormente como insumo principal para la aplicación de la matriz de criticidad. Este método permite organizar los equipos según su nivel de prioridad, tomando en cuenta tres aspectos clave para su valoración como lo siguientes:

- **Impacto en la operación:** grado en que la falla del equipo afecta la continuidad de los servicios esenciales o el funcionamiento general del centro comercial.
- **Impacto en la seguridad:** nivel de riesgo que la falla del equipo representa para las personas, las instalaciones o el cumplimiento de normativas.
- **Impacto económico:** costos directos e indirectos derivados de la falla, incluyendo reparación, repuestos y pérdida de servicio.

Cada uno de los criterios definidos fue cuantificado mediante una escala de valoración ordinal que oscila entre 1 y 3. En esta escala, el valor 1 denota una criticidad baja, mientras que el valor corresponde a una criticidad elevada. La sumatoria ponderada de los puntajes asignados a los tres criterios resulta en una puntuación total que, a su vez, establece el nivel final de crítica:

- **Alta criticidad:** puntaje de 8 a 9.
- **Media criticidad:** puntaje de 5 a 7.
- **Baja criticidad:** puntaje menor a 4.

Con base en esta evaluación, se priorizaron los equipos que requieren una gestión más rigurosa y una planificación preventiva estructurada. Entre ellos destacan los transformadores, generadores eléctricos, cisternas de agua, bombas contra incendios, ascensores y tableros eléctricos, cuya disponibilidad es esencial para mantener las condiciones de servicio, seguridad y confort en las instalaciones.

En base a la información obtenida, se construye la base técnica que permite elaborar el plan de mantenimiento preventivo, cuyo contenido se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2.** Equipos y criticidad en la operación

<b>Código</b>	<b>Equipo / Componente</b>	<b>Sistema</b>	<b>Operación (1-3)</b>	<b>Seguridad (1-3)</b>	<b>Económico (1-3)</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>Nivel de Criticidad</b>
ELE-01	Transformadores (10 unidades, 125–1200 kVA)	Eléctrico	3	3	3	9	<b>Alta</b>
ELE-02	Tableros eléctricos de transferencia (4)	Eléctrico	3	3	2	8	<b>Alta</b>
ELE-03	Generadores eléctricos (10 unidades, 400–968 kVA)	Eléctrico	3	3	3	9	<b>Alta</b>
ELE-04	Tableros Generales de Medidores (14)	Eléctrico	3	2	2	7	Media
ELE-05	Pararrayos (3)	Eléctrico	2	2	2	6	Media
ELE-06	UPS (10 unidades, 1.5–10 kVA)	Eléctrico	2	2	2	6	Media
HID-01	Bombas centrífugas (14 unidades, 2–20 HP)	Hidráulico	2	2	2	6	Media
SSCC-01	Bombas cámara partida (2 unidades, 50 HP)	SSCC	3	3	3	9	<b>Alta</b>
SSCC-02	Bombas verticales (4 unidades, 2–40 HP)	SSCC	2	2	3	7	Media
TV-01	Ascensores (13 unidades)	Transporte vertical	2	2	3	7	Media
TV-02	Gradas eléctricas (13 unidades)	Transporte vertical	2	2	2	6	Media
HVAC-01	Extractores centrífugos (12 unidades, 0.5–30 HP)	Climatización	2	2	2	6	Media
HVAC-02	Aires acondicionados (2 equipos, 24k–48k BTU)	Climatización	2	2	2	6	Media
HVAC-03	Cortinas de aire (13 unidades, 1 HP)	Climatización	1	1	1	3	Baja

El análisis obtenido a partir de la recopilación de información permitió establecer un orden de prioridad entre los distintos activos, orientando los esfuerzos hacia aquellos cuya eventual falla generaría consecuencias más significativas en la continuidad operativa o en la seguridad del centro comercial. Esta clasificación constituye la base para asignar de manera racional los recursos técnicos y financieros, y proporciona el sustento necesario para poder realizar el plan de mantenimiento preventivo descrito en la sección posterior.

### 2.7.2 Diseño del plan de mantenimiento preventivo

Con la información reunida en la fase de revisión y análisis de los equipos más relevantes para las operaciones del centro comercial, se desarrolló una planificación preventiva orientada a asegurar el funcionamiento estable de los sistemas principales. Este esquema organiza las intervenciones necesarias para evitar interrupciones y mejorar la fiabilidad de los equipos que sostienen las actividades del edificio. La propuesta establece una organización sistemática de las intervenciones preventivas, definiendo intervalos de ejecución y delimitando las responsabilidades correspondientes, de manera que las actividades se desarrollen de forma ordenada y permitan sostener los servicios fundamentales del establecimiento.

El diseño del plan se estructuró considerando los siguientes criterios:

- **Recomendaciones de los fabricantes:** se tomaron como base las rutinas y frecuencias sugeridas en los manuales técnicos.
- **Nivel de criticidad:** los equipos críticos recibieron mayor prioridad en la programación preventiva.
- **Condiciones reales de operación:** se ajustaron las frecuencias según el uso, la carga operativa y las condiciones ambientales.
- **Disponibilidad de recursos:** se distinguió entre tareas ejecutadas por el personal técnico interno y aquellas que requieren proveedores externos especializados.

Con la información obtenida en la fase de revisión y análisis de los equipos más relevantes para la operación, se elaboró una propuesta de mantenimiento orientada a reducir fallas y asegurar que los sistemas principales del centro comercial funcionen de manera estable y confiable, como se visualiza en la tabla 3.

**Tabla 3.** Matriz base del plan de mantenimiento preventivo

<b>Equipo / Componente</b>	<b>Actividades de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>	<b>Justificación de la frecuencia</b>
Transformadores (10 unidades, 125–1200 kVA)	Inspección visual de celdas, limpieza general, revisión y ajuste de bornes, medición de resistencia de aislamiento y verificación del sistema de ventilación	Anual	Proveedor externo	Equipos de alta criticidad con operación continua; la frecuencia anual permite detectar deterioro dieléctrico y prevenir fallas mayores
Tableros eléctricos de transferencia (4)	Limpieza interna, revisión y ajuste de contactos, verificación y calibración de protecciones eléctricas	Cuatrimestral	Técnico interno	Alta exposición a polvo y vibraciones; la revisión periódica asegura la correcta transferencia de energía
Generadores eléctricos (10 unidades, 400–968 kVA)	Prueba en vacío, verificación de niveles, cambio de filtros y aceite, inspección del sistema de arranque	Semestral	Proveedor externo	Equipos de respaldo crítico; la frecuencia se basa en recomendaciones del fabricante y horas de operación
Tableros generales de medidores (14)	Limpieza interna, revisión de contactos y calibración de protecciones	Cuatrimestral	Técnico interno	Garantiza lecturas confiables y continuidad del servicio eléctrico
Pararrayos (3)	Inspección visual, revisión del sistema de puesta a tierra y pruebas eléctricas	Anual	Proveedor externo	Elementos de protección pasiva cuya verificación anual reduce riesgos ante descargas atmosféricas
UPS (10 unidades, 1.5–10 kVA)	Revisión de baterías, prueba de autonomía y limpieza de ventiladores	Semestral	Técnico interno	La vida útil limitada de las baterías exige controles periódicos para asegurar respaldo energético
Bombas centrífugas (14 unidades, 2–20 HP)	Revisión de sellos, alineación, prueba de caudal, inspección de rodamientos	Cuatrimestral	Técnico interno	Mantiene el rendimiento hidráulico y previene fugas y fallas mecánicas
Bombas cámara partida (2 unidades, 50 HP)	Prueba de arranque automático, prueba de caudal, revisión de válvulas y presostatos	Anual	Proveedor externo	Equipos críticos del sistema contra incendios; frecuencia alineada a normativa de seguridad
Bombas verticales (4 unidades, 2–40 HP)	Prueba de arranque automático, inspección de válvulas, presostatos y rodamientos	Cuatrimestral	Técnico interno	Garantiza confiabilidad del sistema hidráulico en condiciones normales y de emergencia
Ascensores y Gradasc Eléctricas (26 unidades)	Inspección de cabina, cables, frenos, guías y sistema de control	Mensual	Proveedor externo	Equipos de alta criticidad para la seguridad; frecuencia establecida por normativa y fabricante

Esta matriz permite programar y controlar las actividades preventivas de manera sistemática, priorizando los equipos más críticos e integrando la gestión del mantenimiento tanto interno como tercerizado.

La información obtenida será cargada de manera formal en el software utilizado para administrar las actividades de mantenimiento. Con esta integración será posible programar las tareas de forma automática, revisar el avance de cada intervención y emitir reportes que reflejen el comportamiento real de los equipos.

Con ello, el esquema preventivo planteado se convierte en un mecanismo clave para sostener la operación del centro comercial y favorecer una distribución adecuada de los recursos técnicos y operativos disponibles.

### **2.7.3 Evaluación del plan frente a recursos técnicos y económicos**

La evaluación del plan de mantenimiento preventivo frente a los recursos humanos, técnicos y presupuestarios disponibles constituye un paso fundamental para establecer su viabilidad real. Esta etapa permite examinar si la estructura operativa del departamento de mantenimiento, así como los fondos asignados al centro comercial, son suficientes para llevar a cabo las actividades previstas sin afectar el funcionamiento cotidiano de la infraestructura.

En este proceso, se estima el tiempo que demandará la ejecución de las actividades asignadas al personal técnico propio y se cuantifica el costo asociado a los servicios especializados que deben ser contratados externamente. Este análisis conjunto facilita identificar el nivel de correspondencia entre la capacidad operativa existente y las necesidades del plan, permitiendo ajustar o priorizar intervenciones de acuerdo con los recursos disponibles.

#### **a) Evaluación de los recursos técnicos**

El departamento de mantenimiento cuenta con dos técnicos eléctricos, dos técnicos hidrosanitarios por lo tanto se cuentan que cada colaborador dispone de una jornada efectiva aproximada de 2000 horas anuales, considerando un régimen laboral de 40 horas semanales y vacaciones respectivas.

Las horas anuales destinadas a las diferentes actividades de mantenimiento correspondientes a la especialidad eléctrica, presentadas en la Tabla 4, fueron determinadas a partir del análisis de los tiempos históricos de intervención registrados en el área de mantenimiento, complementados con la experiencia técnica del personal responsable y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos. Para cada actividad se estimó el tiempo promedio requerido para su ejecución, considerando el nivel de complejidad, las condiciones operativas del equipo y la disponibilidad de recursos, lo que permitió obtener una estimación realista y acorde a la operación del centro comercial.

**Tabla 4.** Actividades de mantenimiento especialidad eléctrica

<b>Equipo / Componente</b>	<b>Veces al año</b>	<b>Horas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Horas al año</b>
Tableros eléctricos de transferencia	4	30	4	480
Tableros Generales de Medidores	4	8	14	448
UPS (1.5–10 kVA)	2	5	10	100
Extractores centrífugos (0.5–30 HP)	1	3	12	36
Cortinas de aire (1 HP)	1	3	13	39
			<b>Total</b>	<b>1103</b>

Las horas anuales asignadas a las actividades de mantenimiento correspondientes a la especialidad hidrosanitaria, presentadas en la Tabla 5, se determinaron a partir del análisis de los registros históricos de mantenimiento, la observación directa del estado y operación de los equipos, así como la experiencia del personal técnico encargado de estas labores. Para la estimación de los tiempos se consideraron factores como la frecuencia de intervención, el tipo de equipo, el grado de accesibilidad y la complejidad de las tareas, lo que permitió establecer valores acordes a las condiciones reales de funcionamiento del centro comercial.

