



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

INFORME DE PROYECTO:

Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para cumplir con las metas y objetivos de negocio de una empresa de inyección de plástico

ÁREA DE CONOCIMIENTO:

Gestión de Mantenimiento

REALIZADO POR:

Lucía Picado Cano

II SEMESTRE 2024



Carrera evaluada y acreditada por la Agencia de Acreditación de Programas de Ingeniería y de Arquitectura

Resumen

El presente trabajo se centra en el diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para una empresa de moldeo por inyección de polímero termoplástico, que busca modificar su plan de mantenimiento preventivo. La metodología incluye una auditoría que describe la situación actual del departamento, un diagnóstico del nivel de madurez de la gestión y el desarrollo de un cuadro de mando integral que alinea los objetivos estratégicos de la compañía con el desempeño del mantenimiento. El modelo se inspira en el ciclo PHVA de la norma ISO 9001 y considera la norma UNE-EN 17007. A partir de esto se propusieron nuevos indicadores de mantenimiento y se planteó crear un departamento independiente del de producción para el mantenimiento de los equipos. El modelo busca establecer una cultura de mantenimiento proactivo, esencial para el crecimiento y la competitividad de la organización.

Carta de aprobación del filólogo

Cartago, 25 de noviembre de 2024

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, incorporada a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0247, portadora de la cédula de identidad número 3-0447-0799 y, Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, incorporado a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0245, portador de la cédula de identidad número 1-1345-0416, ambos vecinos de Quebradilla de Cartago, revisamos el trabajo final de graduación que se titula: *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para cumplir con las metas y objetivos de negocio de una empresa de inyección de plástico*, sustentado por Lucía Picado Cano.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de ortografía, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. A pesar de esto, la originalidad y la validez del contenido son responsabilidad directa de la persona autora.

Esperamos que la participación de Filólogos Bórea Costa Rica satisfaga los requerimientos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

X

Elena Redondo Camacho
Filóloga - Carné ACFIL n.º 0247

X

Daniel González Monge
Filólogo - Carné ACFIL n.º 0245

Índice general

Capítulo 1.	Hoja de datos.....	1
1.1	Datos personales.....	1
1.2	Datos de la empresa.....	1
1.2.1	Aviso legal de confidencialidad.....	1
1.2.2	Reseña de la empresa.....	1
1.2.3	Proceso productivo.....	2
Capítulo 2.	Descripción del proyecto.....	4
2.1	Introducción.....	4
2.2	Antecedentes.....	5
2.2.1	Antecedentes teóricos.....	5
2.2.2	Antecedentes experimentales.....	6
2.3	Planteamiento del problema.....	8
2.4	Objetivos.....	9
2.4.1	Objetivo general.....	9
2.4.2	Objetivos específicos.....	9
2.5	Justificación.....	10
2.6	Alcance.....	11
2.7	Viabilidad.....	11
2.8	Administración del riesgo.....	12

2.9	Metodología.....	12
2.10	Cronograma.....	14
Capítulo 3.	Marco teórico.....	15
Capítulo 4.	Descripción del modelo actual mediante auditoría Covenin 2500-93..	26
4.1	Introducción a la Norma Covenin 2500-93: manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria.....	26
4.2	Metodología de aplicación de la auditoría	27
4.3	Hallazgos de la auditoría	28
4.3.1	Área I: organización de la empresa	28
4.3.2	Área II: organización de mantenimiento.....	29
4.3.3	Área III. Planificación de mantenimiento	30
4.3.4	Área IV. Mantenimiento rutinario.....	31
4.3.5	Área V. Mantenimiento programado.....	32
4.3.6	Área VI. Mantenimiento circunstancial	33
4.3.7	Área VII. Mantenimiento correctivo.....	34
4.3.8	Área VIII. Mantenimiento preventivo	35
4.3.9	Área IX. Mantenimiento por avería.....	36
4.3.10	Área X. Personal de mantenimiento	37
4.3.11	Área XI. Apoyo logístico	38
4.3.12	Área XII. Recursos.....	39

4.4	Informe de la auditoría según el estándar Covenin 2500-93	40
4.4.1	Resumen	40
4.4.2	Observaciones y recomendaciones	44
4.4.3	Deméritos por área	45
4.4.4	Ficha de evaluación	46
Capítulo 5.	Determinación de las oportunidades de mejora de mayor impacto en los indicadores	48
5.1	Determinación del nivel de madurez del departamento	48
5.2	Determinación de la brecha	49
5.3	Influencia de las áreas evaluadas entre sí	50
Capítulo 6.	Cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de planta	60
6.1	Preámbulos al cuadro de mando integral	60
6.1.1	Consideración del marco estratégico de la empresa.....	60
6.1.2	Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)	60
6.2	Objetivos del cuadro de mando integral.....	62
6.2.1	Perspectiva financiera	62
6.2.2	Perspectiva del cliente.....	63
6.2.3	Perspectiva de procesos internos	63
6.2.4	Perspectiva de aprendizaje y crecimiento.....	64

6.3	Mapa estratégico	64
6.4	Indicadores	65
6.5	Metas	71
6.6	Propuesta de cuadro de mando integral	71
Capítulo 7.	Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento	73
7.1	Presentación del modelo	73
7.2	Elementos y relaciones del modelo	76
7.2.1	Cliente	76
7.2.2	Necesidades y satisfacción del cliente	76
7.2.3	Ciclo planear–hacer–verificar–actuar	77
7.2.4	Planear	78
7.2.5	Hacer	79
7.2.6	Verificar	80
7.2.7	Actuar	81
7.2.8	Gestión	81
7.2.9	Liderazgo	82
7.2.10	Procesos de soporte	83
Capítulo 8.	Conclusiones y recomendaciones	84
8.1	Conclusiones	84
8.2	Recomendaciones	85

8.2.1	Recomendaciones a la empresa	85
Capítulo 9.	Referencias	88
Capítulo 10.	Índice de tablas y figuras	91
Capítulo 11.	Apéndices	94
11.1	Desglose de deméritos de la auditoría	94

Capítulo 1. Hoja de datos

1.1 Datos personales

Nombre completo: Lucía Picado Cano.

Número de cédula: 1 1749 0254.

Número de carné: 2017075254

Correo electrónico: picadoluc@estudiantec.cr/picadolucia15@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: Heredia, Santo Domingo, Santo Tomás. Trescientos metros al sur del salón comunal Santo Tomás.

1.2 Datos de la empresa

Actividad principal: manufactura de productos plásticos mediante moldeo por inyección.

1.2.1 Aviso legal de confidencialidad

El proyecto no se clasifica como confidencial bajo la definición de la Escuela de Ingeniería Electromecánica. Sin embargo, en adelante no se hace referencia a su nombre, sino como la *empresa de inyección de plásticos* o simplemente *la empresa*.

1.2.2 Reseña de la empresa

La empresa se dedica al moldeo por inyección de productos plásticos y ofrece una variedad de cajas, tejas y otros bienes plásticos en distintos tamaños y colores para clientes, tanto dentro como fuera del país. Además, posee 12 máquinas inyectoras, cifra que va en aumento, aunque actualmente solo se encuentran en producción entre 9 y 10. Sin embargo,

lo que realmente comercializa es el servicio de inyección de plástico, ya que los moldes que se utilizan en la producción suelen ser propiedad del cliente y no diseñados por la compañía.

Asimismo, el uso de plástico reciclado en la fabricación de los productos se realiza de acuerdo con el requerimiento del cliente; entre los materiales más comunes están HDPE (polietileno de alta densidad) y LLDPE (polietileno de baja densidad lineal). Además, la empresa cuenta con un sistema integrado de gestión conforme a la norma ISO 9001.

- Misión: crear valor y potenciar a los clientes mediante soluciones innovadoras y alianzas estratégicas.
- Visión: ser rentable y productiva, destacándose en el mercado global con productos y servicios innovadores y sostenibles.

1.2.3 Proceso productivo

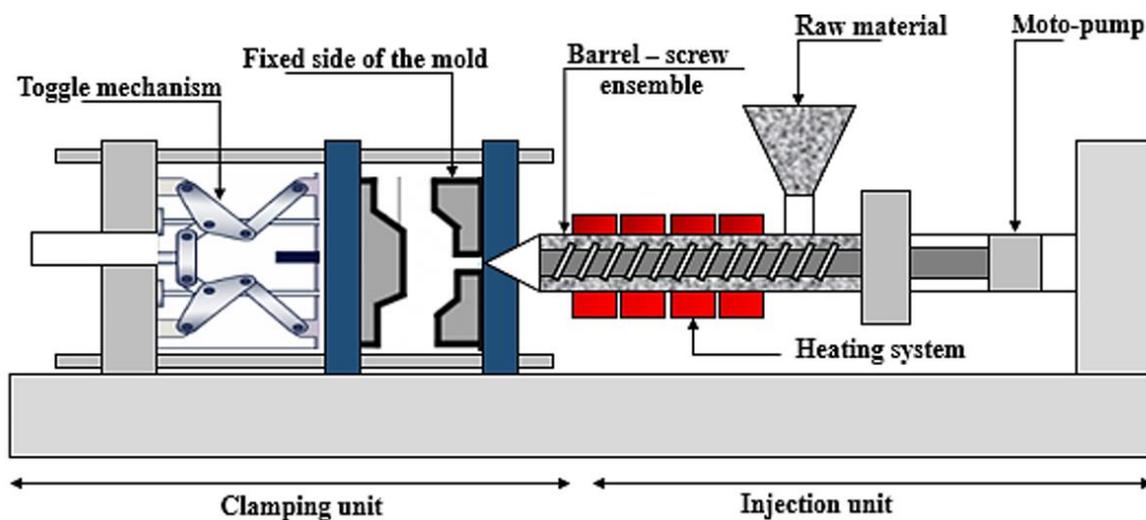
La inyección de plástico es un proceso bastante estandarizado, debido a que la mayor parte del trabajo lo realiza la máquina, aunque se necesitan varios equipos auxiliares. De acuerdo con Tayalati *et al.* (2024), el moldeo por inyección es una técnica industrial que consiste en la introducción, bajo presiones elevadas, de material plástico en el interior de una cavidad. Estas presiones pueden oscilar, desde diversos cientos hasta miles de bares. Durante el procedimiento, una vez que el material plástico se inyecta en el molde experimenta un proceso de enfriamiento y solidificación dentro de la cavidad.

Como resultado, el plástico adopta la forma interna del molde, lo que permite la fabricación de un producto plástico con características y geometría específicas. Para esto se emplea una máquina de varios componentes: una tolva para alimentar la materia prima plástica; una unidad de calentamiento que consta de un cilindro (cañón), un tornillo y

resistencias de calentamiento para fundir el material; una unidad de inyección responsable de introducir el material fundido en la cavidad del molde y una unidad de cierre que mantiene las mitades del molde firmemente unidas a lo largo de las fases de inyección y enfriamiento. Además, la máquina está equipada con controles para regular la temperatura, la presión y otros parámetros, lo que asegura la producción de piezas de alta calidad.

- Unidad de cierre: es responsable de mantener unidos bajo presión el lado fijo y el lado móvil del molde durante el proceso de inyección y enfriamiento. Consiste en un molde montado en un plato fijo y un plato móvil, que típicamente está conectado a un sistema hidráulico (otro equipo auxiliar). La unidad de cierre desempeña un papel crucial al mantener el molde cerrado a lo largo de la inyección, garantizando la precisión y la calidad de las piezas moldeadas.
- Unidad de inyección: involucra un mecanismo de tornillo que empuja el material fundido a través de un cilindro calentado y lo introduce en el molde a alta presión.

Figura 1. Diagrama del proceso de moldeo por inyección



Fuente Tayalati *et al.* (2024).

Capítulo 2. Descripción del proyecto

2.1 Introducción

El presente trabajo aborda el diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para una empresa de manufactura de moldeo por inyección de polímero termoplástico. Inicialmente, la compañía buscaba modificar su plan de mantenimiento preventivo, sin embargo, no cuenta con el análisis de datos pertinentes sobre el impacto del mantenimiento en sus operaciones, lo que dificulta evaluar la necesidad real de este cambio.

La metodología empleada incluye una auditoría de mantenimiento que describe la situación actual del departamento. Enseguida, se realiza un diagnóstico del nivel de madurez de la gestión. Posteriormente, se utiliza un cuadro de mando integral para alinear los objetivos estratégicos de la empresa con el desempeño del mantenimiento. Por último, se diseña un modelo que se inspira en el ciclo PHVA (planificar–hacer–verificar–actuar) de la norma ISO 9001, aprovechando su enfoque basado en procesos. Además, se considera la norma UNE–EN 17007, que define el mantenimiento como un proceso con subprocesos, para estructurar las actividades de manera integral.

La finalidad de este modelo es proporcionar una base sólida que permita medir y optimizar el desempeño del mantenimiento, lo que da un primer paso para que la empresa se posicione en un mercado global competitivo y pueda mantenerse relevante y rentable a largo plazo. Asimismo, se espera que el modelo facilite la mejora en las condiciones laborales del departamento, al establecer un marco de referencia que brinde la posibilidad de una administración adecuada del recurso humano y potencie las habilidades de cada miembro del equipo.

Si bien la implementación del modelo puede requerir inversiones en capacitación, personal y *software*, las cuales pueden no estar al alcance de la empresa en el corto plazo, la propuesta queda a criterio de la compañía para su puesta en funcionamiento.

2.2 Antecedentes

2.2.1 Antecedentes teóricos

Sobre la gestión del mantenimiento, Parra *et al.* (2022) establecen que debe estar alineada con los objetivos estratégicos de la empresa en los niveles estratégico (de dirección), táctico (de procesos) y operativo. Al transformar las prioridades del negocio en prioridades de mantenimiento, los responsables del Área de Mantenimiento pueden formular estrategias a corto y medio plazo que aborden las debilidades de los equipos, asegurando que sus decisiones apoyen los objetivos globales de la compañía. Esto garantiza que las actividades de mantenimiento no solo sean reactivas, sino que también estén orientadas a cumplir las metas empresariales.

Estudios de Maletič *et al.* (2012) han demostrado que un mantenimiento efectivo y eficiente no solo impacta de manera positiva en la productividad y la calidad del producto, sino que también contribuye a un mayor margen de beneficio de la empresa, lo que refuerza la idea de que el mantenimiento no debe ser visto únicamente como un centro de costos. Estos hallazgos evidencian que la implementación de una política de mantenimiento adecuada puede mejorar el desempeño organizacional en las empresas manufactureras.