**Tabla 5.** Actividades de mantenimiento especialidad hidrosanitaria

<b>Equipo / Componente</b>	<b>Veces al año</b>	<b>Horas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Horas al año</b>
Bombas centrífugas (7 unidades, 2–20 HP)	4	12.86	14	720
Bombas verticales (4 unidades, 2–40 HP)	4	7.5	4	120
			<b>Total</b>	<b>840</b>

Para estimar la carga laboral del plan de mantenimiento preventivo, se calcularon las horas-hombre requeridas por actividad en función de la cantidad de equipos, los tiempos de intervención y la duración promedio de cada tarea. Los resultados se visualizan en la tabla 6, donde se evidencia que las actividades ejecutadas directamente por el personal interno demandan un total de 1103 horas anuales de trabajo técnico eléctrico y un total de 840 horas de trabajo técnico hidrosanitario.

El valor de la hora de trabajo para el personal técnico eléctrico e hidrosanitario se calculó a partir de la determinación del costo laboral total mensual, incorporando todos los beneficios de ley vigentes en el Ecuador. Para este cálculo se consideraron el sueldo base, los aportes patronales al IESS, décimo tercer y décimo cuarto sueldo, fondo de reserva, vacaciones y la provisión por desahucio. La suma de estos rubros permitió obtener el costo total mensual por trabajador, el cual fue posteriormente dividido para 240 horas laborables mensuales, conforme a lo establecido en la legislación laboral ecuatoriana, obteniéndose así un valor real de la hora de trabajo que refleja de manera integral el costo del recurso humano utilizado en las actividades de mantenimiento, como se puede visualizar en la tabla 6.

**Tabla 6.** Valor hora de trabajo

	<b>Tec. Eléctrico</b>	<b>Tec. Hidrosanitario</b>
IESS	\$ 83,63	\$ 78,05
13 sueldo	\$ 62,50	\$ 58,33
14 sueldo	\$ 40,17	\$ 40,17
Fondo de Reserva	\$ 62,48	\$ 58,31
Vacaciones	\$ 31,25	\$ 29,17
Provisión desahucio	\$ 37,50	\$ 35,00
Sueldo	\$ 750,00	\$ 700,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.067,52</b>	<b>\$ 999,03</b>
<b>Valor Hora de trabajo</b>	<b>\$ 4,45</b>	<b>\$ 4,16</b>

El análisis de los costos y tiempo relacionados con la puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo permitió identificar el valor correspondiente a la mano de obra interna destinada a las diferentes áreas técnicas. Para el componente eléctrico, el monto imputable asciende a 4.908,35 USD, mientras que las actividades relacionadas con el sistema hidrosanitario representan un total de 3.494,40 USD. En conjunto, estos rubros suman un costo global de 8.402,75 USD para el cumplimiento del mantenimiento preventivo. La desagregación detallada de estos valores visualiza en la tabla 7.

**Tabla 7.** Carga técnica anual del personal interno

<b>Técnico</b>	<b>Horas anuales estimadas</b>	<b>Hora trabajo</b>	<b>Costo anual (USD)</b>
Eléctrico	1103	\$ 4,45	\$ 4.908,35
Hidrosanitario	840	\$ 4,16	\$ 3.494,40
<b>Total</b>	<b>1943</b>		<b>\$ 8.402,75</b>

En términos de carga operativa, las 1103 horas estimadas para el mantenimiento preventivo eléctrico equivalen aproximadamente al 27,57 % de la disponibilidad total anual por cada técnico eléctrico y la carga operativa de 840 horas para el mantenimiento preventivo hidrosanitario equivalen aproximadamente al 21% de la disponibilidad total anual por cada técnico hidrosanitario por lo tanto se demuestra que el plan es factible de ejecutarse con el personal existente, sin necesidad de incrementar la nómina.

#### **b) Evaluación de los recursos económicos externos**

Debido a que determinados equipos requieren intervenciones técnicas especializadas y el cumplimiento de normativas específicas de mantenimiento, algunas actividades serán ejecutadas por proveedores externos debidamente certificados. Los costos presentados en la tabla 8 corresponden exclusivamente a actividades de mantenimiento preventivo, e incluyen la mano de obra especializada y los repuestos asociados a las tareas preventivas, de acuerdo con la naturaleza, complejidad y requerimientos técnicos de cada equipo. Es importante precisar que estos valores no contemplan ningún costo relacionado con mantenimiento correctivo, emergencias operativas ni reposición de componentes derivados de fallas imprevistas.

**Tabla 8.** Costos anuales mantenimiento proveedores

<b>Código</b>	<b>Equipo / Componente</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
ELE-01	Transformadores (10 unidades, 125–1200 kVA)	\$ 17.800,00
ELE-03	Generadores eléctricos (10 unidades, 400–968 kVA)	\$ 18.500,00
ELE-05	Pararrayos (3)	\$ 4.550,00
SSCC-01	Bombas cámara partida (2 unidades, 50 HP)	\$ 5.760,00
TV-01	Ascensores (13 unidades)	\$ 14.300,00
TV-02	Gradas eléctricas (13 unidades)	\$ 13.950,00
<b>Total</b>		<b>\$ 74.860,00</b>

El monto total estimado de contratación externa asciende a 74860 USD anuales, presupuesto necesario para realizar el mantenimiento preventivo de los distintos activos especializados con esto se logra garantizar la fiabilidad de los equipos además de dar continuidad a la operativa del complejo comercial sin embargo al actividades mucho más complejas deben ser coordinadas de manera precisa para no afectar a la operación y que las mismas sean realizadas por proveedores especializados con certificaciones y capacitaciones para cada una de las actividades exigidas por la normativa ecuatoriana vigente.

Con base en el análisis realizado, se concluye que poner en marcha el plan de mantenimiento propuesto resulta factible tanto en lo técnico como en lo económico, siempre que se mantenga el presupuesto actualmente asignado. De igual forma, la gestión de los servicios contratados a terceros deberá organizarse mediante cronogramas anuales claramente definidos y sometidos a un control estricto a través del software de gestión de mantenimiento utilizado por la organización.

#### **2.7.4 Indicadores de gestión – KPIs**

Los indicadores utilizados para medir el desempeño del mantenimiento funcionan como herramientas que permiten verificar, de manera cuantificable, cómo se comportan los equipos y los procesos asociados a su gestión. A partir de estas métricas es posible analizar puntos como el tiempo real de operación de los activos, el nivel de confiabilidad

de los sistemas, la ejecución de las tareas programadas y el cumplimiento del presupuesto asignado al área técnica.

Cuando estas mediciones se integran al software que administra el mantenimiento, la información generada por las actividades diarias se transforma en un insumo útil para el análisis. Cada orden de trabajo registrada independientemente de si fue realizada por el personal interno o por contratistas alimenta automáticamente las métricas configuradas, actualizando datos sobre el avance del programa preventivo, las horas empleadas en cada intervención, los gastos relacionados y el estado operativo de los equipos más importantes.

Gracias a ello, el sistema se convierte en un punto central de consulta que permite interpretar el desempeño general tanto de los activos como del área responsable de su gestión. La plataforma emite reportes periódicos, presentados en gráficos y comparaciones temporales, mediante los cuales es posible identificar tendencias, desajustes o áreas que requieren correcciones. Esta información ayuda a ajustar frecuencias de trabajo, redistribuir cargas, optimizar recursos y mantener un control adecuado sobre los costos vinculados al mantenimiento.

En conjunto, el uso constante de indicadores dentro del sistema informático fortalece la administración del mantenimiento, impulsa la mejora del desempeño y contribuye a disminuir la atención reactiva. A la vez, brinda a la administración una herramienta verificable y clara para el soporte de decisiones estratégicas.

### **2.7.5 Integración de la propuesta en un CMMS**

La integración del plan preventivo dentro de una plataforma digital de gestión marca la fase final del procedimiento aplicado. Con este paso, toda la información técnica relacionada con los equipos queda organizada en un solo sistema, lo que permite programar tareas, registrar los gastos asociados y controlar de forma continua los indicadores definidos para evaluar el desempeño del mantenimiento.

Al trasladar el contenido del plan a un sistema informatizado, la gestión deja de depender de prácticas manuales o reacciones improvisadas. En su lugar, pasa a operar bajo un esquema ordenado, planificable y con trazabilidad completa. Gracias a ello, la

herramienta informática se convierte en un apoyo principal para analizar datos confiables, mejorar la eficiencia de las operaciones y permitir que la administración pueda anticipar requerimientos, vigilar el uso de los recursos y asegurar que los servicios del centro comercial no se interrumpan.

### a) Estructura de la información en el CMMS

Para el ingreso de la información, se establecen módulos organizados según la estructura operativa del centro comercial. La tabla 9 presenta la configuración general recomendada:

**Tabla 9.** Estructura funcional del CMMS para el centro comercial

<b>Módulo</b>	<b>Contenido / Función principal</b>	<b>Ejemplo aplicado</b>
<b>Inventario de activos</b>	Registro de equipos con código único, sistema, capacidad, estado y criticidad.	Transformador #8 – 1200 kVA – Crítica Alta
<b>Plan de mantenimiento preventivo</b>	Carga de actividades, frecuencia, duración, responsable y tipo (interno o externo).	Limpieza de tableros eléctricos – Trimestral – Técnico eléctrico
<b>Gestión de órdenes de trabajo (OT)</b>	Emisión, seguimiento y cierre de cada tarea, con control de horas y costos.	OT-EL-2025-004 – Mantenimiento UPS – Ejecutada
<b>Gestión de proveedores</b>	Registro de empresas contratistas, contratos y fechas de intervención.	ASCEND S.A. – Mantenimiento ascensores – Frecuencia mensual
<b>Indicadores de desempeño (KPIs)</b>	Cálculo automático de disponibilidad, cumplimiento, costos y tiempos.	MTBF = 720 h / MTTR = 8 h → A = 98,9 %
<b>Reportes y análisis</b>	Generación de informes mensuales, gráficos comparativos y alarmas por desviación.	Reporte mensual de cumplimiento del mantenimiento (CMP) = 92 %

## **b) Proceso de implementación del plan en el CMMS**

La incorporación del plan de mantenimiento preventivo al CMMS se estructura a partir de cuatro fases fundamentales:

### **1. Carga de la base de datos inicial:**

Se ingresan todos los equipos críticos identificados en el inventario (Tabla 1), con su respectiva clasificación, código, ubicación, proveedor y nivel de criticidad. Este proceso constituye el núcleo del sistema y permite la trazabilidad completa de cada activo.

### **2. Configuración del plan de mantenimiento:**

A partir de la matriz de mantenimiento elaborada (2.6.2), se definen las tareas preventivas, sus frecuencias, tiempos estándar y responsables. Cada actividad se asocia a un código de equipo, un tipo de mantenimiento (interno o externo) y una fecha de ejecución inicial.

### **3. Gestión operativa y control:**

En esta fase, el CMMS emite de manera automática las órdenes de trabajo conforme a las frecuencias previamente definidas en el plan preventivo. Cada orden contiene la información necesaria para su ejecución, incluyendo recursos humanos asignados, herramientas específicas, materiales o repuestos requeridos y una estimación de los costos involucrados. Este proceso permite supervisar en tiempo real el avance de las intervenciones, registrar incidencias y asegurar que las tareas se realicen conforme a los lineamientos técnicos establecidos.

### **4. Monitoreo de indicadores y retroalimentación:**

A medida que las intervenciones son completadas, el sistema actualiza de forma inmediata los registros asociados al cumplimiento del plan, los tiempos empleados, el uso de recursos y los costos generados. La información registrada se integra de forma directa en los indicadores establecidos, lo que permite revisar

de manera continua cómo se comportan los equipos y cómo avanza la ejecución del plan preventivo. La retroalimentación continua permite identificar desviaciones, ajustar frecuencias, optimizar cargas de trabajo y mejorar la planificación presupuestaria anual.

### c) Beneficios de la integración del CMMS en la gestión del centro comercial

La adopción de un CMMS como herramienta de soporte al plan de mantenimiento preventivo aporta ventajas significativas en la operación del centro comercial:

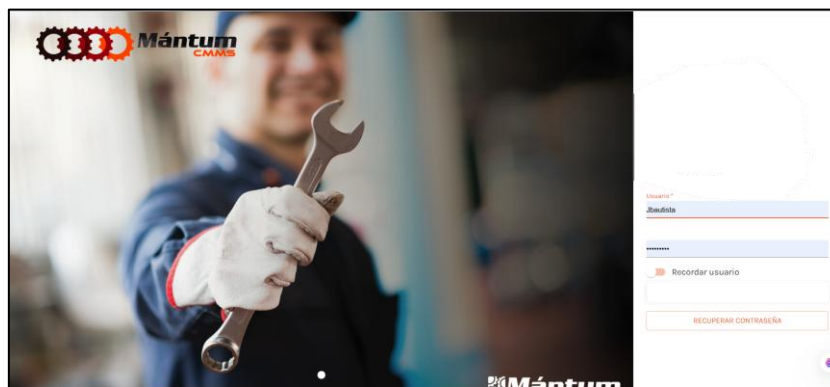
- **Estandarización de procesos:** permite documentar y controlar todas las actividades de mantenimiento bajo un esquema común.
- **Reducción de fallas no programadas:** al ejecutar las rutinas de forma oportuna, disminuyen las interrupciones en servicios eléctricos, hidrosanitarios y de transporte vertical.
- **Optimización de recursos:** se logra una mejor distribución de tareas entre personal interno y proveedores, reduciendo tiempos improductivos.
- **Trazabilidad y auditoría:** todos los registros quedan almacenados digitalmente, permitiendo auditorías técnicas y financieras con evidencia verificable.
- **Soporte a la toma de decisiones:** el análisis de indicadores facilita planificar presupuestos futuros, evaluar el desempeño de contratistas y establecer las posibles mejoras continuas.

La inclusión del plan preventivo en la plataforma digital de mantenimiento organiza y centraliza la gestión de los equipos del centro comercial. Con esta integración, es posible supervisar cada fase relacionada con su uso, estado y desempeño, manteniendo un seguimiento ordenado de su operación, cuidado y resultados técnicos.

Este sistema no solo permitirá una gestión más eficiente, sino también un enfoque estratégico orientado a la disponibilidad, confiabilidad y optimización de costos, asegurando la sostenibilidad operativa a largo plazo del complejo comercial.

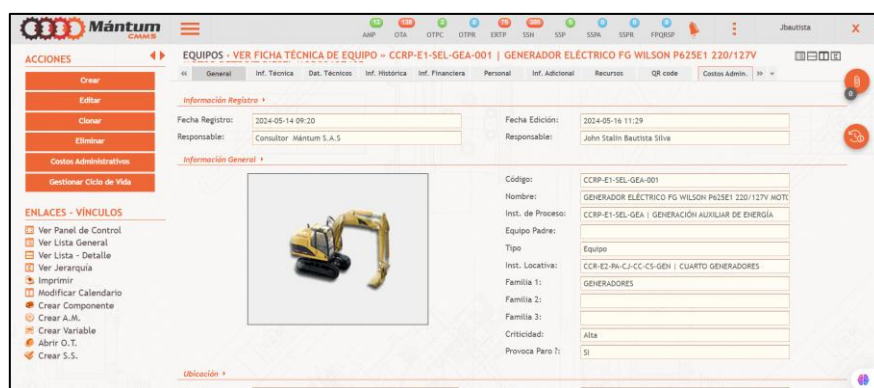
## 2.7.6 Implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS)

Como parte fundamental de la metodología propuesta, el plan de mantenimiento preventivo diseñado para los equipos del centro comercial fue implementado y gestionado mediante un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS), el cual se utilizó como herramienta operativa para la administración, ejecución y control de las actividades de mantenimiento. La incorporación del CMMS permitió trasladar la información técnica generada durante las etapas previas del estudio hacia un entorno digital estructurado, como se puede visualizar en la figura 3.



**Figura 3.** Software CMMS

El proceso de implementación inició con el registro del inventario de equipos dentro del sistema, organizándolos por sistemas técnicos y asignándoles una nomenclatura estandarizada. Para cada activo se ingresaron datos relevantes como características técnicas, ubicación, estado operativo y nivel de criticidad, como lo muestra la figura 4..



**Figura 4.** Ingreso de inventario en el CMMS

Posteriormente, se cargó el plan de mantenimiento preventivo, definiendo para cada equipo las actividades programadas, su frecuencia de ejecución, el tipo de mantenimiento y el responsable asignado, conforme a los criterios técnicos establecidos en esta investigación.

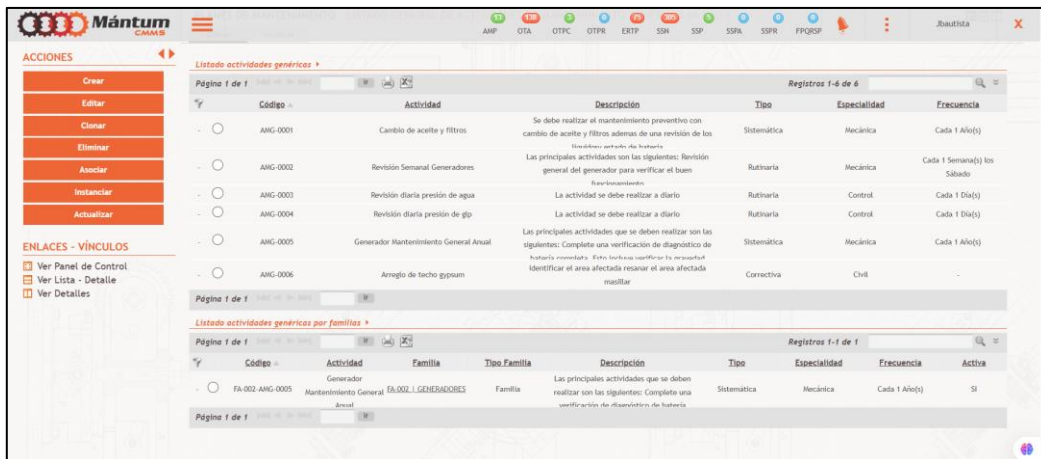


Figura 5. Ingreso actividades de mantenimiento en el CMMS

Una vez configurada la información, el CMMS permitió la generación automática de órdenes de trabajo en función de la programación definida, así como el registro de la ejecución de las actividades realizadas. Este proceso garantizó la trazabilidad de las intervenciones, el control de las horas de trabajo empleadas y el seguimiento del cumplimiento del plan de mantenimiento.

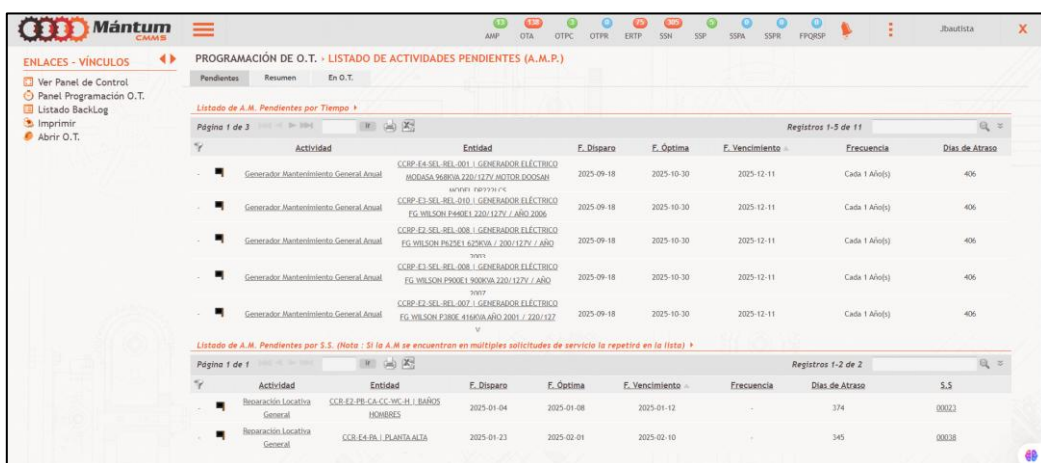
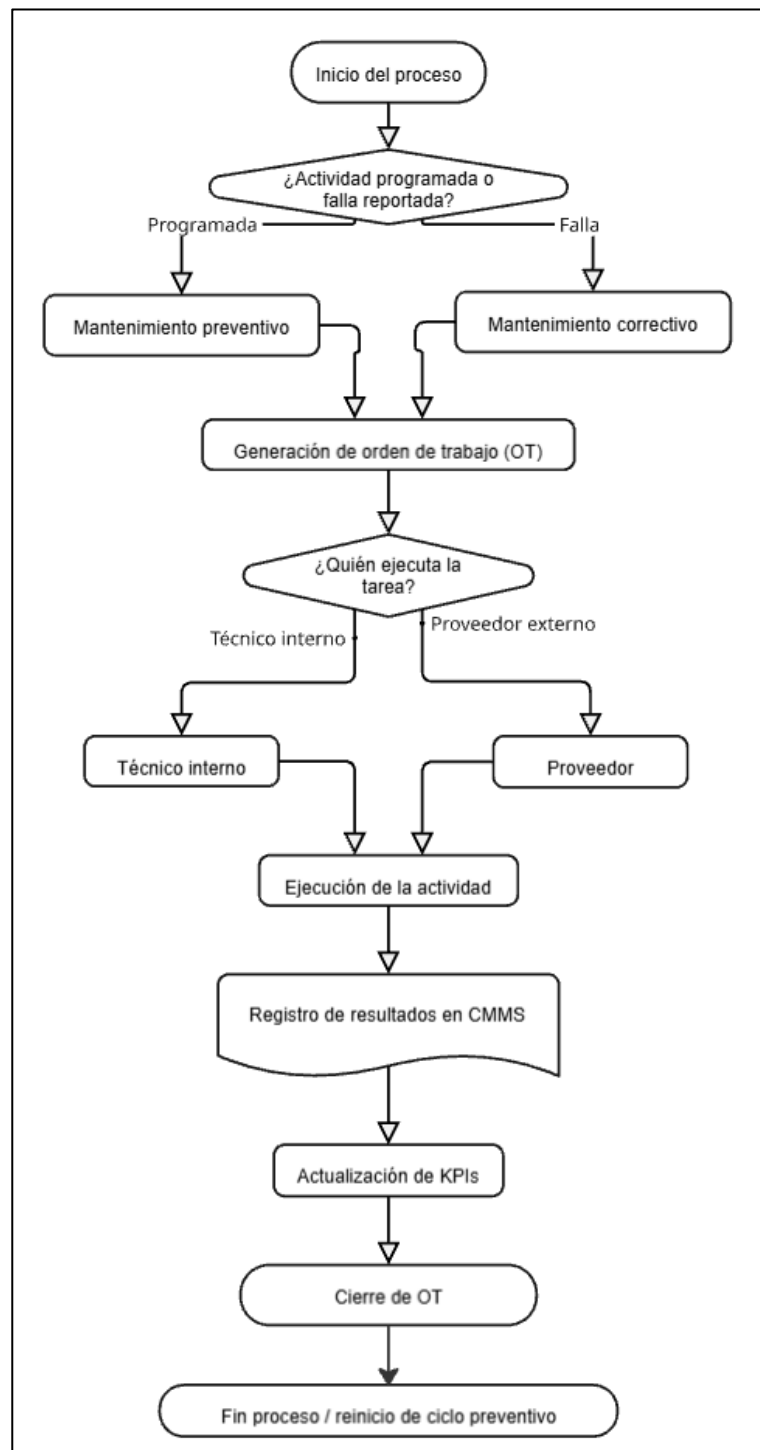