Con respecto al mantenimiento y la madurez, muchas organizaciones utilizan modelos de madurez para evaluar sus resultados actuales y desarrollar estrategias que les permitan avanzar al siguiente nivel. Estos modelos se estructuran en torno a una serie de parámetros,

como la competencia, la capacidad y la complejidad y permiten medir el grado de madurez en áreas clave de la organización.

En el contexto de la gestión de activos y mantenimiento se incluyen funciones como el monitoreo del desempeño, la planificación, la creación de estrategias, la operación, los aspectos contables, económicos, las auditorías y la renovación. La madurez en el manejo de activos y mantenimiento garantiza que la empresa cuente con las capacidades adecuadas para satisfacer, tanto las necesidades presentes como futuras de sus partes interesadas, al mismo tiempo que le permite anticiparse y adaptarse a su ámbito operativo, lo que asegura que los activos de la compañía se gestionen de manera eficiente y efectiva (Ibrahim *et al.*, 2021).

2.2.2 Antecedentes experimentales

El artículo de Parra *et al.* (2022) sobre el modelo de gestión del mantenimiento (MGM) diseñado por Ingeman presenta los beneficios técnicos y económicos que se obtienen tras su implantación en una empresa del sector minero. El MGM se integra con los requisitos del estándar de manejo de activos ISO 55001, lo que permite optimizar el desempeño de los activos a lo largo de su ciclo de vida útil.

En el caso de estudio, se reportaron mejoras significativas en indicadores clave: el MTTF (*mean time to failure*) aumentó de 210 a 260 horas, la frecuencia de fallas (FF) se redujo de 44 a 33 fallas por año, el tiempo medio de reparación (MDT) disminuyó de 16 a 12 horas por falla y la disponibilidad operacional mejoró de 92.9 % a 95.5 %. Además, los costos de mantenimiento con respecto a los de producción (CM/CP) bajaron del 26 % al 22 % y los costos de oportunidad por indisponibilidad (CIF) se redujeron de \$5,632,000 USD a \$3,168,000 USD al año, lo que genera ahorros significativos.

En el caso de estudio de Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022), la implementación de un enfoque de mantenimiento preventivo ocasionó mejoras significativas en el rendimiento de una empresa de moldeo por inyección. La eficiencia general del equipo (OEE) aumentó del 57 % al 70 %, logrando un incremento del 13 %. Este resultado se debe en parte a una reducción notable en el tiempo de *set-up* (SUT), que pasó de 4,82 horas a 2,49 horas, mejorando en un 48 % la rapidez en el cambio de moldes. Además, la tasa de productos defectuosos (TDPP) disminuyó del 2.7 % al 1.93 %, reflejando una mejora del 0.77 %.

Estas mejoras se lograron gracias a la integración de estrategias de mantenimiento preventivo, enfocadas en optimizar los tiempos de intervención y en reducir las fallas, lo que permitió mantener una mayor disponibilidad operativa y reducir el impacto de las paradas no planificadas. La estandarización de procesos y la gestión eficiente de los recursos desempeñaron un papel crucial en este aumento de productividad y en disminuir los defectos en la producción.

2.3 Planteamiento del problema

		Dato suministrado	Referencia
Debiera	Llevar un control de las mediciones del rendimiento de la gestión de mantenimiento a través de indicadores como MTTF (tiempo medio para la falla), FF (frecuencia de fallas), MDT (tiempo medio de paro), A (disponibilidad operacional), TDT (tiempo total de paro), CM/CP (porcentaje de costo de mantenimiento por costo de producción) y CIF (costo de oportunidad por indisponibilidad por fallas).	Algunos ejemplos: 260 horas para fallar (MTTF). 33 fallas por año (FF). -\$3,000/año por indisponibilidad (CIF). etc.	Parra <i>et al.</i> (2022)
Desviación (problema)	La empresa no conoce el impacto que la gestión de mantenimiento puede tener en el rendimiento de producción y en la rentabilidad del negocio. Tampoco sigue indicadores de mantenimiento que demuestren la efectividad del mantenimiento preventivo.		
Realidad	Aunque mide disponibilidad, no se trata de <i>disponibilidad operacional</i> . Además de eso mide solamente Costo por hora de mantenimiento y porcentaje de cumplimiento de órdenes de mantenimiento preventivo (como si el mantenimiento preventivo fuera una mera obligación).	MTTF, FF, MDT, etc. Desconocidos.	Registros de la empresa de inyección de plásticos

Se recalca la necesidad de medir otros indicadores del impacto de la gestión de mantenimiento, como:

MTBM = Mean Time Between Maintenance (tiempo medio entre mantenimientos)

\bar{M} = Mean Time Active Maintenance (es el tiempo medio de mantenimiento activo que se requiere para realizar una tarea de mantenimiento) (Mora Gutiérrez, 2009).

Para medir la disponibilidad operacional.

Ecuación 1. Ecuación de la disponibilidad operacional

$$\text{Disponibilidad Operacional} = A_O = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

Fuente: Mora Gutiérrez (2009).

2.4 Objetivos

2.4.1 *Objetivo general*

Diseñar una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para el cumplimiento de las metas y objetivos de negocio de una empresa de inyección de plástico.

2.4.2 *Objetivos específicos*

- 1- Describir las características del modelo de gestión actual mediante la auditoría Covenin 2500-93 que evidencie las oportunidades de mejora y crecimiento en el nivel de madurez de la gestión. Indicador de logro: diagnóstico de la situación actual de mantenimiento.
- 2- Determinar, mediante el uso de herramientas de gestión, las oportunidades de mejora de mayor impacto en los indicadores de gestión. Indicador de logro: lista de posibilidades de mejora.
- 3- Definir un cuadro de mando integral para el Departamento de Mantenimiento que traduzca los objetivos de la empresa en objetivos de mantenimiento y que permita llevar un control de las variables relevantes para el departamento. Indicador de logro: propuesta de cuadro de mando integral.
- 4- Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento inspirado en las normas ISO 9001 y UNE-EN 17007, que la empresa de inyección de plásticos requiere para el cumplimiento de sus metas y objetivos estratégicos. Indicador de logro: propuesta de modelo de gestión.

2.5 Justificación

En la actualidad, la empresa no conoce el impacto de la gestión de mantenimiento en su rentabilidad y no cuenta con un cuadro de mando integral que conecte los objetivos empresariales con los de mantenimiento ni mide indicadores clave. Estos indicadores son cruciales, ya que, según la Asociación Española de Normalización (2018), ayudan a evaluar la eficacia de los procesos, el logro de objetivos y el seguimiento de las acciones tomadas para asegurar el progreso y el cumplimiento de plazos.

La gestión de mantenimiento debe estar completamente alineada con los objetivos estratégicos de la empresa, garantizando que las estrategias de mantenimiento apoyen de forma directa el logro de dichas metas y contribuyan al éxito general del negocio.

Según la norma UNE-EN 16646 (Asociación Española de Normalización, 2015), la gestión de los activos físicos, incluido el mantenimiento, proporciona numerosos beneficios, como una utilización más eficiente del capital (*rotación del capital*), una mayor rentabilidad de los activos y una planificación más eficaz del mantenimiento. Estos factores permiten una gestión más sostenible de los recursos, por lo que mejoran la rentabilidad y la operatividad del negocio. Por esto, el manejo del mantenimiento está estrechamente vinculado a la economía del negocio.

Debido a lo anterior, el proyecto debe llevarse a cabo, porque si la empresa no conoce el impacto de la gestión de mantenimiento, no puede determinar si esta se alinea con los objetivos de negocio, lo que impide identificar si se generan pérdidas económicas.

2.6 Alcance

Este proyecto tiene un alcance exploratorio, ya que busca comprender el impacto que la gestión de mantenimiento ejerce sobre la rentabilidad del negocio. Para esto se incluye la aplicación de la auditoría al Departamento de Mantenimiento de equipos de planta y el análisis de los resultados correspondientes. Naturalmente, se contempla el diseño del modelo de gestión alineado con los objetivos del negocio, culminando con el diseño de la documentación necesaria.

Sin embargo, no se incluye el análisis de la gestión del mantenimiento de infraestructura, puesto que este es un departamento diferente. Además, se descarta la implementación de dicho modelo en la empresa; las decisiones sobre la puesta en marcha y el consumo de recursos asociados quedan a criterio de la compañía.

2.7 Viabilidad

La viabilidad del proyecto es favorable debido a varios factores. En primer lugar, la estudiante puede asistir de lunes a viernes de 7:00 a. m. a 6:00 p. m. y los sábados de 9:00 a. m. a 12:00 p. m., lo que le brinda un amplio rango de tiempo para realizar sus mediciones y observaciones en el sitio de trabajo. Además, se dispone de un espacio designado y una computadora con acceso a Internet, así como acceso a la información de la empresa y del Departamento de Mantenimiento, lo que facilita el desarrollo de las actividades del proyecto.

Otro factor favorable es el apoyo del personal, ya que hay profesionales con conocimientos eléctricos y electromecánicos dispuestos a brindar su ayuda y orientación a la estudiante durante el proceso investigativo. Asimismo, existe la viabilidad de interactuar

directamente con los técnicos del Departamento de Mantenimiento, lo que permite obtener información valiosa y conocer sus perspectivas de primera mano.

2.8 Administración del riesgo

Si no se cuenta con las condiciones favorables mencionadas en la sección de viabilidad, se pueden considerar las siguientes alternativas:

Si los horarios estipulados de lunes a viernes de 7:00 a. m. a 5:00 p. m. y sábados de 9:00 a. m. a 12:00 p. m. no fueran factibles, se puede explorar la posibilidad de acordar un horario alternativo que se adapte, tanto a las necesidades del proyecto como a la disponibilidad de la persona estudiante y del personal involucrado. En caso de no contar con un espacio designado de manera permanente, se puede gestionar la asignación de un área de trabajo temporal donde la estudiante pueda llevar a cabo sus actividades de investigación durante el tiempo que dure el proyecto.

Si no se dispone de una computadora con acceso a Internet proporcionada por la empresa, la estudiante puede utilizar sus propios recursos informáticos para el procesamiento y análisis de datos. Por último, si no fuera posible interactuar directamente con los técnicos en su ambiente laboral, se puede considerar la opción de programar entrevistas individuales con ellos en un área adecuada para obtener su perspectiva y experiencia.

2.9 Metodología

Objetivo específico planteado	Actividad por realizar	Fuente de información	Análisis de datos con criterios estadísticos	Resultados esperados (indicador de logro)
1-Describir las características del modelo de gestión	Ejecución de auditoría y presentación de	Visitas a la planta.	Usando <i>software</i> estadístico MS Excel.	Diagnóstico de la situación

actual mediante la auditoría Covenin 2500-93 que evidencie las oportunidades de mejora y crecimiento en el nivel de madurez de la gestión.	resultados según directrices de la norma Covenin 2500-93.	Entrevistas al personal operativo, técnico y Jefaturas; revisión de la documentación. Norma Covenin 2500-93.	Análisis según Covenin 2500-93.	actual de mantenimiento.
2-Determinar mediante el uso de herramientas de gestión las oportunidades de mejora de mayor impacto en los indicadores de gestión.	Determinación de nivel de madurez del departamento; brecha y reducción de cantidad de oportunidades de mejora.	Objetivos, metas, plan estratégico, misión y visión de la empresa.	Usando <i>software</i> estadístico MS Excel. Herramientas de gestión. Escalas de madurez de mantenimiento.	Lista de oportunidades de mejora.
3-Definir un cuadro de mando integral para el Departamento de Mantenimiento que traduzca los objetivos de la empresa en objetivos de mantenimiento y permita llevar un control de las variables relevantes para el departamento.	Convertir objetivos de la empresa en objetivos de mantenimiento según las perspectivas financieras, cliente, procesos internos y aprendizaje y desarrollo.	Objetivos, metas, plan estratégico, misión y visión de la empresa.	Uso de herramientas de diagramación: miro, Lucidchart, MS PowerPoint, etc.	Propuesta de cuadro de mando integral.
4- Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento inspirado en las normas ISO 9001 y UNE-EN 17007, que la empresa de inyección de plásticos requiere para el cumplimiento de	Redefinir proceso de mantenimiento (ISO 9001).	Normas ISO 9000 ISO 9001 EN 17007 UNE-EN 15341 Entre otras.	Uso de herramientas de diagramación: miro, Lucidchart, MS PowerPoint, etc.	Propuesta de modelo de gestión.

Capítulo 3. Marco teórico

Gestión de activos

La gestión de activos según ISO 55000:2015 puede definirse de manera simple como una actividad coordinada de una empresa para obtener valor de sus activos en el logro de sus objetivos organizacionales.

Gestionar los activos balancea la obtención de valor con los costos financieros, ambientales y sociales, el riesgo, la calidad del servicio y el desempeño relacionado con los activos. Además, faculta a una organización para examinar la necesidad de activos y sistemas de activos, así como el desempeño de estos en diferentes niveles. Asimismo, permite la aplicación de enfoques analíticos para administrar un activo a lo largo de las distintas etapas de su ciclo de vida, desde la concepción de la necesidad de un activo hasta su disposición e incluso cualquier obligación potencial después de su disposición.

Asimismo, beneficia a la empresa a través de la mejora del desempeño financiero, la toma de decisiones de inversión con base en información, la gestión del riesgo, las mejoras en los resultados, la responsabilidad social, la demostración de cumplimiento, la mejora de la reputación, de la sostenibilidad organizacional y de la eficiencia y la eficacia.

Los fundamentos en los que se basa la gestión de activos son:

- Valor: los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas.
- Alineación: la gestión de activos traduce los objetivos organizacionales en decisiones, planes y actividades técnicas y financieras.
- Liderazgo: el liderazgo y la cultura de trabajo del lugar son determinantes para obtener valor.
- Aseguramiento: la gestión de activos garantiza que los activos cumplirán con su propósito.

Mantenimiento en la gestión de los activos físicos: necesidad y beneficios.

Según UNE-EN 16646:2015 (Asociación Española de Normalización, 2015), algunas de las razones por las que la gestión de activos físicos y el mantenimiento como parte de dicha gestión ha adquirido gran importancia en las organizaciones en las últimas décadas incluyen:

- La globalización y el aumento de la competencia.
- Mayor exposición a riesgos financieros, de seguridad y ambientales.
- Se han producido cambios drásticos en la estrategia empresarial, priorizando el largo plazo sobre el corto plazo.
- Una evolución en la percepción y el manejo de los activos físicos.
- La discrepancia actual entre la duración de la propiedad y la vida útil de los activos.
- El crecimiento de la relevancia del capital en ciertos sectores industriales.
- Un mercado que se vuelve cada vez más inestable y turbulento.
- La presión por mejorar la rentabilidad y maximizar el retorno sobre los activos es constante.
- El envejecimiento de los sistemas de activos.
- Un enfoque creciente en aumentar el valor agregado del mantenimiento.
- Un entorno de toma de decisiones es cada vez más complejo y está lleno de incertidumbre.
- Existen exigencias más estrictas en términos de seguridad y sostenibilidad ambiental.
- La separación de los procesos de mantenimiento del resto de los ciclos de vida de los activos.

Además de las tendencias mencionadas sobre el comportamiento del mercado y los avances tecnológicos, existen numerosos beneficios asociados con una gestión efectiva de los activos físicos, tales como:

- Mejora en la alineación de las estrategias y las operaciones de mantenimiento.
- Integración de la planificación del mantenimiento con la inversión.
- La influencia del mantenimiento en el desarrollo de la creación de activos, como el diseño y la ingeniería.
- Un enfoque integrado para la función de producción que incluye activos, operaciones y mantenimiento.
- Una mayor relevancia de la función de mantenimiento en las distintas áreas de la empresa.

Gestión moderna de mantenimiento

El enfoque tradicional de mantenimiento, que se centra únicamente en reparaciones y acciones preventivas básicas, ya no es suficiente. En la actualidad, el objetivo principal consiste en optimizar el rendimiento, buscando que la planta o activo funcione al 100 % de su capacidad de diseño. Esto se logra mediante la identificación y eliminación de pérdidas, lo que ocasiona una mayor eficiencia operativa general (Améndola, 2011).

Las empresas deben invertir tiempo y recursos en desarrollar estrategias de gestión de activos con base en enfoques metodológicos y aplicaciones modernas. Estas estrategias deben combinar técnicas y herramientas de confiabilidad humana, operacional, optimización de procesos, planificación mejorada y manejo de riesgos. Este enfoque integral representa las acciones estratégicas y tácticas más importantes que las compañías pueden implementar para que se mejore la gestión de sus activos y su eficiencia operativa (Améndola, 2008).

Proceso de mantenimiento

Según la norma UNE-EN 17007:2018, el mantenimiento es un proceso que se puede descomponer en familias de procesos: primero, los procedimientos de gestión, que incluyen la determinación de los objetivos y la política por seguir para alcanzarlos. Además del despliegue de los medios de la empresa y la asignación de recursos, así como la monitorización del sistema del procedimiento y el uso de los resultados para mejorar el proceso. Segundo, los procesos de realización, que contribuyen directamente al logro del resultado que se espera, en los cuales se agrupan todas las actividades del ciclo de ejecución del servicio.

En ese sentido, el proceso de gestión aplicado al mantenimiento involucra la estrategia de mantenimiento, la mejora del servicio, la gestión del recurso humano de mantenimiento y

la mejora continua, entre otros. Los procesos de realización comprenden la prevención de sucesos no deseados por fallos y averías, la restitución de los elementos al estado requerido, la intervención en los elementos mediante acciones preventivas o correctivas y su mejora.

Finalmente, los procedimientos de soporte incluyen asegurar la salud y la seguridad ocupacional, así como preservar el ambiente, elaborar el presupuesto de los elementos, entregar la documentación operativa, gestionar los datos, proporcionar la infraestructura necesaria para el mantenimiento, emitir requisitos de mantenimiento en el diseño de los elementos, optimizar los resultados, proporcionar recursos humanos internos, proveer servicios externos, suministrar repuestos y ofrecer herramientas, equipos de soporte y sistemas de información.

Modelos de gestión de mantenimiento

Un modelo de gestión de mantenimiento, según la norma EN 13306:2011, incluye todas las actividades necesarias para establecer los objetivos y prioridades del mantenimiento, definir las estrategias para alcanzarlos y asignar responsabilidades en la gestión. Este modelo se implementa a diario mediante la planificación, programación y control de las tareas de mantenimiento, siempre considerando los aspectos económicos.

Para lograr una gestión eficaz y eficiente es crucial entender dos elementos clave: el proceso de manejo de mantenimiento, que sigue una serie de pasos definidos y el marco general de referencia (modelo), que consiste en herramientas y sistemas que forman la estructura básica para una gestión avanzada. Esto asegura que el mantenimiento no solo cumpla con los objetivos operativos, sino que también se ajuste a las metas estratégicas de la empresa (Parra Márquez y Crespo Márquez, 2015).

Indicadores

Un indicador, según UNE-EN 17007:2018 (Asociación Española de Normalización, 2018) es una característica o conjunto de características de un fenómeno medido, de acuerdo con una fórmula dada que evalúa la evolución y que, además, se relaciona con los objetivos, en este caso, de mantenimiento.

Según UNE 66175:2003 (Asociación Española de Normalización, 2003), los indicadores se pueden definir como datos o conjuntos de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. Su objetivo es proporcionar información sobre los parámetros que se relacionan con las actividades o los procesos implantados. Las características que definen a los indicadores de un sistema de gestión son las siguientes:

- a) Simbolizan una actividad importante o crítica.
- b) Tienen una relación lo más directa posible con el concepto valorado, con el objeto de ser fieles y representativos del criterio por medir.
- c) Los resultados de los indicadores son cuantificables y sus valores se expresan usualmente a través de un dato numérico o de un valor de clasificación.
- d) El beneficio que se obtiene del uso de los indicadores supera la inversión necesaria para capturar y tratar los datos requeridos para su desarrollo.
- e) Son comparables en el tiempo y, por lo tanto, pueden representar la evolución del concepto valorado.
- f) Ser fiables, es decir, proporcionan confianza a los usuarios sobre la validez de las sucesivas medidas.
- g) Ser fáciles de establecer, mantener y utilizar.
- h) Ser compatibles con los otros indicadores del sistema implantados y, por lo tanto, permitir la comparación y el análisis.

Para permitir el análisis de una situación y la toma de las acciones correctivas o preventivas necesarias, la dirección debe conocer la información en tiempo real. La evolución a través del tiempo y las desviaciones con respecto a los objetivos son los aspectos que más interesan a la dirección y a los responsables de las áreas afectadas. Por esto, los cuadros de

mando tienen como objetivo reagrupar y sintetizar los indicadores para presentarlos, de manera que puedan utilizarlos la dirección de la entidad y los responsables.

Los indicadores y los cuadros de mando son, por lo tanto, herramientas indispensables para dirigir una organización, un equipo o un proceso y alcanzar los objetivos previstos. Además, pueden utilizarse para gestionar un sistema de gestión de la calidad (Asociación Española de Normalización, 2003).

Cuadro de mando

La UNE 66175:2003 (Asociación Española de Normalización, 2003), lo define como una herramienta de gestión que facilita la toma de decisiones y recoge un conjunto coherente de indicadores que proporcionan a la alta dirección y a las funciones responsables una visión comprensible del negocio o de su área de responsabilidad. La información aportada por el cuadro de mando permite enfocar y alinear a los equipos directivos, las unidades de negocio, los recursos y los procesos con las estrategias de la organización.

Auditoría

Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva. Lo anterior tiene el fin de que se determine el grado en que se cumplen los criterios de auditoría (Organización Internacional de Normalización, 2018). En un modelo de gestión de mantenimiento, la auditoría es crucial porque, según Parra Márquez y Crespo Márquez (2015):

La efectividad de la gestión del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento al sistema de producción. Este procedimiento de evaluación se denomina con el término de auditoría (s. p.).

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo: este tipo de mantenimiento presenta definiciones distintas según la fuente. De acuerdo con la norma Covenin 3049-93 (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993), el mantenimiento correctivo:

Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambio de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, y especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas (s. p.).

Sin embargo, para la norma UNE-EN 13306 (Asociación Española de Normalización, 2018), este corresponde al: "Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida" (s. p.). Para efectos de la aplicación de la auditoría Covenin 2500-93, se utiliza la primera definición.

Mantenimiento por avería: de acuerdo con la norma Covenin 3049-93 (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993):

Se define como la atención a un sistema de producción cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento.

La atención de las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo de hacer programada pues implica el aumento de costos y de paradas innecesarias de personal y equipos (s. p.).

Mantenimiento preventivo: según Covenin 3049-93 (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993):

Es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso estadísticos, para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas (s. p.).

De acuerdo con la UNE-EN 13306:2018 (Asociación Española de Normalización, 2018), el mantenimiento se define como: "El mantenimiento que se lleva a cabo para evaluar o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento" (s. p.).

Método de priorización de variables basado en matrices (matriz de influencia y dependencia)

Según Vásquez (2021b):

Con este método se analizan las variables del objeto de estudio como un sistema donde cada elemento guarda una relación de interdependencia. Este método puede considerarse una técnica cuantitativa, ya que hace uso de índices estadísticos o de la elevación en potencial de matrices para poder obtener el valor de influencia o de dependencia de las variables. Por lo que resulta una técnica de gran utilidad para poder establecer cuáles son aquellas variables o principios básicos que por su influencia afectan todo el sistema y poder emprender, a partir de los resultados obtenidos, alguna estrategia para su modificación, pues cualquier acción sobre ellas modificará a las demás (s. p.).

Cuadro de mando integral

De acuerdo con Parra Márquez y Crespo Márquez (2015):

El cuadro de mando integral (Balanced Scorecard – BSC), propuesto por (Kaplan y Norton, 1992) es un modelo que traduce la misión de una unidad de negocio y la estrategia en un conjunto de objetivos y medidas cuantificables en torno a cuatro perspectivas: financiera (el punto de vista del inversor), cliente (los atributos de rendimiento valorados por los clientes), los procesos internos (los procedimientos y medios existentes a corto y largo plazo para alcanzar los objetivos financieros y de clientes), y el aprendizaje y el crecimiento (capacidad para mejorar y crear valor). Ayuda a los gerentes y administradores del negocio a centrarse en un puñado de medidas que son las más críticas para el éxito continuo de la organización (s. p.).

Análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE)

De acuerdo con la norma UNE-EN IEC 60812:2018 (Comisión Electrotécnica Internacional, 2018), un AMFE es un método en el que un ítem (equipo, dispositivo, etc., el sujeto en consideración) o proceso se desglosa en elementos, para los cuales se analizan e identifican sus modos de falla (manera en la que ocurre la falla) y sus efectos de falla (consecuencia de una falla, dentro o fuera de los límites del elemento fallado). Esto tiene como fin identificar cualquier mejora requerida mediante la eliminación de efectos adversos o la reducción de la probabilidad de ocurrencia o severidad de estos.

El propósito de agregar un análisis de criticidad es permitir la priorización de los modos de falla para un posible tratamiento futuro. El objetivo de realizar un AMFE es respaldar decisiones que reduzcan la posibilidad de ocurrencia de fallas y sus efectos, contribuyendo a mejorar los resultados, ya sea directamente o a través de otros análisis. Dichos resultados

mejorados incluyen, entre otros, una mayor confiabilidad, un menor impacto ambiental, una reducción de los costos de adquisición y operación y una mayor reputación de la empresa.

Sistemas de gestión de la calidad

Según la norma UNE-EN ISO 9000:2015 (Organización Internacional de Normalización, 2015), un sistema de gestión de calidad (SGC) engloba un conjunto de operaciones mediante las cuales una empresa establece sus metas y define, tanto los procedimientos como los medios necesarios para alcanzar los resultados que se esperan. Este sistema coordina la interacción entre diferentes procesos y administra los recursos indispensables para crear valor y obtener resultados que beneficien a los grupos de interés relevantes.

A través del SGC, los altos mandos pueden maximizar la eficiencia en el uso de recursos, considerando el impacto de sus elecciones, tanto en el futuro inmediato como a largo plazo. Además, el sistema facilita la identificación de medidas para gestionar, tanto los efectos anticipados como los imprevistos que puedan surgir durante el suministro de bienes y servicios.

La norma UNE-EN ISO 9001 (Organización Internacional de Normalización, 2015), establece los criterios esenciales para implementar un sistema de gestión de calidad en situaciones en las que una organización tiene dos objetivos principales. En primer lugar, busca evidenciar su habilidad para entregar de manera consistente bienes y servicios que no solo cumplan con las expectativas de sus clientes, sino que también se apeguen a las normativas y regulaciones. En segundo lugar, cuando la empresa busca aumentar el nivel de satisfacción de sus clientes mediante la implementación efectiva del sistema.

Es importante destacar que las directrices establecidas en esta norma internacional se caracterizan por su universalidad, ya que están diseñadas para implementarse en cualquier

entidad organizacional, sin distinción de su naturaleza, dimensión o del tipo de productos y servicios que ofrece.

Sistemas de gestión ambiental

En concordancia con la norma UNE-EN ISO 14001:2015 (Organización Internacional de Normalización, 2015), un sistema de gestión ambiental es: “Parte del sistema de gestión usada para gestionar aspectos ambientales, cumplir los requisitos legales y otros requisitos, y abordar los riesgos y oportunidades” (s. p.). Además, un sistema de gestión se define como un conjunto de elementos de una organización que se interrelacionan o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para el logro de estos objetivos. Por último, el aspecto ambiental se entiende como el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el ambiente.

Capítulo 4. Descripción del modelo actual mediante auditoría Covenin 2500-93

4.1 Introducción a la Norma Covenin 2500-93: manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria

Corresponde a un manual para evaluar cuantitativamente la capacidad de gestión de mantenimiento de las empresas manufactureras mediante el análisis de factores como la organización de la empresa, la organización de mantenimiento y su personal, así como la planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993).