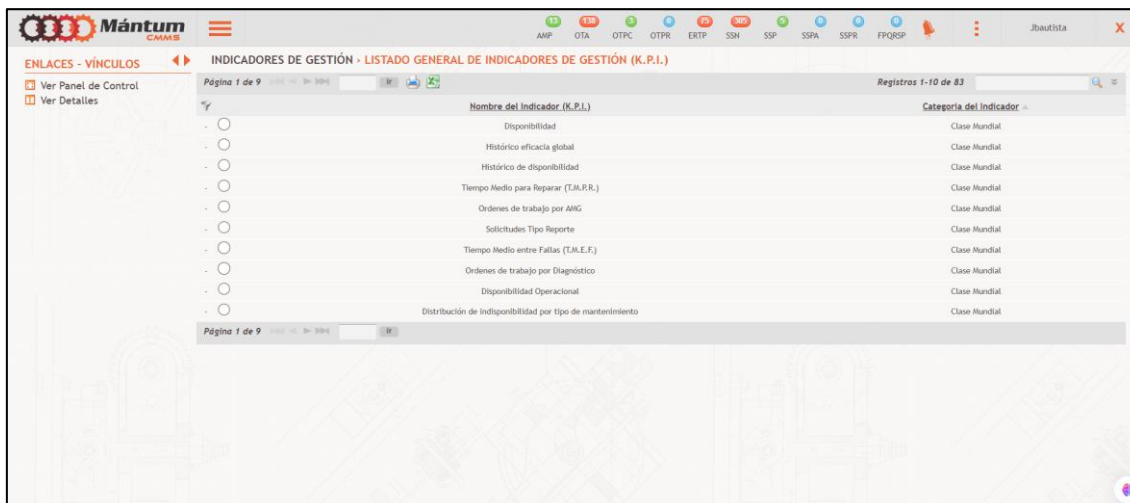
Figura 6. Actividades de mantenimiento programadas en el CMMS

La figura 7 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de funcionamiento general del CMMS aplicado en el centro comercial.



**Figura 7.** Diagrama de flujo del proceso

Adicionalmente, el sistema facilitó la generación de reportes e indicadores clave de desempeño, los cuales constituyen una base objetiva para la evaluación de la gestión del mantenimiento. Entre los principales resultados generados por el CMMS se incluyen reportes de cumplimiento del plan, historial de mantenimiento por equipo y registros de actividades ejecutadas, como se visualiza en la figura 8.



The screenshot displays the 'Mántum CMMS' interface. At the top, there is a navigation bar with various icons and the user name 'Jbautista'. Below this, the main content area is titled 'INDICADORES DE GESTIÓN - LISTADO GENERAL DE INDICADORES DE GESTIÓN (K.P.I.)'. The interface shows a table with two columns: 'Nombre del Indicador (K.P.I.)' and 'Categoría del Indicador'. The table lists several indicators, each with a radio button in the first column. The indicators include: Disponibilidad, Histórico eficacia global, Histórico de disponibilidad, Tiempo Medio para Reparar (T.M.P.R.), Órdenes de trabajo por AMG, Solicitudes Tipo Reporte, Tiempo Medio entre Fallos (T.M.E.F.), Órdenes de trabajo por Diagnóstico, Disponibilidad Operacional, and Distribución de Disponibilidad por tipo de mantenimiento. The 'Categoría del Indicador' column for all listed items is 'Clase Mundial'. The interface also includes a search bar, pagination controls (Página 1 de 9), and a 'Registros 1-10 de 83' indicator.

Nombre del Indicador (K.P.I.)	Categoría del Indicador
Disponibilidad	Clase Mundial
Histórico eficacia global	Clase Mundial
Histórico de disponibilidad	Clase Mundial
Tiempo Medio para Reparar (T.M.P.R.)	Clase Mundial
Órdenes de trabajo por AMG	Clase Mundial
Solicitudes Tipo Reporte	Clase Mundial
Tiempo Medio entre Fallos (T.M.E.F.)	Clase Mundial
Órdenes de trabajo por Diagnóstico	Clase Mundial
Disponibilidad Operacional	Clase Mundial
Distribución de Disponibilidad por tipo de mantenimiento	Clase Mundial

**Figura 8.** Indicadores de gestión del CMMS

De este modo, el CMMS se incorpora como una herramienta operativa dentro del proceso metodológico, permitiendo gestionar la información técnica, estructurar las actividades de mantenimiento y realizar el seguimiento sistemático del plan preventivo. Su aplicación facilita el control de las órdenes de trabajo, el registro de intervenciones y la evaluación del desempeño del mantenimiento, aportando un soporte técnico que respalda la propuesta desarrollada para el centro comercial.

### **2.7.7 Gestión operativa del mantenimiento preventivo y correctivo**

La operación diaria del mantenimiento en el centro comercial se gestiona mediante un modelo combinado en el que participan tanto el personal técnico propio como los contratistas especializados que atienden equipos o tareas específicas. Este esquema asegura que todos los sistemas reciban atención preventiva y correctiva cuando corresponde, evitando interrupciones en el funcionamiento general y manteniendo condiciones seguras para quienes utilizan las instalaciones.

Las actividades planificadas se ejecutan según el calendario que el CMMS genera de forma automática, lo que permite organizar las cargas de trabajo, registrar avances y controlar que cada orden se atienda dentro de los plazos definidos.

Las tareas de inspección, limpieza, calibración y verificación funcional son realizadas por el equipo técnico interno, mientras que los sistemas de mayor complejidad como ascensores, transformadores, plantas eléctricas y otros equipos críticos son atendidos por contratistas certificados. Cada intervención queda registrada en el CMMS, lo que facilita el control de los tiempos empleados, los costos asociados y los resultados obtenidos.

El mantenimiento correctivo se administra bajo la misma plataforma. Ante la notificación de una falla, el sistema emite una orden de trabajo que se clasifica según la criticidad del activo afectado. Las reparaciones menores son atendidas por el personal interno, y las intervenciones que requieren conocimientos o herramientas especializadas se derivan a proveedores externos. Este procedimiento garantiza una atención oportuna y asegura la trazabilidad de todas las actividades realizadas.

La Jefatura de Mantenimiento coordina y verifica en la ejecución y avance de las órdenes generadas, supervisa la ejecución de las tareas e incorpora los resultados en los indicadores de desempeño (KPIs). Con esta estructura operativa, el centro comercial fortalece la eficiencia de su gestión técnica mediante información verificable y un control permanente sobre los recursos humanos, tecnológicos y financieros.

### **2.7.8 Aplicación de estrategias modernas de mantenimiento en la propuesta**

El esquema preventivo planteado para el centro comercial retoma conceptos actuales de gestión del mantenimiento, pero los ajusta a la realidad operativa y a la forma en que funciona la infraestructura del recinto. La propuesta no traslada modelos teóricos de manera literal; más bien adapta sus principios a los procesos, recursos y limitaciones presentes en el complejo.

Desde la lógica del TPM, el planteamiento promueve que el personal técnico se involucre en tareas básicas de revisión, orden y cuidado de los equipos. Esta intervención directa busca fortalecer hábitos de control diario, facilitar la detección temprana de fallos y

disminuir la carga de actividades correctivas que suelen aparecer cuando no existe seguimiento continuo.

En lo referente al enfoque basado en confiabilidad, se utiliza la evaluación de importancia operativa como criterio para organizar los activos según su impacto en la operación, en la seguridad y en los costos que generaría su interrupción. Con esta clasificación, las tareas y periodicidades preventivas se ajustan a lo que realmente requiere cada equipo, evitando intervenciones innecesarias o insuficientes.

Paralelamente, se incorporan prácticas propias del mantenimiento orientado a la condición, apoyándose en observaciones en campo y en registros estructurados durante las inspecciones programadas. Este método permite establecer patrones de comportamiento y preparar el camino para incluir, en una fase posterior, técnicas de seguimiento predictivo dentro del CMMS, lo que incrementará la capacidad de anticiparse a fallas y de administrar de mejor manera los recursos del área técnica.

## CAPITULO III

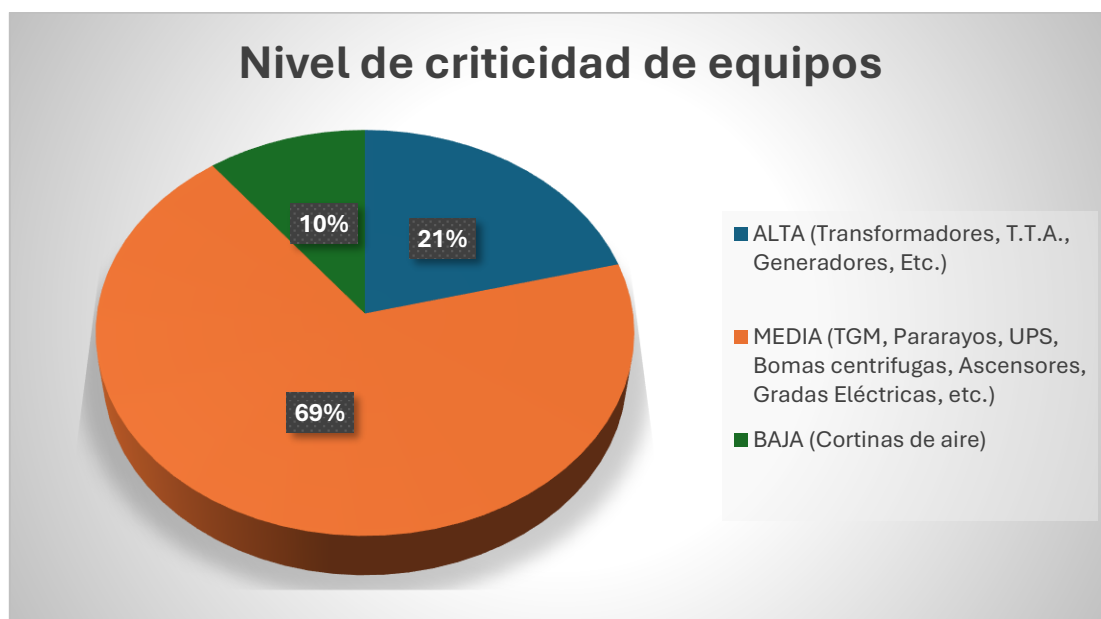
### ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El capítulo expone un examen numérico y descriptivo sobre los resultados obtenidos durante la formulación y revisión del plan preventivo propuesto para los equipos más relevantes del centro comercial. El propósito es evidenciar si la propuesta funciona desde el punto de vista técnico, operativo y financiero, además de mostrar cómo puede disminuir fallas imprevistas, optimizar el uso de recursos y elevar la disponibilidad de los sistemas que sustentan las actividades del complejo.

El análisis se desarrolló utilizando los datos recopilados en el inventario de equipos, la categorización obtenida mediante la matriz de criticidad, la organización de las tareas programadas y una simulación de cómo estas serían gestionadas dentro del CMMS. Toda esta información se estructuró en tablas y esquemas comparativos que permitieron comprobar si la planificación se ajusta a las necesidades reales del complejo comercial y si cumple con los objetivos definidos para la gestión técnica. Con ello, se establece una base sólida para valorar su aporte dentro del modelo operativo vigente.

El estudio de criticidad realizado previamente permitió identificar más de 124 equipos distribuidos en los sistemas eléctricos, hidráulicos, sanitarios, de climatización y transporte vertical. Los resultados indicaron que el 21 % de los equipos se clasifican como altamente críticos, el 69 % en un nivel medio y el 10 % en un nivel bajo. Esta distribución evidencia la necesidad de concentrar la programación preventiva en los sistemas eléctricos, hidráulicos y en los equipos de transporte vertical, debido a su impacto directo en la operación diaria.