Esta norma consta de 12 áreas por evaluar. Dentro de cada una se encuentran entre 3 y 5 principios básicos y dentro de cada principio se sitúan los deméritos, lo que proporciona un total de 211 elementos por valorar. Esta gran cantidad de *preguntas* convierte a la auditoría por Covenin en una herramienta efectiva debido a su minuciosidad y exhaustividad. Las 12 áreas mencionadas y sus correspondientes principios primordiales se presentan en la Tabla

1.

Tabla 1. Áreas y principios básicos que evalúa Covenin 2500-93

Área	Principios básicos
I. Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades 2. Autoridad y autonomía 3. Sistema de información
II. Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades 2. Autoridad y autonomía 3. Sistema de información
III. Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas 2. Políticas para planificación 3. Control y evaluación
IV. Mantenimiento rutinario	1. Planificación 2. Programación e implantación 3. Control y evaluación
V. Mantenimiento programado	1. Planificación 2. Programación e implantación 3. Control y evaluación

Área	Principios básicos
VI. Mantenimiento circunstancial	1. Planificación 2. Programación e implantación 3. Control y evaluación
VII. Mantenimiento correctivo	1. Planificación 2. Programación e implantación 3. Control y evaluación
VIII. Mantenimiento preventivo	1. Determinación de los parámetros 2. Planificación 3. Programación e implantación 4. Control de evaluación
IX. Mantenimiento por avería	1. Atención a las fallas 2. Supervisión y ejecución 3. Información sobre las averías
X. Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades del personal 2. Selección y formación 3. Motivación e incentivos
XI. Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo 2. Apoyo gerencial 3. Apoyo general
XII. Recursos	1. Equipos 2. Herramientas 3. Instrumentos 4. Materiales 5. Repuestos

4.2 Metodología de aplicación de la auditoría

Como contacto inicial, se estableció una breve entrevista con la Gerencia para examinar aspectos que se relacionan con la organización en general. Posteriormente, se debe realizar una investigación exhaustiva y minuciosa sobre la presencia del principio básico que aplica a cada área y si existen deméritos que disminuyan la eficacia del contenido de dicho principio.

Para asegurar el cumplimiento de lo estipulado y debido a que el Departamento de Mantenimiento es relativamente pequeño, fue posible llevar a cabo una entrevista con el personal de mantenimiento para examinar, de manera conjunta, los deméritos de cada principio básico en cada área. Todo esto con el permiso de la Gerencia de Producción, ya que en esta empresa, mantenimiento es una dependencia de producción.

4.3 Hallazgos de la auditoría

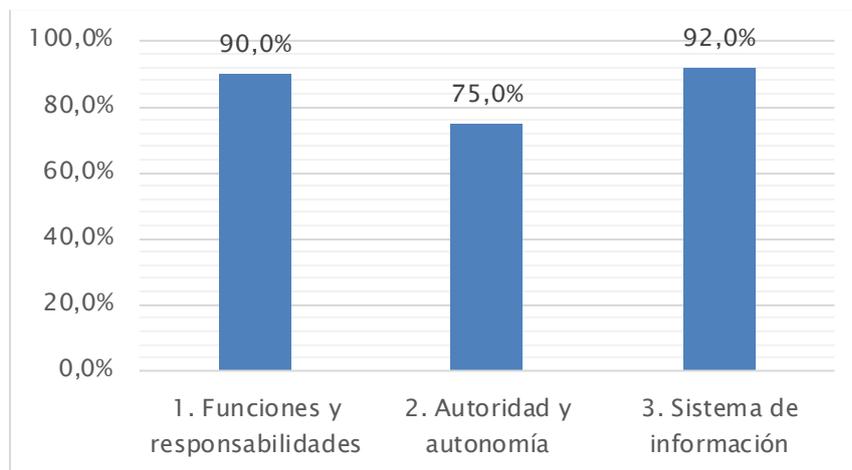
Enseguida, se presenta la información cualitativa (en las tablas) y cuantitativa (en las figuras) que se recopiló de cada área de estudio y sus respectivos principios básicos.

4.3.1 Área I: organización de la empresa

Tabla 2. Hallazgos presentes y ausentes sobre la organización de la empresa

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Funciones y responsabilidades	Organigrama general actualizado. Funciones y asignación de responsabilidades presentadas por escrito.	Máxima claridad de las funciones.
Autoridad y autonomía	Una línea de autoridad definida. Apoyo al cumplimiento de las funciones.	Autonomía de los niveles inferiores.
Sistema de información	Una estructura técnica de recolección, archivo y procesamiento de la información.	Diagrama de flujo de la información

Figura 2. Calificaciones porcentuales de la organización de la empresa



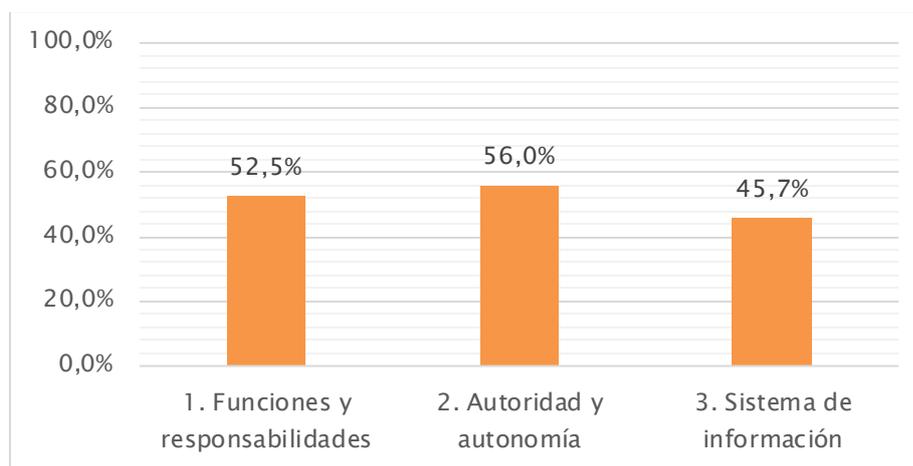
Calificación general de la organización de la empresa: 86.7 %.

4.3.2 Área II: organización de mantenimiento

Tabla 3. Hallazgos presentes y ausentes sobre la organización de mantenimiento

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Funciones y responsabilidades	Una función de mantenimiento definida.	Organigrama del departamento. Funciones por escrito para todos los componentes del departamento.
Autoridad y autonomía	Autonomía para resolver problemas rutinarios.	Conocimiento pleno de las funciones del personal. Independencia del Departamento de Producción.
Sistema de información	Recolección de la información mediante boletas de órdenes de trabajo.	Eficiencia del sistema de información, flujograma de este, procesamiento y análisis de los datos.

Figura 3. Calificaciones porcentuales de la organización de mantenimiento



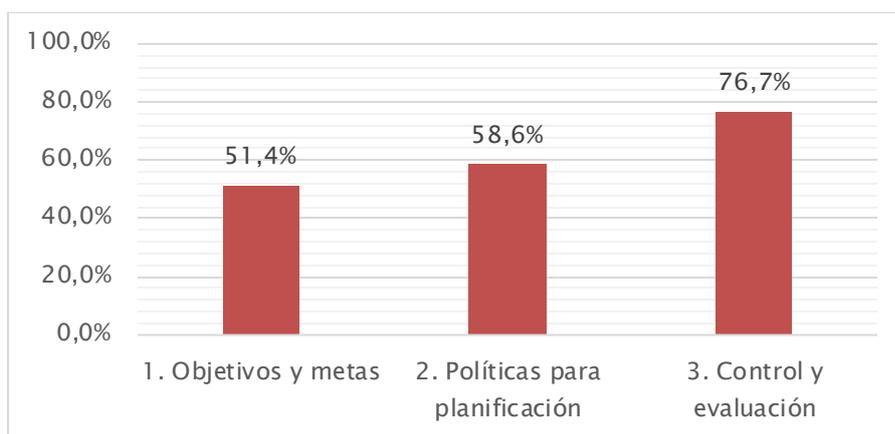
Calificación general de la organización de mantenimiento: 51.0 %.

4.3.3 Área III. Planificación de mantenimiento

Tabla 4. Hallazgos presentes y ausentes sobre la planificación del mantenimiento

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Objetivos y metas	Orden de prioridades para la ejecución de las acciones. Conocimiento empírico de las necesidades de los objetos de mantenimiento.	Conocimiento de los objetivos y metas del departamento. Plan de acción claro y detallado para garantizar la disponibilidad de los sistemas.
Políticas para la planificación	Labores planificadas de mantenimiento	Una política general del mantenimiento que involucre su campo de acción, su justificación, sus medios y sus objetivos.
Control y evaluación	Un registro de la información de los equipos, con señalización y codificación lógica.	Inventario técnico accesible de cada sistema por mantener.

Figura 4. Calificaciones porcentuales de la planificación del mantenimiento



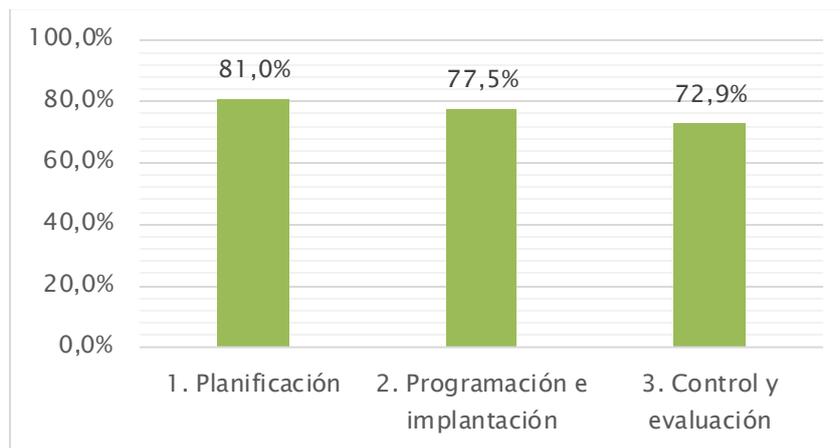
Calificación general de la planificación de mantenimiento: 61.0 %.

4.3.4 Área IV. Mantenimiento rutinario

Tabla 5. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento rutinario

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Planificación	Actividades establecidas diaria y semanalmente, además de procedimientos para ejecutarlas.	Comunicación efectiva de la planificación a los operarios.
Programación e implantación	Actividades ejecutadas en la frecuencia menor o igual a una semana.	Holgura en la programación.
Control y evaluación	Mecanismos que permiten llevar registros de las fallas, tiempos de parada.	Registros de causas de fallas o de materiales y herramientas que se utilizan.

Figura 5. Calificaciones porcentuales del mantenimiento rutinario



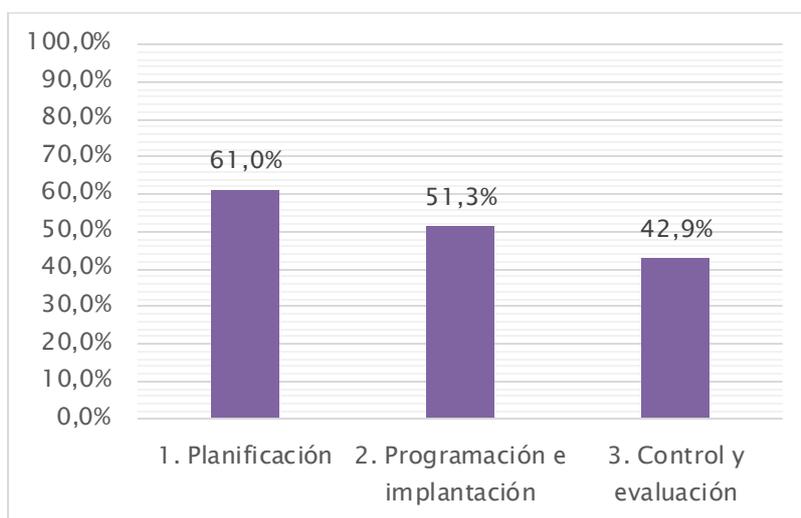
Calificación general del mantenimiento rutinario: 77.6 %.

4.3.5 Área V. Mantenimiento programado

Tabla 6. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento programado

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Planificación	Un procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven de manera organizada.	Estudios para determinar ciclos de revisión o fuerza laboral necesaria.
Programación e implantación	e Instrucciones de revisión de los equipos con una frecuencia.	Elasticidad para llevar a cabo las acciones sin interferir con producción.
Control y evaluación	Fichas de control de acciones de mantenimiento programado.	Evaluación de la eficacia del mantenimiento programado.

Figura 6. Calificaciones porcentuales del mantenimiento programado



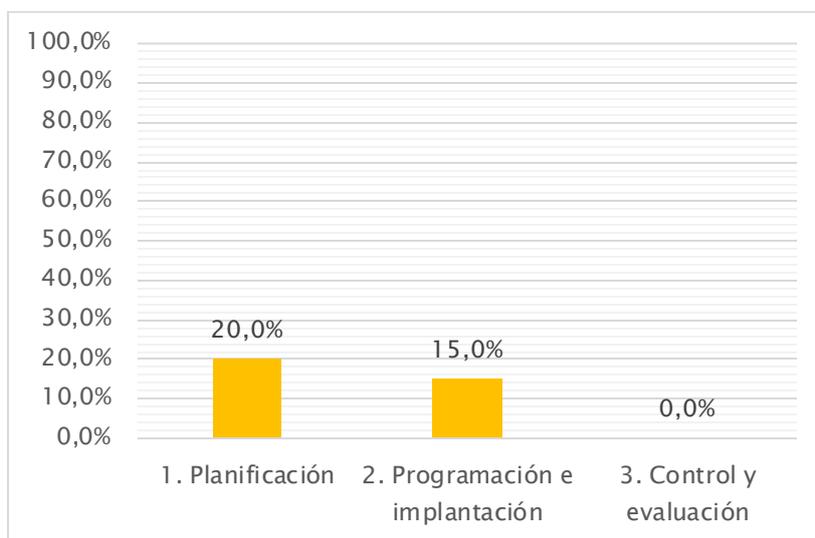
Calificación general del mantenimiento programado: 52.8 %.

4.3.6 Área VI. Mantenimiento circunstancial

Tabla 7. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento circunstancial

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Planificación	Coordinación con producción para realizar labores pertenecientes al mantenimiento circunstancial.	Definición de los objetos que son sujetos a este tipo de mantenimiento.
Programación e implantación	Bases técnicas empíricas para realizar este mantenimiento.	Un mantenimiento circunstancial definido y diferenciado en la programación.
Control y evaluación	Registro de información de acciones que pueden pertenecer a este tipo de mantenimiento.	Medios de control y evaluación específicos para el mantenimiento circunstancial.

Figura 7. Calificaciones porcentuales del mantenimiento circunstancial



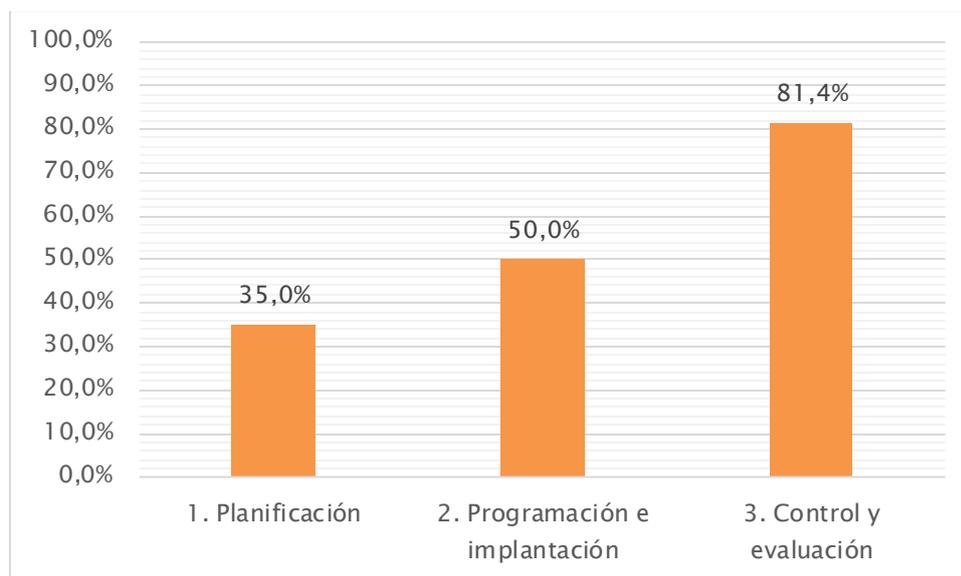
Calificación general del mantenimiento circunstancial: 12.8 %.

4.3.7 Área VII. Mantenimiento correctivo

Tabla 8. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento correctivo

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Planificación	Un registro de información de fallas.	Procedimientos para efectuar el mantenimiento correctivo de manera planificada, separado del mantenimiento preventivo.
Programación e implantación	Recursos y personal para ejecutar el mantenimiento correctivo.	Secuencia programada de actividades que impida paros en la producción.
Control y evaluación	Registros de tiempos de ejecución y utilización de recursos.	Evaluación de la eficacia del mantenimiento correctivo planificado.

Figura 8. Calificaciones porcentuales del mantenimiento correctivo



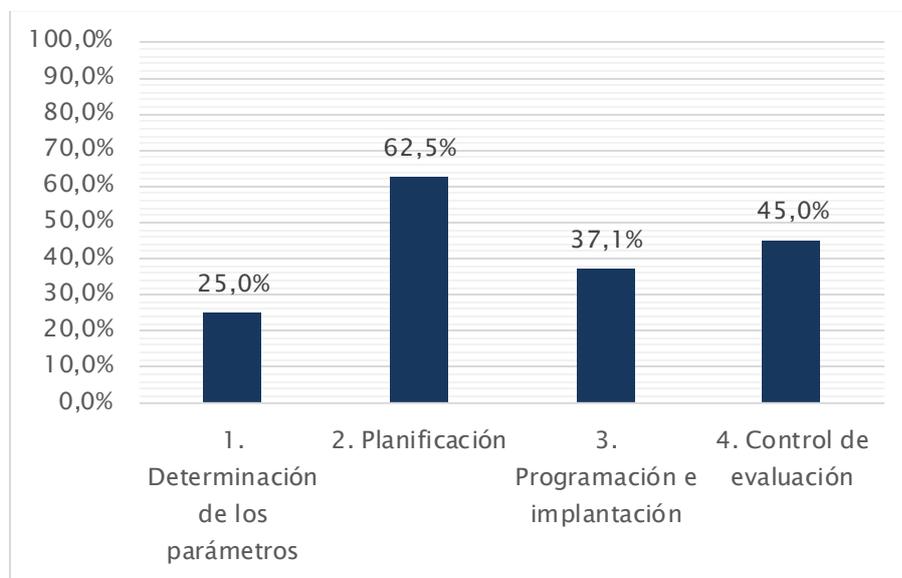
Calificación general del mantenimiento correctivo: 52.8 %.

4.3.8 Área VIII. Mantenimiento preventivo

Tabla 9. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento preventivo

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Determinación de parámetros	Personal capacitado para realizar mediciones de tiempos de parada y tiempos entre fallas.	Estudios de confiabilidad o mantenibilidad. Estadísticas de frecuencias de revisiones.
Planificación	Infraestructura de apoyo para realizar el mantenimiento preventivo.	Estudios para la selección de sistemas sujetos a este tipo de mantenimiento.
Programación e implantación	Apoyo de la empresa para implementar un programa de mantenimiento preventivo.	Programación racional de las actividades de mantenimiento
Control y evaluación	Seguimiento de las instrucciones de mantenimiento preventivo, desde su generación hasta su ejecución.	Una evaluación de las condiciones reales de funcionamiento y necesidades de mantenimiento preventivo.

Figura 9. Calificaciones porcentuales del mantenimiento preventivo



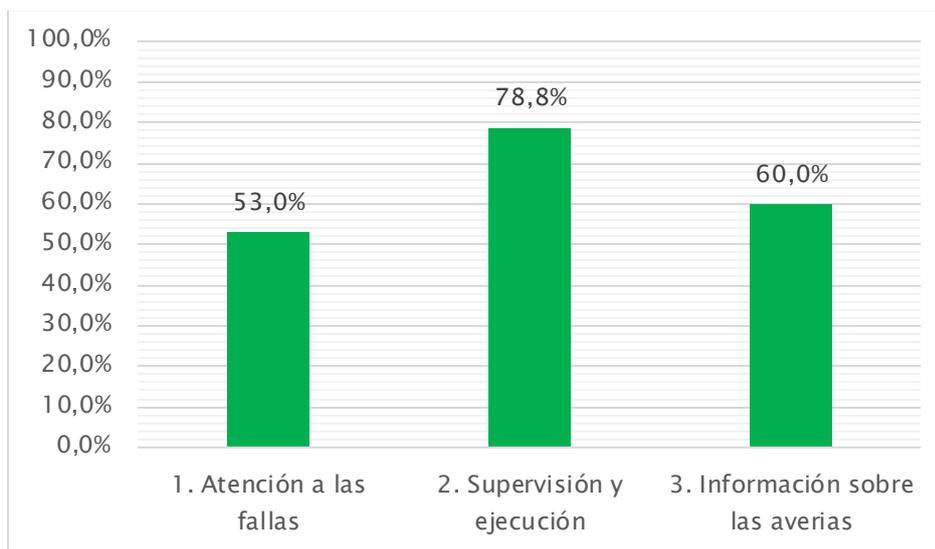
Calificación general del mantenimiento preventivo: 39.2 %.

4.3.9 Área IX. Mantenimiento por avería

Tabla 10. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento por avería

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Atención a las fallas	Atención inmediata a la falla y orden de prioridades de atención.	Registros de fallas destinados a un análisis posterior.
Supervisión y ejecución	Supervisión de las actividades por parte de personal capacitado.	Personal capacitado para atender todo tipo de falla.
Información sobre averías	Procedimientos para recopilación de datos de fallas.	Personal capacitado para análisis de los datos de fallas.

Figura 10. Calificaciones porcentuales del mantenimiento por avería



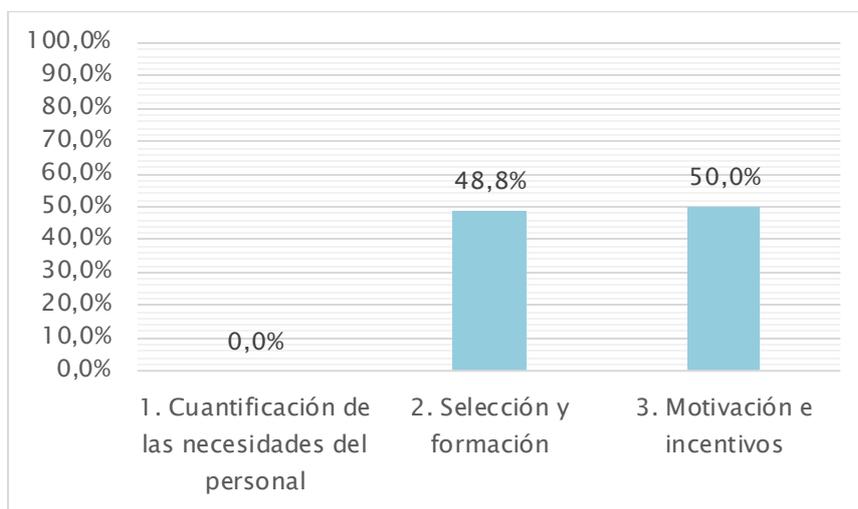
Calificación general del mantenimiento por avería: 63.2 %.

4.3.10 Área X. Personal de mantenimiento

Tabla 11. Hallazgos presentes y ausentes sobre el personal de mantenimiento

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Cuantificación de las necesidades del personal	Personal de mantenimiento	Determinación del número de personas necesarias de mantenimiento para cumplir con los objetivos.
Selección y formación	Selección realizada de acuerdo con las habilidades, educación y experiencia.	Periodos de adaptación o programas de formación del personal.
Motivación e incentivos	Reconocimiento de la importancia del mantenimiento.	Mecanismos de incentivos para mantener el interés y el nivel de responsabilidad.

Figura 11. Calificaciones porcentuales del personal de mantenimiento



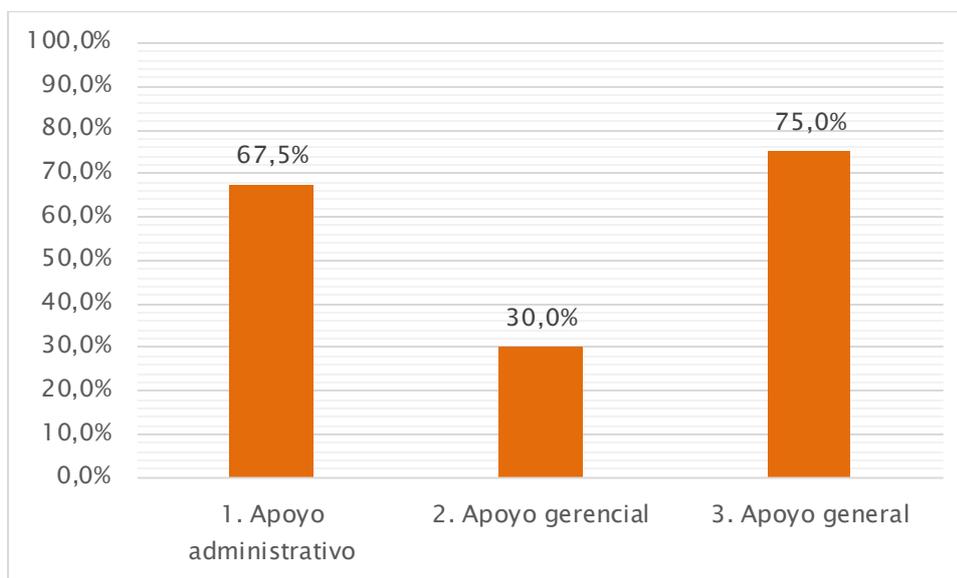
Calificación general del personal de mantenimiento: 32.0 %.

4.3.11 Área XI. Apoyo logístico

Tabla 12. Hallazgos presentes y ausentes sobre el apoyo logístico

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Apoyo administrativo	Un presupuesto para mantenimiento fácil de manejar sin muchos trámites de por medio.	Suficientes recursos para el Departamento de Mantenimiento.
Apoyo gerencial	Reconocimiento de la importancia del mantenimiento y confianza en las decisiones que se toman.	El nivel jerárquico adecuado para el Departamento de Mantenimiento
Apoyo general	Recepción de sugerencias de otros departamentos.	Apoyo total para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.

Figura 12. Calificaciones porcentuales del apoyo logístico



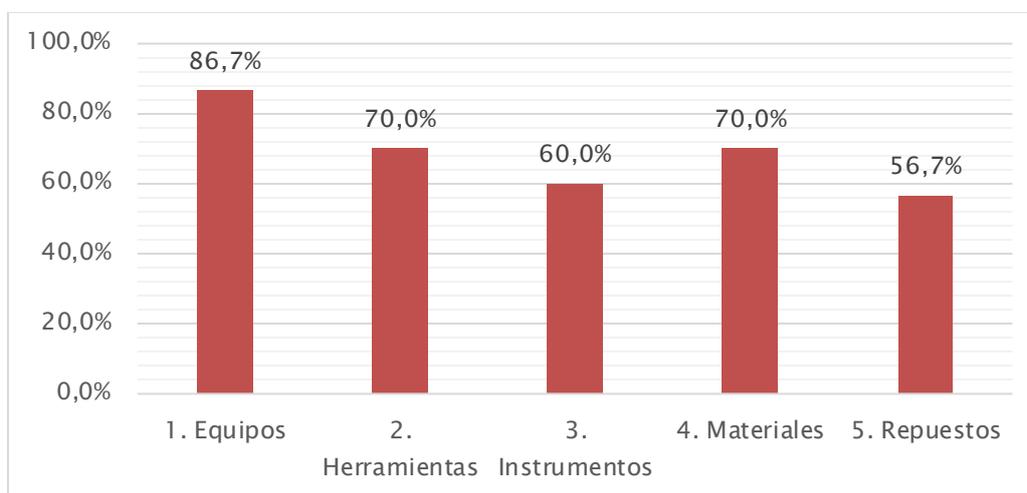
Calificación general del apoyo logístico: 54.0 %.