Finalmente, los datos obtenidos permiten estimar el beneficio esperado una vez que el plan entre en funcionamiento. Los resultados muestran que una programación preventiva estructurada disminuiría la recurrencia de trabajos correctivos, permitiría planificar mejor las cargas laborales y facilitaría el control técnico del edificio. Esto confirma que la propuesta puede aplicarse sin alterar las condiciones actuales de operación y que responde adecuadamente a la realidad del centro comercial.



**Figura 9.** Nivel de criticidad de equipos

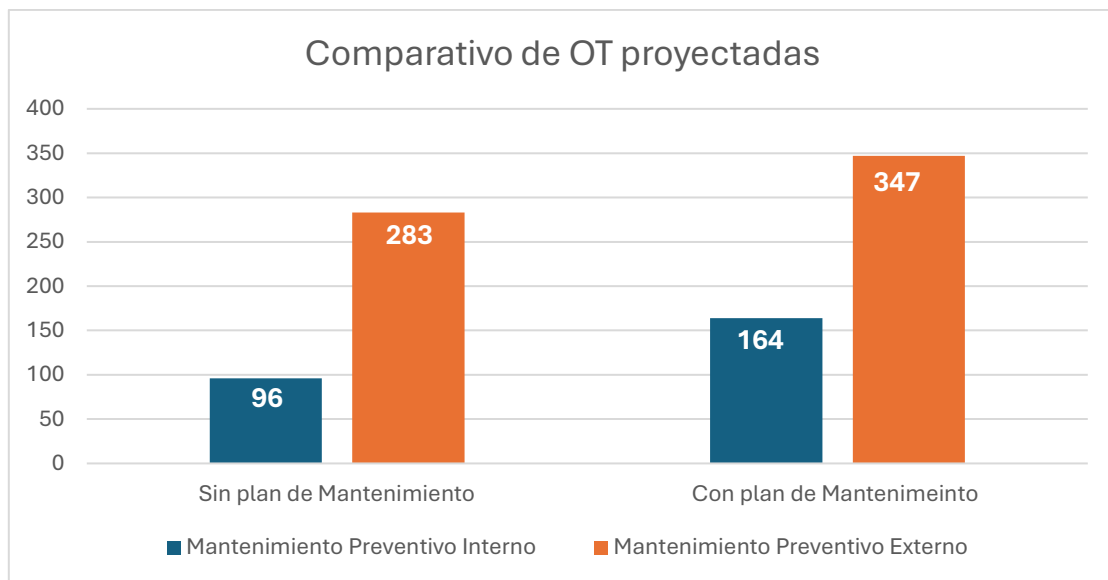
Esta clasificación permitió estructurar el plan de mantenimiento con una frecuencia diferenciada, garantizando la atención oportuna a los activos de mayor impacto operativo y de seguridad.

Basados en las frecuencias establecidas para cada equipo en la tabla 3, se elaboró una proyección anual de órdenes de trabajo (OT) preventivas. Los valores estimados fueron incorporados en la tabla 10, donde se evidencia un incremento planificado de las actividades preventivas realizadas por proveedores externos y por el personal interno, alineado con los objetivos del plan, donde los valores sin el plan de mantenimiento se obtienen con las ordenes de trabajo abiertas durante un año calendario.

**Tabla 10.** Proyección anual de órdenes de trabajo por especialidad de mantenimiento

	Sin plan de Mantenimiento	Con plan de Mantenimiento	Responsable principal
<b>Mantenimiento Preventivo Interno</b>	96	164	Técnicos internos
<b>Mantenimiento Preventivo Externo</b>	283	347	Proveedores externos
<b>Total</b>	<b>379</b>	<b>511</b>	

Como se demuestra, la ejecución del plan permitirá generar un total de 511 órdenes preventivas anuales, actualmente se generan 379, obteniendo un incremento del 70,83% en los preventivos internos y un 22,61% en los preventivos realizados por los proveedores externos, como se puede observar en la figura 10.



**Figura 10.** Comparativo de órdenes de trabajo actuales y proyectadas

Este proceso evidencia la transición desde un esquema de mantenimiento esencialmente reactivo hacia un modelo preventivo estructurado, lo cual permite aprovechar mejor los recursos asignados al área técnica, una distribución equilibrada de las cargas de trabajo y una mayor capacidad de anticipación frente a fallas potenciales. Este cambio permite ordenar las intervenciones, reducir tiempos improductivos y fortalecer la continuidad operativa del centro comercial.

Con el fin de evaluar la factibilidad del plan propuesto, se estimó la cantidad total de horas-hombre requeridas por año para cada especialidad técnica involucrada y posteriormente se contrastó dicha demanda con la disponibilidad real del personal asignado al área de mantenimiento. La síntesis de esta comparación se expone en la tabla 11, donde se observa la correspondencia entre las necesidades operativas del plan y la capacidad efectiva del equipo técnico.

**Tabla 11.** Comparativo de carga horaria del personal técnico

<b>Especialidad</b>	<b>Horas disponibles anuales</b>	<b>Horas requeridas para plan preventivo</b>	<b>% de carga ocupada</b>	<b>Cumplimiento factible</b>
Eléctrica	4000	1103	27.6 %	✓ Sí
Hidrosanitaria	4000	840	21.0 %	✓ Sí

La carga operativa proyectada demuestra que el plan es completamente viable con la dotación actual, ya que solo ocupa entre el 21 % y 28 % de la capacidad anual del personal. Esto permite mantener un margen suficiente para atender actividades correctivas menores, emergencias y tareas de apoyo logístico sin afectar la continuidad operativa.

El análisis económico estimó los costos anuales del mantenimiento preventivo considerando las labores internas y las contrataciones externas especializadas. La inversión total proyectada asciende a USD 83.262,75 anuales, distribuida en mano de obra interna USD8.402,75 y proveedores externos USD 74.860,00.

Este monto representa un incremento del 28 % respecto al gasto operativo actual que es de USD 59.949,18, el incremento que se justifica y contribuye directamente a un aumento sostenido en la disponibilidad de los activos, al reducirse los periodos de inactividad no planificada y garantizarse que los sistemas permanezcan operativos durante un mayor porcentaje del tiempo previsto para su uso.

La implementación del Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS) constituye el elemento integrador de la propuesta desarrollada, al permitir trasladar el plan de mantenimiento preventivo a un entorno operativo estructurado. Mediante esta herramienta se centraliza la información técnica de los equipos, se organiza la programación de actividades y se registra la ejecución de las intervenciones, facilitando el control y la trazabilidad del mantenimiento. De esta forma, el CMMS se consolida como un soporte clave para fortalecer la planificación, la confiabilidad y la continuidad operativa del centro comercial.

## Conclusiones

Se identificaron más de 124 equipos operativos, de los cuales el 21% presenta alta criticidad, lo que permitió priorizar los sistemas eléctricos, hidráulicos y de transporte vertical, considerados esenciales para la operación continua del centro comercial. Esta clasificación favoreció una planificación preventiva más precisa y orientada a la optimización de recursos.

El análisis de carga laboral determinó que la ejecución del plan requiere 1.943 horas anuales distribuidas en 1.103 horas para el personal eléctrico (equivalente al 27,6 % de su capacidad anual) y 840 horas para el personal hidrosanitario (equivalente al 21 %). Estos resultados demuestran que el plan es operativamente factible con la dotación actual, garantizando su sostenibilidad sin necesidad de incremento de personal.

La aplicación del plan de mantenimiento preventivo incrementa las órdenes de trabajo anuales de 379 a 511, lo que representa un aumento total del 34,8 %. Este crecimiento se refleja principalmente en las actividades preventivas internas, con un incremento del 70,83 %, y en las realizadas por proveedores externos, con un 22,61 %, evidenciando un fortalecimiento cuantificable del mantenimiento preventivo y una mejora en la planificación operativa del centro comercial.

Desde la perspectiva económica, la implementación del mantenimiento preventivo proyecta una inversión anual de USD 83.262,75, distribuida en USD 8.402,75 correspondientes a mano de obra interna y USD 74.860,00 destinados a proveedores externos, lo que representa un incremento del 28 % frente al gasto operativo actual de USD 59.949,18. Este aumento presupuestario se traduce en una mayor disponibilidad operativa de los activos y asegurar un funcionamiento más continuo y controlado de los sistemas del centro comercial.

La incorporación del plan dentro de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) constituye un paso determinante en la modernización de los procesos de mantenimiento del centro comercial. Esta plataforma permitirá fortalecer la trazabilidad de las actividades realizadas, automatizar el seguimiento de los indicadores de gestión (KPIs) y respaldar decisiones operativas y estratégicas mediante información

actualizada y verificable. En conjunto, estas funciones consolidan una administración técnica más eficiente y orientada al logro de resultados sostenibles.

## **Recomendaciones**

Implementar de manera progresiva el CMMS propuesto, iniciando con una fase piloto en los sistemas eléctricos e hidrosanitarios, debido a su alta criticidad y a la disponibilidad de información técnica consolidada. Esta estrategia permitirá validar su funcionalidad antes de extenderlo al resto de los sistemas del centro comercial.

Realizar una revisión trimestral de los principales indicadores de control permitirá medir con precisión el desempeño del mantenimiento. Entre estos registros se consideran el intervalo promedio entre fallas, el tiempo medio requerido para efectuar reparaciones, el nivel de cumplimiento de las actividades programadas y el porcentaje de disponibilidad real de los equipos. Este seguimiento periódico ayuda a reconocer patrones de comportamiento y ajustar la programación preventiva cuando sea necesario, asegurando que la gestión técnica responda a las condiciones y exigencias operativas del sistema.

Realizar capacitaciones al personal técnico en el manejo del CMMS y en metodologías de mantenimiento preventivo, incluyendo los enfoques basados en confiabilidad (RCM) y en la mejora continua, constituye una acción esencial para consolidar una gestión operativa eficiente y sostenible. El fortalecimiento de estas competencias permitirá una aplicación más rigurosa del plan, una interpretación adecuada de los indicadores de desempeño y una ejecución técnica alineada con los objetivos estratégicos del centro comercial.

Actualizar anualmente el inventario de equipos y la matriz de criticidad, incorporando nuevas adquisiciones, reemplazos o modificaciones operativas. Esta actualización permitirá mantener vigente el plan de mantenimiento y asegurar que las actividades preventivas respondan a las condiciones reales de operación.

La realización de auditorías internas cada seis meses permitirá revisar de forma ordenada si las tareas programadas se están ejecutando como corresponde, si los registros de trabajo mantienen un seguimiento claro y si el personal y los insumos técnicos están siendo utilizados de manera correcta. Estas revisiones funcionan como un mecanismo de control

que aporta observaciones puntuales para mejorar el proceso y mantener un sistema de mantenimiento más claro, confiable y ajustado a la operación real.

Finalmente, se recomienda documentar y sistematizar los resultados obtenidos durante la aplicación del plan, generando reportes comparativos que permitan evidenciar los beneficios alcanzados y sirvan como base para futuras ampliaciones o proyectos similares dentro del ámbito de gestión de mantenimiento comercial.