4.3.12 Área XII. Recursos

Tabla 13. Hallazgos presentes y ausentes sobre los recursos de mantenimiento

Principio básico	Hay presencia de	No hay presencia de
Equipos	Equipos para realizar las acciones de mantenimiento.	Información sobre opciones de adquisición de equipos.
Herramientas	Herramientas para realizar las acciones de mantenimiento.	Controles de uso y estado de las herramientas.
Instrumentos	Instrumentos para realizar las acciones de mantenimiento.	Controles de uso y estado de los instrumentos.
Materiales	Determinación de <i>stock</i> y almacenamiento de materiales.	Determinación del costo por falta de material.
Repuestos	Almacenamiento e información de proveedores de repuestos.	Determinación del <i>stock</i> necesario y el costo por falta de repuestos.

Figura 13. Calificaciones porcentuales de los recursos de mantenimiento



Calificación general de los recursos de mantenimiento: 68.7 %.

4.4 Informe de la auditoría según el estándar Covenin 2500-93

4.4.1 Resumen

El Departamento de Mantenimiento de la empresa de inyección de plásticos obtuvo una calificación general del 54.4 %. En la organización de la compañía se presentaron valores relativamente altos. El tema de autonomía y autoridad fue el más bajo, ya que se descubrió que los niveles inferiores no poseen autonomía según la definición de la norma Covenin. El total del área es del 86.7 %, esta es la calificación más alta de las 12 áreas evaluadas.

La organización del mantenimiento, sin embargo, se encuentra marginalmente por debajo. Un aspecto por considerar es que el Departamento de Mantenimiento es una dependencia de producción. Asimismo, parte del personal debe atender funciones de producción, además de las propias de mantenimiento, lo que reduce el tiempo dedicado a las funciones de mantenimiento de los equipos. Aun así, tienen un nivel de autonomía más alto, pues pueden resolver problemas rutinarios sin consultar al nivel superior. Su calificación es de 51.0 %.

Con respecto a la planificación del mantenimiento, se obtiene una calificación buena para el control y la evaluación, ya que la empresa cuenta con formatos detallados para gestionar las órdenes de trabajo. No obstante, los demás principios del área presentan calificaciones levemente más bajas. El total para esta área es del 61.0 %.

Con respecto a los tipos de mantenimiento: rutinario, programado, circunstancial y preventivo, se observan calificaciones diversas, sin embargo, coinciden en que la planificación es el aspecto mejor valorado. La programación y la implementación ocupan el segundo lugar, mientras que el control y la evaluación constituyen el principio de menor calificación, excepto

en el caso del mantenimiento preventivo, cuyo rubro de menor calificación es la determinación de parámetros.

La diferencia entre estos tipos de mantenimiento se refleja en las puntuaciones obtenidas: el mantenimiento rutinario se destaca con un 77.6 %; le sigue el mantenimiento programado con un 52.8 %; luego está el mantenimiento preventivo, que recibió un 39.2 % y, por último, el mantenimiento circunstancial, con un 12.8 %. Es importante señalar que, aunque existen actividades que pueden clasificarse como mantenimiento circunstancial, no están definidas como tales dentro de la planificación del mantenimiento.

Con el mantenimiento correctivo, que obtuvo un 52.8 % en la evaluación general, se observa que el control y la evaluación tienen el puntaje más alto, mientras que la planificación presentó la menor calificación. Por otro lado, el mantenimiento por avería alcanzó un 63.2 %, destacándose la supervisión y la ejecución como los aspectos mejor valorados y la atención a la falla como el menos calificado.

Es relevante mencionar que el mantenimiento por avería se lleva a cabo con cierta eficacia. No obstante, aunque se realizan acciones de mantenimiento correctivo, estas no se efectúan con una planificación previa ni con registros de las causas, lo que impide que se consideren parte del mantenimiento correctivo.

El personal de mantenimiento recibió una calificación del 32.0 %, destacando que la cuantificación de las necesidades de personal fue la menos valorada. En contraste, la motivación e incentivos obtuvieron una calificación significativamente mayor, puesto que, aunque no se realizan estudios para determinar la fuerza laboral, sí se reconoce la importancia del mantenimiento para la empresa.

En cuanto al apoyo logístico, se registró un 54.0 %, siendo el apoyo general el mejor calificado y el apoyo gerencial el menos valorado, debido a que, como se mencionó, el mantenimiento no forma parte de las labores de gestión de la empresa.

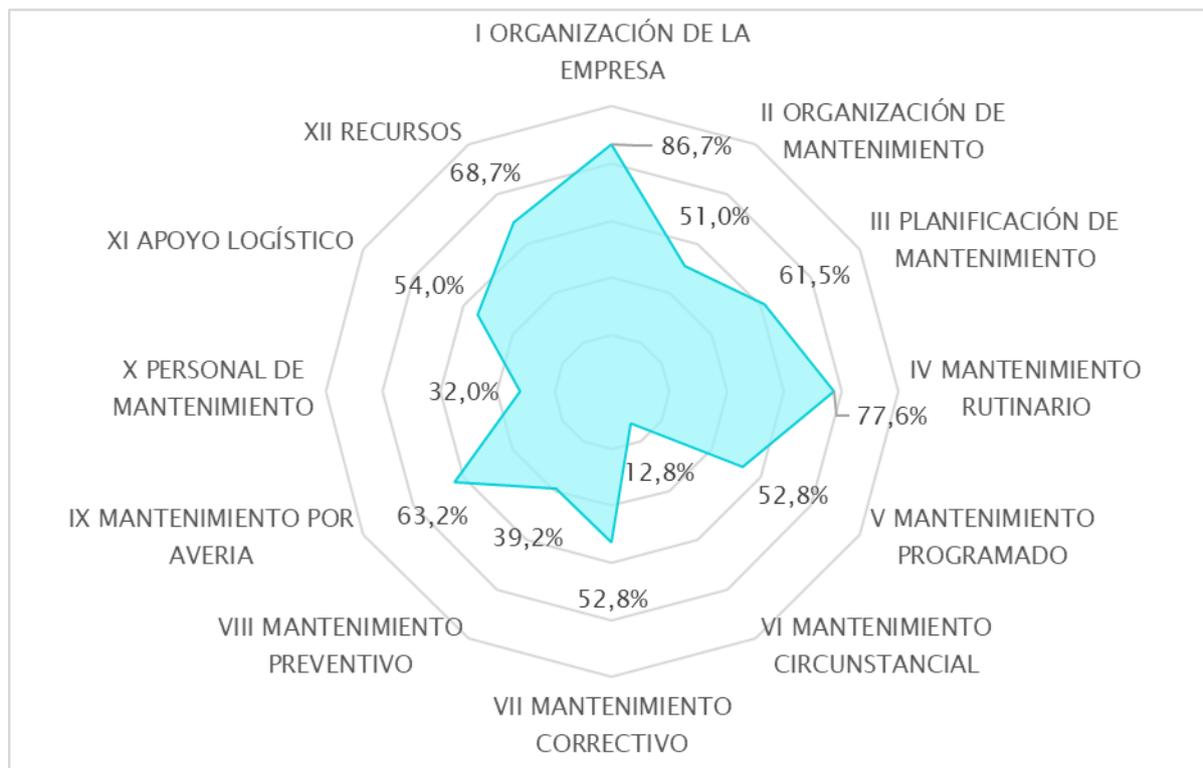
Respecto a los recursos, la calificación fue relativamente buena, alcanzando un 68.7 %. Sin embargo, el tema de los repuestos obtuvo la calificación más baja, ya que el personal suele apresurarse a conseguirlos cuando ocurre una avería. Por otro lado, los equipos recibieron la mejor calificación, pues gracias a la experiencia, se determinó su necesidad y se han adquirido para el departamento.

A continuación, en la Figura 13 se presentan las calificaciones gráficas para las áreas y principios básicos según Covenin 2500-93. Además, en la Figura 14 se exhibe el gráfico radar como un resumen visual de la información recabada.

Figura 14. Puntuaciones gráficas de las áreas evaluadas

Área	Principio Básico	Puntuación Gráfica
I ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	1. Funciones y responsabilidades	90,0%
	2. Autoridad y autonomía	75,0%
	3. Sistema de información	92,0%
	Total obtenido	86,7%
II ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. Funciones y responsabilidades	52,5%
	2. Autoridad y autonomía	56,0%
	3. Sistema de información	45,7%
	Total obtenido	51,0%
III PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. Objetivos y metas	51,4%
	2. Políticas para planificación	58,6%
	3. Control y evaluación	76,7%
	Total obtenido	61,5%
IV MANTENIMIENTO RUTINARIO	1. Planificación	81,0%
	2. Programación e implantación	77,5%
	3. Control y evaluación	72,9%
	Total obtenido	77,6%
V MANTENIMIENTO PROGRAMADO	1. Planificación	61,0%
	2. Programación e implantación	51,3%
	3. Control y evaluación	42,9%
	Total obtenido	52,8%
VI MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	1. Planificación	20,0%
	2. Programación e implantación	15,0%
	3. Control y evaluación	0,0%
	Total obtenido	12,8%
VII MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1. Planificación	35,0%
	2. Programación e implantación	50,0%
	3. Control y evaluación	81,4%
	Total obtenido	52,8%
VIII MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1. Determinación de los parámetros	25,0%
	2. Planificación	62,5%
	3. Programación e implantación	37,1%
	4. Control de evaluación	45,0%
Total obtenido	39,2%	
IX MANTENIMIENTO POR AVERIA	1. Atención a las fallas	53,0%
	2. Supervisión y ejecución	78,8%
	3. Información sobre las averías	60,0%
	Total obtenido	63,2%
X PERSONAL DE MANTENIMIENTO	1. Cuantificación de las necesidades del personal	0,0%
	2. Selección y formación	48,8%
	3. Motivación e incentivos	50,0%
	Total obtenido	32,0%
XI APOYO LOGÍSTICO	1. Apoyo administrativo	67,5%
	2. Apoyo gerencial	30,0%
	3. Apoyo general	75,0%
	Total obtenido	54,0%
XII RECURSOS	1. Equipos	86,7%
	2. Herramientas	70,0%
	3. Instrumentos	60,0%
	4. Materiales	70,0%
	5. Repuestos	56,7%
	Total obtenido	68,7%

Figura 15. Gráfico radar resumen de los resultados de la auditoría



4.4.2 Observaciones y recomendaciones

Debido a que la organización de la empresa tiene una buena calificación, lo primero que se recomienda es realizar esfuerzos para reproducir esta gestión en el Departamento de Mantenimiento, lo cual puede incluir separarlo del de Producción y establecerlo como su propia unidad autónoma. Seguidamente, ya que el mantenimiento circunstancial posee la menor calificación, se sugiere definir un programa de mantenimiento circunstancial como tal, junto con los demás tipos de mantenimiento.

Además, se recomienda ajustar la definición que tiene la compañía del mantenimiento correctivo, ya que a menudo se confunde con el mantenimiento por avería. Cabe resaltar la atención al personal de mantenimiento, en virtud de que muchos rubros obtuvieron calificaciones bajas debido a la falta de personal dedicado exclusivamente a esta labor.

Además, es importante la recopilación de datos sobre los diferentes tipos de mantenimiento para analizar y comparar las estadísticas. Esto es especialmente relevante al observar que el control y la evaluación son el rubro de menor calificación entre los tipos de mantenimiento; la excepción es el mantenimiento preventivo, cuyo principio básico por mejorar es la determinación de parámetros.

4.4.3 Deméritos por área

Debido a que en total se trata de 211 *preguntas* que se investigan en la norma, el desglose de los deméritos se presenta en los anexos. Enseguida, en la Tabla 14 se muestra la ficha de evaluación según Covenin 2500-93. Esta ficha, por norma, debe llevar el nombre del evaluador, el número de inspección y la fecha. Además, debe incluir el nombre de la empresa, sin embargo, este no se incluye por cumplimiento de la confidencialidad de la compañía.

El encabezado se conforma por el área por evaluar; la Tabla 1 puede consultarse para obtener detalles sobre las áreas evaluadas. A continuación, se presentan los principios básicos que se evaluaron y, posteriormente, se identifican los deméritos en la empresa. Los deméritos pueden abarcar de dos hasta diez cuestiones individuales evaluadas.

Luego de esto, se incluye la sumatoria de los deméritos para cada principio básico dentro de cada área. Con los valores sumados, se calcula la diferencia entre el puntaje máximo de cada principio básico y la suma de los deméritos para conseguir la puntuación total de cada principio básico. En la columna siguiente, esa puntuación total se transforma en porcentajes. Por norma, (Covenin 2500-93) también debe existir una representación gráfica de la puntuación, la cual se presenta en la Figura 13.

4.4.4 Ficha de evaluación

En la Tabla 14 se presenta la ficha de evaluación según Covenin 2500-93. Esta ficha, de acuerdo con la norma, debe llevar el nombre del evaluador, el número de inspección y la fecha. Además, debe incluir el nombre de la empresa, sin embargo, este no se incluye por cumplimiento de la confidencialidad de la compañía.

El encabezado se conforma por el área por evaluar; la Tabla 1 puede consultarse para obtener más detalles sobre las áreas evaluadas, seguido de los principios básicos que se evaluaron. Después de estos, se presentan los deméritos que se identifican en la organización. Los deméritos pueden ser de dos hasta diez cuestiones individuales evaluadas.

A continuación, se incluye la sumatoria de los deméritos para cada principio básico dentro de cada área. Con los valores sumados, se calcula la diferencia entre el puntaje máximo de cada principio básico y la suma de los deméritos para conseguir la puntuación total de cada principio básico. En la columna siguiente, esa puntuación total se transforma en porcentajes. Por norma, (Covenin 2500-93) también debe existir una representación gráfica de la puntuación, la cual se presenta en la Figura 14.

Tabla 14. Ficha de evaluación del sistema de mantenimiento de la empresa inyectora de plástico

N° Inspección: 1		Empresa de inyección de plásticos													
Evaluador: Lucía Picado Cano		Fecha: 5/Ago/2024													
Área	Principio Básico	Pts.	Desglose deméritos										Suma Demérito	Diferencia Deméritos	Puntuación Porcentual
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
I	1. Funciones y responsabilidades	60	0	3	3								6	54	90,0%
	2. Autoridad y autonomía	40	0	0	2	8							10	30	75,0%
	3. Sistema de información	50	2	1	0	1	0	0					4	46	92,0%
	Total obtenible	150											Total obtenido	20	130
II	1. Funciones y responsabilidades	80	11	7	6	5	5	4					38	42	52,5%
	2. Autoridad y autonomía	50	4	10	6	2							22	28	56,0%
	3. Sistema de información	70	11	9	7	4	4	3					38	32	45,7%
	Total obtenible	200											Total obtenido	98	102
III	1. Objetivos y metas	70	10	10	7	7							34	36	51,4%
	2. Políticas para planificación	70	12	8	1	8							29	41	58,6%
	3. Control y evaluación	60	2	2	2	4	2	1	0	1			14	46	76,7%
	Total obtenible	200											Total obtenido	77	123
IV	1. Planificación	100	3	2	7	3	2	2					19	81	81,0%
	2. Programación e implantación	80	1	3	3	3	3	3	1	1			18	62	77,5%
	3. Control y evaluación	70	5	3	1	2	1	2	5				19	51	72,9%
	Total obtenible	250											Total obtenido	56	194
V	1. Planificación	100	10	3	3	5	5	10	3				39	61	61,0%
	2. Programación e implantación	80	10	10	3	10	0	6					39	41	51,3%
	3. Control y evaluación	70	6	0	10	0	0	4	20				40	30	42,9%
	Total obtenible	250											Total obtenido	118	132
VI	1. Planificación	100	20	20	0	20	20						80	20	20,0%
	2. Programación e implantación	80	3	20	15	15	15						68	12	15,0%
	3. Control y evaluación	70	15	15	10	10	20						70	0	0,0%
	Total obtenible	250											Total obtenido	218	32
VII	1. Planificación	100	25	30	0	10							65	35	35,0%
	2. Programación e implantación	80	15	5	10	10							40	40	50,0%
	3. Control y evaluación	70	3	0	0	10							13	57	81,4%
	Total obtenible	250											Total obtenido	118	132
VIII	1. Determinación de los parámetros	80	10	20	20	5	5						60	20	25,0%
	2. Planificación	40	5	10									15	25	62,5%
	3. Programación e implantación	70	20	12	12	0	0						44	26	37,1%
	4. Control de evaluación	60	3	15	5	10							33	27	45,0%
Total obtenible	250											Total obtenido	152	98	39,2%
IX	1. Atención a las fallas	100	0	20	3	9	15	0					47	53	53,0%
	2. Supervisión y ejecución	80	5	3	0	0	2	1	1	5			17	63	78,8%
	3. Información sobre las averías	70	0	3	20	5							28	42	60,0%
	Total obtenible	250											Total obtenido	92	158
X	1. Cuantificación de las necesidades del personal	70	30	20	20								70	0	0,0%
	2. Selección y formación	80	3	5	10	10	10	0	0	3			41	39	48,8%
	3. Motivación e incentivos	50	0	10	10	5							25	25	50,0%
	Total obtenible	200											Total obtenido	136	64
XI	1. Apoyo administrativo	40	5	5	3	0	0						13	27	67,5%
	2. Apoyo gerencial	40	10	7	3	5	3						28	12	30,0%
	3. Apoyo general	20	5	0									5	15	75,0%
	Total obtenible	100											Total obtenido	46	54
XII	1. Equipos	30	1	1	2	0	0	0					4	26	86,7%
	2. Herramientas	30	3	1	0	0	5						9	21	70,0%
	3. Instrumentos	30	2	0	3	0	2	5					12	18	60,0%
	4. Materiales	30	1	0	1	3	0	1	2	0	0	1	9	21	70,0%
	5. Repuestos	30	1	0	1	3	1	1	3	0	0	3	13	17	56,7%
Total obtenible	150											Total obtenido	47	103	68,7%

Capítulo 5. Determinación de las oportunidades de mejora de mayor impacto en los indicadores

5.1 Determinación del nivel de madurez del departamento

Se usa la escala de madurez de mantenimiento de Vásquez (2021a), presente en la Figura 16, en la cual se asigna un color a cada nivel de madurez para identificarlos en análisis posteriores.

Figura 16. Índice de medición de la gestión de mantenimiento

Rango (%)	Nivel de madurez	Descripción	Color
91-100	Excelencia	Existe una gestión de mantenimiento clase mundial con las mejores prácticas operacionales.	
81-90	Competencia	Existe una gestión de mantenimiento con tendencia a clase mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Este es un sistema muy bueno con nivel de operaciones efectivas	
71-80	Entendimiento	Existe una gestión de mantenimiento básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial.	
51-70	Consciencia	Existe una gestión de mantenimiento básica, pero se desconocen las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial o de las filosofías de mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.	
0-50	Inocencia	No existe una gestión de mantenimiento básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades para mejorar.	

Fuente: Vásquez (2021).

De acuerdo con la escala anterior, la gestión general de mantenimiento se sitúa en un nivel de *consciencia*, debido a su puntaje de 54.4 % (ver capítulo anterior). Esto refleja que, si bien la empresa reconoce la importancia del mantenimiento, aún no implementó las mejores prácticas.

5.2 Determinación de la brecha

Para identificar en qué situación se debe encontrar la empresa es necesario analizar las metas y objetivos estratégicos de la compañía. Para esto, se consultan las fuentes de información propias: la misión y visión, el modelo de negocio, metas de los próximos años, entre otros, las cuales involucran aspectos como expandirse globalmente, producir calidad a bajo costo, desarrollar nuevos productos. Además, la empresa posee la visión de ser líderes en el mercado. Todos estos elementos propios de la entidad son los que dictaminan los indicadores que monitorizan.

Por esto, para impactar los indicadores se debe establecer una meta de nivel de madurez de mantenimiento basada en la visión de ser líderes en el mercado. Por este motivo, se determina que la situación ideal es *excelencia*. Consecuentemente, se debe determinar la brecha por llenar para cada principio básico, comparando el valor obtenido con un ideal de 91 %, el cual corresponde al nivel mínimo para alcanzar la excelencia de mantenimiento. A continuación, la figura muestra las áreas y principios básicos con sus puntuaciones obtenidas, sus niveles de madurez asociados y la brecha determinada.

Tabla 15. Nivel de madurez identificada para cada principio básico.

Área	Principio básico	Puntuación	Madurez	Brecha	Punt. Área	Madurez área	Brecha Área
I	1. Funciones y responsabilidades	90.0 %	Competencia	1.0 %	86.7 %	Competencia	4.3 %
	2. Autoridad y autonomía	75.0 %	Entendimiento	16.0 %			
	3. Sistema de información	92.0 %	Excelencia	-			

	1. Funciones y responsabilidades	52.5 %	Consciencia	38.5 %		
II	2. Autoridad y autonomía	56.0 %	Consciencia	35.0 %	51.0 %	Consciencia 40.0 %
	3. Sistema de información	45.7 %	Inocencia	45.3 %		
III	1. Objetivos y metas	51.4 %	Consciencia	39.6 %		
	2. Políticas para planificación	58.6 %	Consciencia	32.4 %	61.5 %	Consciencia 29.5 %
	3. Control y evaluación	76.7 %	Entendimiento	14.3 %		
IV	1. Planificación	81.0 %	Competencia	10.0 %		
	2. Programación e implantación	77.5 %	Entendimiento	13.5 %	77.6 %	Entendimiento 13.4 %
	3. Control y evaluación	72.9 %	Entendimiento	18.1 %		
V	1. Planificación	61.0 %	Consciencia	30.0 %		
	2. Programación e implantación	51.3 %	Consciencia	39.8 %	52.8 %	Consciencia 38.2 %
	3. Control y evaluación	42.9 %	Inocencia	48.1 %		
VI	1. Planificación	20.0 %	Inocencia	71.0 %		
	2. Programación e implantación	15.0 %	Inocencia	76.0 %	12.8 %	Inocencia 78.2 %
	3. Control y evaluación	0.0 %	Inocencia	91.0 %		
VII	1. Planificación	35.0 %	Inocencia	56.0 %		
	2. Programación e implantación	50.0 %	Inocencia	41.0 %	52.8 %	Consciencia 38.2 %
	3. Control y evaluación	81.4 %	Competencia	9.6 %		
VIII	1. Determinación de los parámetros	25.0 %	Inocencia	66.0 %		
	2. Planificación	62.5 %	Consciencia	28.5 %	39.2 %	Inocencia 51.8 %
	3. Programación e implantación	37.1 %	Inocencia	53.9 %		
	4. Control de evaluación	45.0 %	Inocencia	46.0 %		
IX	1. Atención a las fallas	53.0 %	Consciencia	38.0 %		
	2. Supervisión y ejecución	78.8 %	Entendimiento	12.3 %	63.2 %	Consciencia 27.8 %
	3. Información sobre las averías	60.0 %	Consciencia	31.0 %		
X	1. Cuantificación de las necesidades del personal	0.0 %	Inocencia	91.0 %	32.0 %	Inocencia 59.0 %
	2. Selección y formación	48.8 %	Inocencia	42.3 %		
	3. Motivación e incentivos	50.0 %	Inocencia	41.0 %		
XI	1. Apoyo administrativo	67.5 %	Consciencia	23.5 %		
	2. Apoyo gerencial	30.0 %	Inocencia	61.0 %	54.0 %	Consciencia 37.0 %
	3. Apoyo general	75.0 %	Entendimiento	16.0 %		
XII	1. Equipos	86.7 %	Competencia	4.3 %		
	2. Herramientas	70.0 %	Consciencia	21.0 %		
	3. Instrumentos	60.0 %	Consciencia	31.0 %	68.7 %	Consciencia 22.3 %
	4. Materiales	70.0 %	Consciencia	21.0 %		
	5. Repuestos	56.7 %	Consciencia	34.3 %		

5.3 Influencia de las áreas evaluadas entre sí

Cuando se aplicó la auditoría Covenin 2500-93, que evaluó 39 principios básicos, se identificó que algunos principios influyen directamente en otros. Por ejemplo, en el caso de la empresa, la falta de personal (área XII) puede influir en la supervisión de actividades de los

diferentes tipos de mantenimiento (áreas IV, V, VI, VII, VIII). Por esto, es pertinente desarrollar una matriz de influencia y dependencia (Vásquez, 2021b).

Esta matriz permite identificar los principios primordiales que ejercen mayor impacto sobre los demás, para priorizar las mejoras que plantea el modelo (el proyecto en cuestión). Esto se debe a que 38 de los 39 principios que se evaluaron en la auditoría se encuentran por debajo del nivel de excelencia, la matriz ayuda a determinar cuáles son los más influyentes y deben priorizarse para reducir la brecha y alcanzar el nivel ideal para la compañía.

Es importante aclarar que la matriz de influencia y dependencia presentada en este trabajo la elaboró la autora debido a la falta de una matriz preexistente que se ajuste a los principios básicos establecidos en la norma Covenin 2500-93. En este sentido, se tomó la decisión de desarrollar una matriz propia, a pesar de que se reconoce que los valores asignados pueden no ser los más precisos, en virtud de que han sido propuestos por la autora, quien aún se encuentra en formación académica y carece de experiencia laboral en gestión de mantenimiento.

La elaboración de la matriz se basó principalmente en la interpretación de la norma Covenin 2500-93 para identificar cuáles principios primordiales pueden influir o depender de otros, considerando el contexto específico de la empresa en la que se desarrolla este trabajo. Sin embargo, es fundamental subrayar que estos valores dependen en gran medida de la interpretación de la autora, lo que puede limitar la precisión de los resultados.

La elaboración de la matriz constituye un paso intermedio para alcanzar el objetivo de obtener una lista de principios básicos con oportunidades de mejora para el Departamento de Mantenimiento. Para conseguir más información sobre esta herramienta, se debe referir a Vásquez (2021b). Para evitar incluir los nombres completos de las áreas y sus principios

primordiales (por falta de espacio), se utilizan números, tal como los denomina la norma Covenin 2500-93. Así, el símbolo I.1 representa el área I (organización de la empresa) y su principio básico n.º 1 (funciones y responsabilidades). Para conocer las equivalencias de los símbolos, es necesario consultar la Tabla 16.

Área	Principios básicos	Símbolos
I. Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades	I.1
	2. Autoridad y autonomía	I.2
	3. Sistema de información	I.3
II. Organización de Mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	II.1
	2. Autoridad y autonomía	II.2
	3. Sistema de información	II.3
III. Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas	III.1
	2. Políticas para planificación	III.2
	3. Control y evaluación	III.3
IV. Mantenimiento rutinario	1. Planificación	IV.1
	2. Programación e implantación	IV.2
	3. Control y evaluación	IV.3
V. Mantenimiento programado	1. Planificación	V.1
	2. Programación e implantación	V.2
	3. Control y evaluación	V.3
VI. Mantenimiento circunstancial	1. Planificación	VI.1
	2. Programación e implantación	VI.2
	3. Control y evaluación	VI.3
VII. Mantenimiento correctivo	1. Planificación	VII.1
	2. Programación e implantación	VII.2
	3. Control y evaluación	VII.3
VIII. Mantenimiento preventivo	1. Determinación de los parámetros	VIII.1
	2. Planificación	VIII.2
	3. Programación e implantación	VIII.3
	4. Control de evaluación	VIII.4
IX. Mantenimiento por avería	1. Atención a las fallas	IX.1
	2. Supervisión y ejecución	IX.2
	3. Información sobre las averías	IX.3
X. Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades del personal	X.1
	2. Selección y formación	X.2
	3. Motivación e incentivos	X.3
XI. Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo	XI.1
	2. Apoyo gerencial	XI.2
	3. Apoyo general	XI.3

Área	Principios básicos	Símbolos
XII. Recursos	1. Equipos	XII.1
	2. Herramientas	XII.2
	3. Instrumentos	XII.3
	4. Materiales	XII.4
	5. Repuestos	XII.5