## Referencias

- [1] Z. Zhu, Y. Xiang, M. Li, W. Zhu, and K. Schneider, “Preventive Maintenance Subject to Equipment Unavailability,” *IEEE Trans. Reliab.*, vol. 68, no. 3, pp. 1009–1020, 2019, doi: 10.1109/tr.2019.2913331.
- [2] R. Malhotra, T. Alzahawi, and E. McLeod, *Management and Maintenance of Electrical Equipment in Industrial Facilities*. 2019 IEEE/IAS 55th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), 2019. doi: 10.1109/ICPS.2019.8733336.
- [3] A. Syamsundar, V. N. A. Naikan, and S. Wu, “Estimating maintenance effectiveness of a repairable system under time-based preventive maintenance,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 156, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107278.
- [4] B. de Jonge, R. Teunter, and T. Tinga, “The influence of practical factors on the benefits of condition-based maintenance over time-based maintenance,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 158, pp. 21–30, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.ress.2016.10.002.
- [5] J. Wang, Q. Qiu, H. Wang, and C. Lin, “Optimal condition-based preventive maintenance policy for balanced systems,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 211, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107606.
- [6] A. Farahani and H. Tohidi, “Integrated optimization of quality and maintenance: A literature review,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 151, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2020.106924.
- [7] S. Yoon, J. Lee, J. Li, and P. Wang, “Virtual in-situ modeling between digital twin and BIM for advanced building operations and maintenance,” *Autom. Constr.*, vol. 168, no. PA, p. 105823, 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105823.
- [8] I. Roda and M. Macchi, “Maintenance concepts evolution: a comparative review towards Advanced Maintenance conceptualization,” Dec. 01, 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.compind.2021.103531.
- [9] R. Mena, P. Viveros, E. Zio, and S. Campos, “An optimization framework for

- opportunistic planning of preventive maintenance activities,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 215, no. June, p. 107801, 2021, doi: 10.1016/j.res.2021.107801.
- [10] A. Salonen, M. Bengtsson, and V. Fridholm, “The Possibilities of Improving Maintenance through CMMS Data Analysis,” in *Advances in Transdisciplinary Engineering*, IOS Press BV, Oct. 2020, pp. 249–260. doi: 10.3233/ATDE200163.
- [11] M. S. Suganthaan, T. N. Tarun, and M. Anita, “Enhancing Facility and Real Estate Management Through High-Performing Computerized Maintenance Management Systems,” in *Proceedings of 8th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2025*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2025, pp. 1589–1595. doi: 10.1109/ICOEI65986.2025.11013166.
- [12] R. C. Rodrigues, H. Sousa, and I. A. Gondim, “SMARTS-Based Decision Support Model for CMMS Selection in Integrated Building Maintenance Management,” *Buildings*, vol. 13, no. 10, Oct. 2023, doi: 10.3390/buildings13102521.
- [13] A. Aliyu, D. Baglee, and D. Dixon, “Computerised maintenance management system (CMMS) role in small and medium enterprise (SME),” *Proc. Int. Conf. Cond. Monit. Asset Manag.*, vol. 2023, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2023, doi: 10.1784/cm2023.2f5.
- [14] E. Halmetoja and N. Lepkova, “Utilising Building Information Models in Facility Maintenance and Operations,” *Tek. Dergi/Technical J. Turkish Chamb. Civ. Eng.*, vol. 33, no. 5, pp. 12351–12377, Sep. 2022, doi: 10.18400/tekderg.748397.
- [15] P. K. Man, C. N. Wong, W. K. Chan, H. H. Lee, J. Huang, and M. Pecht, “Reliability and safety of elevators and escalators/ travelators: Past, present and future,” Mar. 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.rineng.2025.104194.
- [16] W. Abdelhameed and M. Alkoheji, “Energy Analysis Use in Facility Management,” in *2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications, DASA 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836524.

- [17] N. Pavitha, R. M. Savithramma, B. P. Ashwini, A. Mankawade, Y. Naik, and Y. Bedmutha, “Intelligent Predictive Maintenance for Smart Building Systems,” in *2nd International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems, ICSSAS 2024 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 1178–1183. doi: 10.1109/ICSSAS64001.2024.10760900.

## Anexo 1

Mantenimiento

# Mantenimiento

## Programa de mantenimiento

### Inspecciones de mantenimiento

El programa de mantenimiento incluye los siguientes tipos de inspecciones:

- Mantenimiento de rutina
- Inspecciones de rutina
- Inspecciones trimestrales
- Inspecciones anuales

Acorte los intervalos de inspección adecuadamente si el fluido bombeado es abrasivo o corrosivo, o si el entorno está clasificado como potencialmente explosivo.

### Mantenimiento de rutina

Realice las siguientes tareas cuando lleve a cabo el mantenimiento de rutina:

- Lubrique los rodamientos.
- Inspeccione la mecánica.

### Inspecciones de rutina

Realice las siguientes tareas cuando compruebe la bomba durante las inspecciones de rutina:

- Controle el nivel y el estado del aceite a través de la midilla de vidrio del portacojinetes.
- Controle los ruidos inusuales, la vibración y las temperaturas de los cojinetes.
- Controle si la bomba y las tuberías tienen fugas.
- Analice la vibración.
- Inspeccione la presión de descarga.
- Inspeccione la temperatura.
- Controle si la cámara del sello y el prensaestopas tienen fugas.
  - Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico.
  - Ajuste o reemplace la empaquetadura en la caja de empaque si observa fugas excesivas.

### Inspecciones trimestrales

Realice las siguientes tareas cada tres meses:

- Controle que la base y los pernos de sujeción estén ajustados.
- Controle el empaque si la bomba estuvo sin funcionar y reemplácelo si es necesario.
- Cambie el aceite cada tres meses (2.000 horas de funcionamiento) como mínimo.
  - Cambie el aceite con más frecuencia si hay condiciones atmosféricas adversas u otras condiciones que puedan contaminar o descomponer el aceite.
- Controle el alineamiento del eje y vuelva a alinearlo si es necesario.

### Inspecciones anuales

Realice las siguientes inspecciones una vez al año:

- Controle la capacidad de la bomba.
- Controle la presión de la bomba.
- Controle la potencia de la bomba.

Si el rendimiento de la bomba no satisface sus requisitos del proceso y los requisitos del proceso no cambiaron, realice los siguientes pasos:

1. Desmonte la bomba.
2. Inspecciónela.
3. Reemplace las piezas desgastadas.

## Anexo 2

**6. GENERATING SET MAINTENANCE**

**6.1 General**

A good maintenance programme is the key to long generating set life. Maintenance and service should only be carried out by qualified technicians. Records of this work should be kept to aid in developing an efficient maintenance programme.

In general, the generating set should be kept clean. Do not permit liquids such as fuel or oil film to accumulate on any internal or external surfaces or on, under or around any acoustic material, if fitted. Wipe down surfaces using an aqueous industrial cleaner. Do not use flammable solvents for cleaning purposes.

Any acoustic material with a protective covering that has been torn or punctured should be replaced immediately to prevent accumulation of liquids or oil film within the material.

**6.2 Preventative Maintenance**

Depending on the application of the generating set, requirement for preventative maintenance will vary. The preventative maintenance requirements associated with the engine are detailed in the Engine Manual which should be reviewed in conjunction with this section. Maintenance intervals for the engine may be more frequent than those shown in this section.

**6.2.1 Daily or at Each Startup:** (For standby sets these procedures may be performed weekly.) A walk around inspection should be performed on a daily basis and prior to starting the engine. The pre-start checks contained in Section 5.2 should be performed during this walk around. Procedures for performing the checks on the engine can be found in the Engine Manual which may contain additional requirements to those in Section 5.2.

**6.2.2 Every Two Weeks:** (For standby sets that have not been run.) Perform an operational check on the generating set by starting and running the set for only 5 minutes.

**WARNING:**

**!** Do not run diesel engines at low loads for long periods.

**6.2.3 Every Month:** (For standby sets that have not been run on load.) Perform an operational and load check on the generating set by starting and running the set on at least 50% load for 1 to 2 hours.

**6.2.4 Every Six Months or 250 Hours:** Repeat the daily procedures plus the following:

1. Check all control system safety devices by electrically simulating faults.
2. Clean all battery cap vents.
3. Tighten all exhaust connections.
4. Tighten all electrical connections.
5. Perform other engine maintenance as specified in the Engine Manual.
6. Start the engine and observe the instrument panel to ensure that all gauges and meters are operating properly.

**6.2.5 Alternator Preventative Maintenance:** There is no routine maintenance required on the alternator, however periodic inspection of the alternator winding condition and periodic cleaning is recommended. See Section 8.2, Alternator Maintenance, and the Alternator Manual.

**6.2.6 Engine Preventative Maintenance:** See the Engine Manual provided with this manual for information on regular maintenance required to keep the engine operating efficiently.

**6.3 Removal of Engine and/or Alternator**

The following procedures should be used for removal of the engine and/or alternator.

1. Isolate and disconnect electrical power supply to auxiliary equipment such as a water heater.
2. Isolate the battery charger supply. Disconnect the battery (negative lead first) and remove if necessary.
3. If the generating set is equipped with a canopy, remove the fixing bolts on each side, disconnect the exhaust system and then remove the canopy.
4. Isolate and disconnect the control panel and remove together with stand from the generating set, ensuring that all cables have been adequately identified to facilitate reconnection.
6. If the engine and alternator are both to be removed, they may be lifted out as one unit using the lifting eyes provided on **both** the engine and alternator. First the bolts holding the engine/alternator to the baseframe have to be removed.

**6.3.1 Engine Removal Only:**

1. If only the engine is to be removed, the wiring loom should first be removed from the engine.
2. If the alternator is fitted with only one set of feet then the front end of the alternator will have to be firmly supported before removing the engine.
3. Remove the bolts holding the engine to the base. It may also be advantageous to loosen the alternator mounting bolts.
4. Remove the alternator fan guards.
5. Support the rotor assembly using a sling or wooden supports taking care not to damage the fan.
6. Remove the bolts between the flexible coupling and the engine flywheel.
7. Support the rear of the engine using an overhead crane or similar device.
8. Remove the coupling housing bolts.
9. The engine is now moved forward until it is clear of the alternator and may be lifted away from the base.

**6.3.2 Alternator Removal Only:**

1. If the alternator only is to be removed, the rear of the engine must be firmly supported.
2. Remove the wiring loom.
3. Remove the bolts holding the alternator to the baseframe. Loosen the engine bolts as well.
4. Remove the alternator fan covers and support the rotor and the front of the alternator. Ensure that the rotor is positioned with a pole at the bottom centre line. This is to avoid any damage to the bearing or exciter by limiting the rotor movement to that of the air gap.
5. Uncouple the alternator from the engine as per Section 6.3.1.
6. Support the alternator using a sling or similar device and slide the complete alternator back on the base before lifting.

## Anexo 3

### ALTERNATOR DESCRIPTION AND MAINTENANCE

#### 8.1 Alternator Description

**8.1.1 General:** The alternator fitted on the generating set is of the brushless self-excitation type which eliminates the maintenance associated with slip rings and brushes. The control system consists of an automatic voltage regulator, protective circuits and the necessary instruments to allow monitoring of the output of the generating set.

**8.1.2 Construction/Major Components:** The alternator unit is completely self-contained and is designed and constructed to provide trouble free operation, ease of maintenance and long service life.

The stator core is produced from insulated low loss electrical grade sheet steel laminations. These are built and welded under a fixed pressure to give an extremely rigid core to withstand vibrations and load impulses. The complete wound stator is, after impregnation, pressed into the frame and pinned into position.

A high grade precision machined shaft carries the rotor assembly which comprises the alternator rotating field systems, the exciter rotor/rotating diode system and the cooling fan. The rotor is mechanically wedged and supported on the winding end to allow an overspeed of up to 2250 RPM. The complete rotor assembly is dynamically balanced to ensure vibration-free running.

At the drive end of the rotor assembly a cast-aluminium centrifugal fan draws cooling air through screened/louvered covers at the non drive end and discharges it through similar side mounted covers at the drive end.

**8.1.3 Alternator Method of Operation:** The electrical power produced by the generating set is derived from a closed loop system consisting principally of the exciter rotor, the main revolving field and the automatic voltage regulator (See Figure 8.1).

The process begins when the engine starts to rotate the internal components of the alternator. The residual magnetism in the main rotor (item 1) produces a small alternating voltage (AC) in the main stator (item 2). The automatic voltage regulator (item 3) rectifies this voltage (converts it to DC) and applies it to the exciter stator (item 4).

This DC current to the exciter stator creates a magnetic field which, in turn, induces an AC voltage in the exciter rotor (item 5). This AC voltage is converted back to DC by the rotating diodes (item 6).

When this DC voltage appears at the main rotor, a stronger magnetic field than the original residual field is created which induces a higher voltage in the main stator.

This higher voltage circulates through the system inducing an even higher DC voltage back at the main rotor. This cycle continues to build up the voltage until it approaches the proper output level of the generating set. At this point the automatic voltage regulator begins to limit the voltage being passed to the exciter stator which, in turn, limits the overall power output (item 7) of the alternator.

This build-up process takes place in less than one second.

**8.1.4 Automatic Voltage Regulator:** The Automatic Voltage Regulator (AVR) maintains a no load to full load steady state voltage to tight tolerances. The AVR has a volts/hertz characteristic which proportionally reduces the regulated voltage at reduced speeds. This feature aids the engine during sudden large additions of load.

#### 8.2 Alternator Maintenance

Although maintenance is rarely required, periodic inspection and cleaning is recommended.

Perform a winding insulation test according to procedures provided in the Alternator Manual before the initial start, after generating set storage, and every 3 to 6 months depending on humidity levels (more often in higher humidity). In high humidity areas, installing space heaters to operate when the generating set is not running will help keep the windings dry.

The alternator air filters, if fitted, should be inspected regularly depending on site conditions. If cleaning is necessary, remove the filter elements from the filter frames. Immerse or flush the element with a suitable detergent agent until the element is clean. Dry the elements thoroughly before refitting.

Additionally the alternator unit should be cleaned on a regular basis. The frequency of such cleanings depends on the environmental conditions of the operating site. The following procedure should be followed when cleaning is necessary: Disconnect all power. Wipe dust, dirt, oil, water and any other liquids from the external surfaces of the alternator unit and from the ventilation screens. These materials can work their way into the windings and may cause overheating or insulation breakdown. Dust and dirt is best removed using a vacuum cleaner. Do not use compressed air, steam or high pressure water!

The separate Alternator Manual provided with this manual contains more detailed information on alternator maintenance. It also includes a trouble shooting guide for alternator faults.

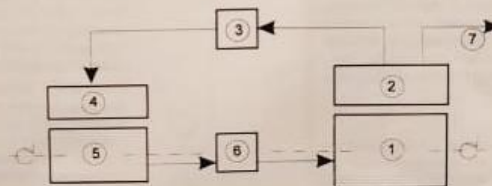


Figure 8.1: Block Diagram of Alternator Operation

Item	Description	Item	Description
1.	Main Rotor	5.	Exciter Rotor
2.	Main Stator	6.	Rotating Diodes
3.	Automatic Voltage Regulator	7.	Power Output
4.	Exciter Stator		

## Anexo 4

### 7. ENGINE DESCRIPTION AND MAINTENANCE

#### 7.1 Engine Description

**7.1.1 General:** The engine that powers the generating set is an industrial, heavy duty diesel engine that has been selected for its reliability and efficiency in operation. It is specifically designed and optimised to power generating sets. The engine is a 4 stroke compression ignition type with all the accessories necessary to provide a reliable power supply. Full details of the engine and associated equipment is provided in the Engine Manual. This section gives a brief discussion of the major systems and how they are integrated into the generating set.

If regular preventative maintenance is performed as per the Engine Manual, the diesel engine will continue to provide reliable power for many years.

**7.1.2 Cooling System:** The engine system is either air cooled or water cooled. The air cooled system consists of a high capacity fan to pull cool air across the engine to cool it. The water cooled system is comprised of a radiator, pusher fan, a mechanically driven water pump and a thermostat. The fan is a pusher type that pushes the air through the radiator. This system provides for cooling of the surface heat of the engine and alternator, and internal cooling of the engine by the water circulating in the radiator. The alternator also has an integral fan that circulates cool air inside the housing. The thermostat on water cooled engines maintains coolant temperature at a level for efficient operation of the engine. It is important to pay careful attention to air flow around the generating set to ensure proper cooling. Following the installation instructions in Section 4.7 should ensure satisfactory performance.

**7.1.3 Engine Governing:** The engine governor is a mechanical device designed to maintain a constant engine speed in relation to load requirements. The engine speed is directly related to the frequency of the alternator output, so any variation in engine speed will effect the frequency of the power output.

The governor senses engine speed and controls the fuel rate. As load increases on the alternator the governor will increase fuel flow to the engine. As load is reduced the governor reduces fuel flow.

**7.1.4 Fuel System:** On most generating sets, the engine fuel system is connected directly to a fuel tank that is built into the baseframe. This tank is designed to provide sufficient fuel for approximately 8 hours operation at full load.

The basetank is provided with fittings to facilitate either manual or automatic filling from a larger bulk storage tank. See Section 4.9 for a discussion of the entire fuel system.

**7.1.5 Exhaust System:** Exhaust systems are provided to reduce the noise level of the engine and to direct the exhaust gases to where they will not be a hazard. The exhaust silencer and piping are mounted directly on the engine.

#### 7.2 Engine Maintenance

The Engine Manual supplied with this manual contains detailed information on maintaining the engine. It also includes a comprehensive Trouble Shooting guide for engine faults.

#### 7.3 Radiator Maintenance (Water cooled engines only)

**7.3.1 General Notes:** Corrosion in the radiator can be a prime cause of failure. This is prompted by air in the water. Always ensure pipe connections are free of leaks and bleed air from top of the radiator regularly to keep the system "air free".

Radiators should not be left standing in a partially filled condition. Radiators left partly filled with water will suffer much more rapidly from the effects of corrosion. For an

inoperative generating set, either drain the radiator completely or ensure that it is maintained full. Wherever possible, radiators should be filled with distilled or naturally soft water, dosed with suitable corrosion inhibitors.

#### WARNING:

**! Radiator coolant is normally very hot and under pressure. Do not work on the radiator or disconnect pipework until it has cooled. Do not work on the radiator or remove any guarding while the fan is in motion.**

**7.3.2 External Cleaning:** In dusty or dirty conditions the radiator fins can become blocked with loose debris, insects, etc. and this fouling will have an effect on the performance of the radiator.

For regular removal of light deposits use a low pressure steam jet. More difficult deposits may need a detergent with a low pressure hot water hose. Spray steam jet or water from the front of the radiator towards the fan. Spraying in the opposite direction will force debris further into the core. Covering the engine/alternator during this process will keep them clean.

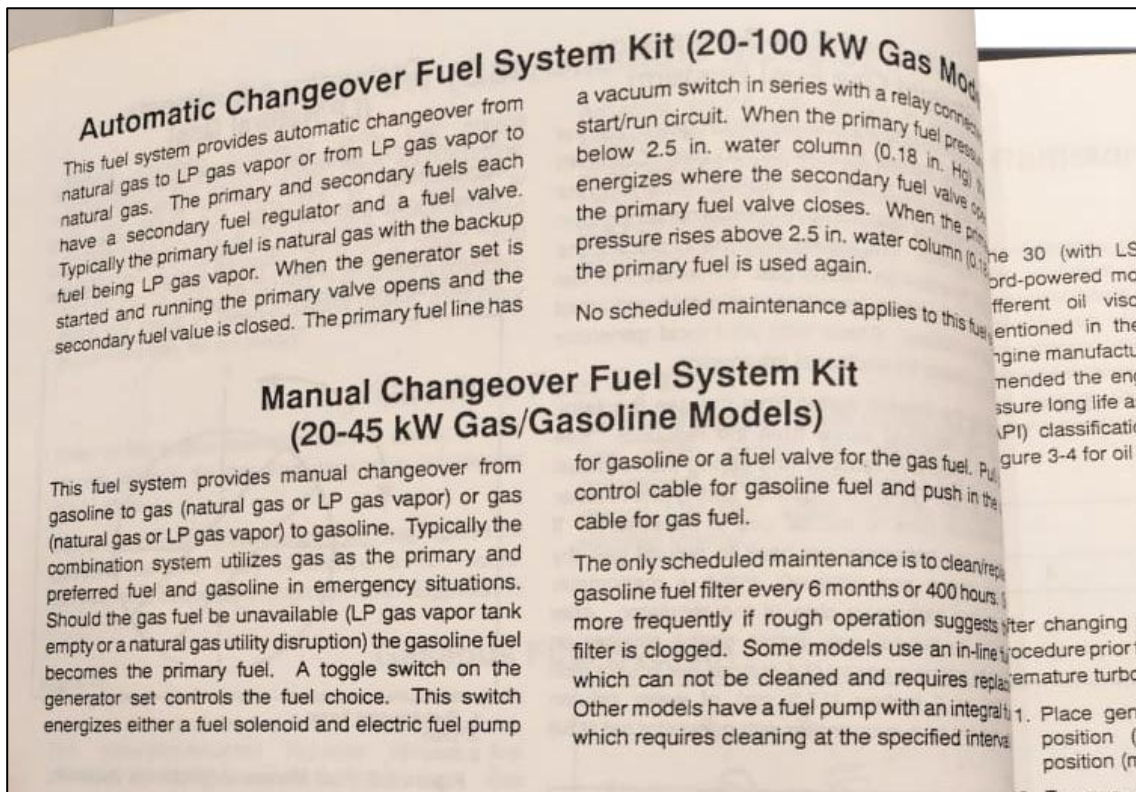
Stubborn deposits, which cannot be removed by the above methods may require removal of the radiator and immersion in a heated alkali degreasing solution for about 20 minutes and then washing off with a hot water hose.

**7.3.3 Internal Cleaning:** If, due to leaky joints for instance, indiscriminate topping-up with hard water has been carried out for some time, or if the generating set has been run without inhibitors the system may become fouled by scale.

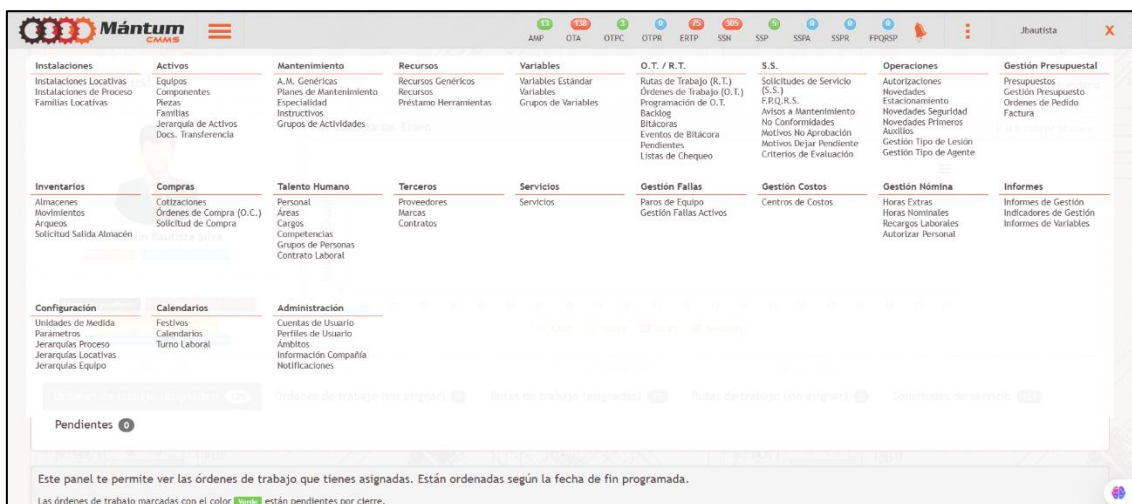
To descale the radiator, use the following procedure:

1. Drain the water system and disconnect and blank off the pipe connections to the engine.
2. Prepare a 4% solution of inhibited acid solvent and fresh water. Add the acid to the water, never vice versa.
3. Allow several minutes for mixing, then heat the solution to 49°C (120°F) maximum.
4. Run the solution slowly into the radiator via the filler cap or a branch in the manifold. Effervescence will occur. When it ceases, fill the radiator completely with the heated solvent.
5. Allow to stand for several minutes; then drain the solvent back into the original container through the bottom manifold or drain plug.
6. Examine the interior of the headers. If scale remains repeat the process outlined above with the solvent strength increased to 8%.
7. After descaling the acid solution has to be neutralised as follows:-  
Fill the mixing container with fresh water, heat to boiling point then add common washing soda crystals at the following strength: 0.5 kg of soda to 20 litres water (1 lb. soda to 4 gallons water). Fill the radiator with this solution, then drain it back into the container.
8. Flush the radiator in this manner several times, finally leaving the radiator full for at least an hour. Drain until empty and wash out the radiator with hot fresh water.
9. Before putting the radiator into service again, fill with water and apply a test pressure equal to twice that of the working pressure. Examine carefully for any leaks which may have been revealed by descaling.
10. Prior to recommissioning, the coolant must be dosed with any necessary corrosion inhibitors and/or the correct proportion of antifreeze.

## Anexo 5



## Anexo 6



## Anexo 7

**Mántum CMMS** | AMP | OTA | OTRC | OTRR | ERTP | SSN | SSP | SSPA | SSPR | FPGSP

**ACCIONES**

- Abrir
- Editar
- Cerrar
- Cierre Masivo
- Reprogramar
- Marcar OT Terminada
- Recibir a Satisfacción
- Imprimir OT
- Eliminar
- Generar Solicitud de Compra

**ENLACES - VÍNCULOS**

- Ver Panel de Control
- Ver Lista - Detalle
- Ver Detalles
- Formato de Trabajo
- Formato en Blanco

**ÓRDENES DE TRABAJO (O.T.) - LISTADO GENERAL DE ÓRDENES DE TRABAJO (O.T.)**

Página 1 de 14 | Registros 1-10 de 138

Código	Prioridad	Fecha Creación	Fecha Inicio	Fecha Fin	Entidades	Actividades	Descripción	Reasignación	Tipo Mito	Ejecutores	% Ejec	Recepción	Personal Registro	Costo Estimado
000279	1-Alta	2024-01-19 09:55	2026-01-19 00:00	2026-01-20 03:00	CCR-E2   2DA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	Estimado señor Alex buenos días, por favor su ayuda	Ejecutores: William Laguna [2026-01-20 06:11 a 06:16]	Correctiva programada	Jonathan Navarrete, William	5	Marcelo	William	0,00
000278	1-Alta	2024-01-16 19:18	2026-01-16 00:00	2026-01-18 22:00	CCR-E3   3RA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	habilitar puntos de energía en puente	Ejecutores: Marco Laguna [2026-01-16 19:19 a 20:00]	Correctiva programada	Marco Laguna, William	5	Daniel Montoya	William	0,00
000275	1-Alta	2024-01-12 09:43	2026-01-12 18:00	2026-01-12 21:00	CCR-E2   2DA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	instalar un sensor de movimiento en	Ejecutores: Jairo Johal Moreno	Correctiva programada	Jairo Johal Moreno	5	Jorge Gustavo	William	0,00
000274	1-Alta	2024-01-10 12:14	2026-01-10 00:00	2026-01-12 08:00	CCR-E4   4TA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	revisamos necesitamos	Ejecutores: Marco Laguna [2026-01-10 14:00 a 16:00]	Correctiva programada	Rosa Acosta, Alex Condor, Luis	100	Rosalba Izar, Jorge Gustavo	William	0,00
000270	1-Alta	2024-01-05 15:25	2026-01-05 10:00	2026-01-06 10:00	CCR-E2   2DA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	por favor su genitil	Ejecutores: William Laguna [2026-01-05 14:24 a 15:14]	Correctiva programada	Garccho, Javier	5	Marcelo	William	0,00
000246	1-Alta	2025-12-02 19:14	2025-12-08 00:00	2025-12-12 16:00	CCR-E1   1RA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	Buenas tardes por favor Alex tu	Ejecutores: William Laguna [2025-12-02 19:14 a 19:16]	Correctiva programada	José Changoluisa	0	Marcelo	William	0,00
000247	1-Alta	2025-12-02 22:35	2025-12-05 00:00	2025-12-05 01:00	CCR-E1   1RA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	Buenas tardes, estimado Alex por favor su genitil	Ejecutores: William Laguna [2026-01-07 17:46 a 18:01]	Correctiva programada	Jonathan Navarrete, Inés	5	Marcelo	William	0,00
000238	1-Alta	2025-11-20 10:00	2025-11-24 00:00	2025-11-26 06:00	CCR-E3   3RA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	Buenos días, por favor su genitil	Ejecutores: William Laguna [2026-01-07 14:06 a 15:07]	Correctiva programada	Jonathan Navarrete, Inés	5	Marcelo	William	0,00
000239	1-Alta	2025-11-23 10:02	2025-11-24 00:00	2025-11-25 08:00	CCR-E2   2DA ETAPA - CIUDAD	Reparación Locativa General	por favor su genitil	Ejecutores: William Laguna [2026-01-07 15:07 a 15:08]	Correctiva programada	Ramon Inés	5	Marcelo	William	0,00

## Anexo 8

**Mántum CMMS** | AMP | OTA | OTRC | OTRR | ERTP | SSN | SSP | SSPA | SSPR | FPGSP

**ACCIONES**

- Crear
- Editar
- Clonar
- Eliminar
- Costos Administrativos
- Gestionar Ciclo de Vida

**ENLACES - VÍNCULOS**

- Ver Panel de Control
- Ver Lista - Detalle
- Ver Detalles
- Ver Jerarquía
- Categorías de Activo

**PLANES DE MANTENIMIENTO - LISTADO GENERAL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO (A.M.)**

Página 1 de 8 | Registros 1-10 de 80

Código	Nombre	Instalación Proceso	Criticidad	Estado	Responsable	Nro Serie	Tipo Jerarquia	Equipo Padre	Propietario	S.D. Activo?
CCR-E1-SEL-GEA-001	GENERADOR ELÉCTRICO FG WILSON P625E1 220/127V MOTOR PERFORMER MOTOR INDUSTRIAL	CCR-E1-SEL-GEA   GENERACION AUXILIAR DE ENERGIA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-001	TRANSFORMADOR INATRA 125KVA 3 FASES / #167105-C	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-002	CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN GRAN PLAZA 125KVA / 22860V / 330V - 137V	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-003	CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN 22860V / 210 V - 121V 2 TRANSFORMADORES FUENTE DE	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-005	GENERADOR ELÉCTRICO KIDHULER POWER SYSTEM 400 POT 450KW / 400 KW/400V	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-006	CUARTO DE MEDIDORES ZONA NORTE 1RA ETAPA	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SEL-REL-007	CUARTO DE MEDIDORES ZONA SUR 1RA ETAPA	CCR-E1-SEL-REL   RED ELECTRICA	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SHS-RAP-001	BOMBA SIST AGUA POTABLE DE LA 1RA ETAPA, BALDOR SHIP / 3450 1440 690W / 208-230V / 11 14AMP	CCR-E1-SHS-RAP   RED DE AGUA POTABLE	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SHS-RAP-002	BOMBA SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA 1RA ETAPA BALDOR SHIP / 3450 690W / 208-230V / 11 14AMP	CCR-E1-SHS-RAP   RED DE AGUA POTABLE	Alta	En Operación			Equipo			No
CCR-E1-SHS-RAP-003	BOMBA BOMBA SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA 1RA ETAPABALDOR SHIP / 3450 690W / 208-230V / 11 14AMP	CCR-E1-SHS-RAP   RED DE AGUA POTABLE	Alta	En Operación			Equipo			No

## Anexo 9

**Mántum CMMS** | AMP | OTA | OTRC | OTRR | ERTP | SSN | SSP | SSPA | SSPR | FPGSP

**ACCIONES**

- Crear
- Editar
- Clonar
- Eliminar
- Eliminación Masiva

**ENLACES - VÍNCULOS**

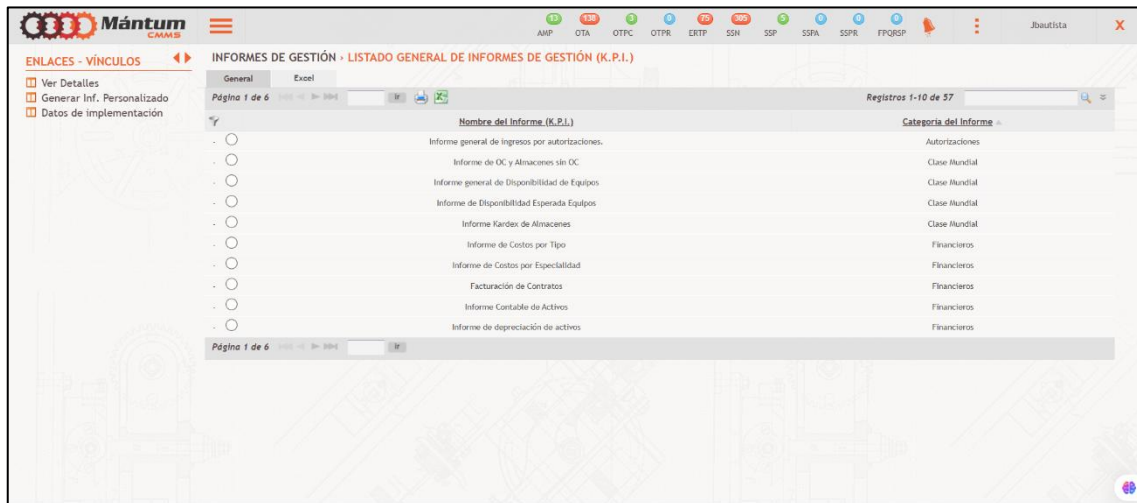
- Ver Panel de Control
- Ver Lista - Detalle
- Ver Detalles

**PLANES DE MANTENIMIENTO - LISTADO GENERAL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO (A.M.)**

Página 1 de 88 | Registros 1-10 de 874

Código	Actividad	Entidad	Tipo	Especialidad	Frecuencia	Estado
CCR-C-001	Reparación Locativa General	CCR   CENTRO COMERCIAL EL RECREO	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-C-002	Instalación de luminarias	CCR   CENTRO COMERCIAL EL RECREO	Correctiva	Eléctrica	-	Activa
CCR-E1-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1   1RA ETAPA - CIUDAD COMERCIAL EL RECREO	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA   PLANTA ALTA	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-ANG-006	Arreglo de techo gypsum	CCR-E1-PA-CE   CORREDOR E	Correctiva	Civil	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA-CE   CORREDOR E	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-CC-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA-CE-CC   ESPACIOS COMUNALES	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-CC-1-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA-CE-CC-1   ISLAS	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-PP-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA-CE-PP-1   ESPACIOS COPROPIEDAD	Correctiva	Locativa	-	Activa
CCR-E1-PA-CE-PP-L-C-001	Reparación Locativa General	CCR-E1-PA-CE-PP-1   LOCALES	Correctiva	Locativa	-	Activa

## Anexo 10



**Mántum CAMMS** | INFORMES DE GESTIÓN - LISTADO GENERAL DE INFORMES DE GESTIÓN (K.P.I.)

General | Excel | Página 1 de 6 | Registros 1-10 de 57

Nombre del Informe (K.P.I.)	Categoría del Informe
Informe general de ingresos por autorizaciones.	Autorizaciones
Informe de OC y Almacenes sin OC	Clase Mundial
Informe general de Disponibilidad de Equipos	Clase Mundial
Informe de Disponibilidad Esperada Equipos	Clase Mundial
Informe Kardex de Almacenes	Clase Mundial
Informe de Costos por Tipo	Financieros
Informe de Costos por Especialidad	Financieros
Facturación de Contratos	Financieros
Informe Contable de Activos	Financieros
Informe de depreciación de activos	Financieros

Página 1 de 6

## Anexo 11