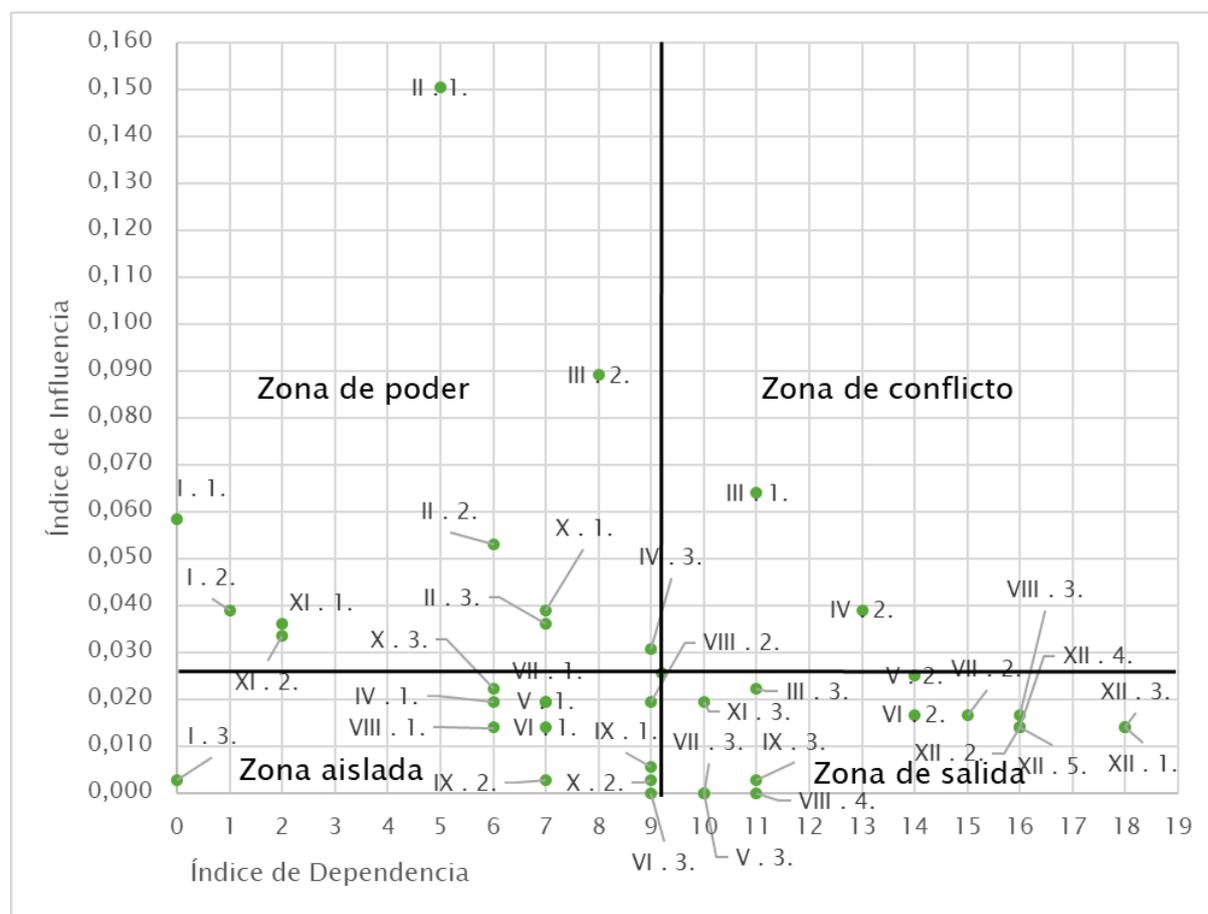
A continuación la Tabla 17 muestra los niveles identificados. En las filas se encuentra la influencia que ejerce cada principio básico sobre los otros y en las columnas se presenta la dependencia del principio. Los niveles de influencia se determinan de la siguiente manera, 0: nula influencia, 1: poca influencia, 2: mucha influencia. De esta forma, se analiza cada principio básico.

Por ejemplo, en el caso de I.1 Funciones y responsabilidades de la organización de mantenimiento, se debe preguntar: ¿Cuánta influencia ejerce este principio sobre el siguiente, I.2 Autoridad y autonomía? ¿Mucha (2), poca (1) o nula (0)? El valor determinado se coloca en la misma fila. Este procedimiento se efectúa sucesivamente con los demás 38 principios, sin contar la influencia que cada uno ejerce sobre sí mismo.

Después, se obtiene el índice de dependencia en la fila inferior como la sumatoria de los niveles que se identifican en las columnas y el índice de influencia se calcula sumando las filas y dividiendo el valor entre la sumatoria de todos los valores de influencia.

Ahora los índices de influencia y los de dependencia se grafican en un plano XY (corresponden a los puntos verdes en la Figura 17). En este plano, se traza una línea horizontal que pasa por el valor promedio de los índices de influencia y una línea vertical que pasa por el promedio de los índices de dependencia. De esta manera, la gráfica queda dividida en cuatro zonas, de acuerdo con dependencias e influencias mayores o menores al promedio: zona de poder, zona de conflicto, zona de salida y zona aislada. Esto se observa en la siguiente figura.

Figura 17. Gráfico de dispersión de influencia y dependencia de los principios básicos de Covenin 2500-93



Según Vásquez (2021b), las zonas corresponden a lo siguiente:

1. Zona de poder: en esta se encuentran los principios básicos que tienen la mayor influencia y la menor dependencia. Por esto, son las más importantes, ya que

influyen en el resto y dependen menos de los demás. Las modificaciones que ocurran en ellas tienen repercusiones en todo el sistema. Por lo tanto, deben recibir la mayor atención en su solución.

2. Zona de conflicto: se localizan los principios básicos de alta influencia y dependencia. Son importantes por su influencia, pero también dependen en gran medida del resto. Al igual que influyen son influidas y las variaciones que ocurran en ellas tienen repercusiones en todo el sistema. Después de los principios primordiales de la zona de poder, estas deben recibir atención, ya que cumplen la función de enlace entre la zona de poder y las restantes, debido a que sus consecuencias se reflejan en los principios básicos de la zona de salida, que son consecuencia de las anteriores.
3. Zona de salida: tienen menor importancia debido a su baja influencia. Por su alta dependencia del resto, estas se solucionarán de manera consecuente y se deben atender después de resolver los problemas de la zona de poder y conflicto.
4. Zona aislada: son aquellas que deben atenderse al final, ya que presentan poca o ninguna dependencia o influencia del resto, razón por la cual se les denomina aisladas.

De acuerdo con Vásquez (2021b), al considerar la zona donde se encuentran los principios básicos, así como el nivel de madurez de estos, se debe asignar un puntaje, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 18. Puntaje por asignar según zona de influencia–dependencia y grado de madurez

Madurez	Zona	Puntaje
Inocencia	Poder	10
Consciencia	Conflicto	8
Entendimiento	Salida	6
Competencia	Aislada	3
Excelencia	N/A	0

De esta manera, se asigna un puntaje a cada principio de acuerdo con su grado de madurez, el cual se multiplica por el puntaje asignado conforme a la zona en la que se encuentra. En la Figura 18 se resalta en color rojo el principio que se debe abordar. El fundamento que se utiliza para identificarlos es el siguiente: debe ser mayor o igual a 80. Esto significa que se atacan los rubros que se encuentran en inocencia o consciencia y en zona de poder o de conflicto. De esta forma, se abordan los rubros peor calificados que poseen una gran influencia sobre los demás.

Figura 18. Calificaciones a los principios según madurez y zona de influencia

Principio básico	Calificación Auditoría	Grado Madurez	Puntaje por Madurez	Zona Influencia/ Dependencia	Puntaje por Zona	TOTAL
I . 1.	90,0%	Competencia	3	poder	10	30
I . 2.	75,0%	Entendimiento	6	poder	10	60
I . 3.	92,0%	Excelencia	0	aislada	3	0
II . 1.	52,5%	Conciencia	8	poder	10	80
II . 2.	56,0%	Conciencia	8	poder	10	80
II . 3.	45,7%	Inocencia	10	poder	10	100
III . 1.	51,4%	Conciencia	8	conflicto	8	64
III . 2.	58,6%	Conciencia	8	poder	10	80
III . 3.	76,7%	Entendimiento	6	salida	6	36
IV . 1.	81,0%	Competencia	3	aislada		0
IV . 2.	77,5%	Entendimiento	6	conflicto	8	48
IV . 3.	72,9%	Entendimiento	6	poder	10	60
V . 1.	61,0%	Conciencia	8	aislada	3	24
V . 2.	51,3%	Conciencia	8	salida	6	48
V . 3.	42,9%	Inocencia	10	salida	6	60
VI . 1.	20,0%	Inocencia	10	aislada	3	30
VI . 2.	15,0%	Inocencia	10	salida	6	60
VI . 3.	0,0%	Inocencia	10	aislada	3	30
VII . 1.	35,0%	Inocencia	10	aislada	3	30
VII . 2.	50,0%	Inocencia	10	salida	6	60
VII . 3.	81,4%	Competencia	3	salida	6	18
VIII . 1.	25,0%	Inocencia	10	aislada	3	30
VIII . 2.	62,5%	Conciencia	8	aislada	3	24
VIII . 3.	37,1%	Inocencia	10	salida	6	60
VIII . 4.	45,0%	Inocencia	10	salida	6	60
IX . 1.	53,0%	Conciencia	8	aislada	3	24
IX . 2.	78,8%	Entendimiento	6	aislada	3	18
IX . 3.	60,0%	Conciencia	8	salida	6	48
X . 1.	0,0%	Inocencia	10	poder	10	100
X . 2.	48,8%	Inocencia	10	aislada	3	30
X . 3.	50,0%	Inocencia	10	aislada	3	30
XI . 1.	67,5%	Conciencia	8	poder	10	80
XI . 2.	30,0%	Inocencia	10	poder	10	100
XI . 3.	75,0%	Entendimiento	6	salida	6	36
XII . 1.	86,7%	Competencia	3	salida	6	18
XII . 2.	70,0%	Conciencia	8	salida	6	48
XII . 3.	60,0%	Conciencia	8	salida	6	48
XII . 4.	70,0%	Conciencia	8	salida	6	48
XII . 5.	56,7%	Conciencia	8	salida	6	48

Por lo tanto, los principios básicos por mejorar con el modelo de gestión de mantenimiento (según la Figura 18) son:

1. II.1 Funciones y responsabilidades de la organización de mantenimiento.
2. II.2 Autoridad y autonomía de la organización de mantenimiento.
3. II.3 Sistema de información de la organización de mantenimiento.
4. III.2 Políticas para la planificación del mantenimiento.
5. X.1 Cuantificación de las necesidades del personal de mantenimiento.
6. XI.1 Apoyo administrativo.
7. XI.2 Apoyo gerencial.

Capítulo 6. Cuadro de mando integral del Departamento de Mantenimiento de planta

6.1 Preámbulos al cuadro de mando integral

6.1.1 Consideración del marco estratégico de la empresa

Según Niven (2006), de la organización es importante considerar los siguientes elementos:

- La misión, según Niven (2006), representa la razón de ser de la compañía y la forma en la que crea valor para la sociedad. Para la empresa de inyección, esto implica *crear soluciones innovadoras y alianzas estratégicas para potenciar a sus clientes.*
- Los valores corresponden a principios atemporales que guían las acciones de la organización: proactividad, lealtad, servicio, disciplina, honestidad y trabajo en equipo.
- La visión es una declaración que define dónde se quiere estar en el futuro (Niven, 2006). Para la empresa en estudio, esto significa *destacarse en el mercado global con productos y servicios innovadores y sostenibles.*
- Finalmente, la estrategia involucra la combinación de conjuntos de actividades diferentes a las de la competencia para crear valor para el cliente. *Desarrollar y consolidar talento proactivo, con deseos de superación, habilidades de liderazgo, confiabilidad, alineación y compromiso. Optimizar la inversión. Producir la mejor calidad al costo óptimo. Desarrollar nuevos mercados. Desarrollar nuevos productos.*

6.1.2 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)

Este análisis del contexto externo e interno sirve para guiar los objetivos del cuadro de mando integral. Esto se realizó tomando los siete principios básicos con oportunidad de mejora que se identificaron en el capítulo de diagnóstico, revisando los datos de la auditoría,

se clasificaron los deméritos en cuestiones positivas y negativas, internas y externas que se relacionan con el Departamento de Mantenimiento. Donde aquellos deméritos eran menores en cantidad, se tomó como factor positivo y lo mismo con aquellos deméritos altos. El análisis externo/interno requirió evaluar cada uno de los deméritos de cada principio básico y su efecto dentro o fuera del Departamento de Mantenimiento. Además, se tomaron en cuenta ciertas observaciones de la autora realizadas durante la auditoría. Así, se obtiene la siguiente

Figura 19:

Figura 19. Análisis FODA para el Departamento de Mantenimiento.

<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El departamento cuenta con personal con calificación y experiencia en máquinas de moldeo por inyección y sus parámetros. ▪ Puede resolver problemas rutinarios sin consultar al nivel superior. ▪ Posee mecanismos para que la información recopilada llegue a donde debe. ▪ Les da mantenimiento a los equipos no solo cuando fallan. ▪ Cuenta con formatos que especifican las órdenes de trabajo de las actividades de mantenimiento. ▪ Funciona en coordinación con la administración. 	<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El departamento no cuenta con organigramas acordes a su estructura. ▪ Los empleados del departamento no tienen pleno conocimiento de sus funciones ni labores específicas para cada persona de acuerdo con sus habilidades particulares. ▪ El departamento no cuenta con un flujograma para el manejo de la información. ▪ No posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento. ▪ Los empleados consideran que la cuantificación de personal es insuficiente.
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se le otorgan a mantenimiento los recursos necesarios sin muchos trámites. ▪ La gerencia considera que mantenimiento es más que solo la reparación de los equipos. ▪ La gerencia es capaz de delegar la autoridad en la toma de decisiones. 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La unidad de mantenimiento es propensa a perder su rumbo sin un liderazgo con conocimientos técnicos en mantenimiento. ▪ La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones de mejoramiento de equipos. ▪ Mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado en la organización en general.

6.2 Objetivos del cuadro de mando integral

Después de establecer el marco de referencia para plantear los objetivos, se analiza cómo se relaciona el marco estratégico de la organización con el análisis FODA.

De acuerdo con Niven (2006), el cuadro de mando integral (Balanced Scorecard) refleja las aspiraciones denotadas en la misión, provee medios para evaluar el alineamiento de los valores en toda la organización, captura la mezcla adecuada de competencias, procesos y propuestas de valor al cliente que conducen al futuro financiero de la empresa (la visión) y traduce la estrategia a sus componentes a lo largo de las cuatro perspectivas: financiera, cliente, procedimientos internos y aprendizaje y desarrollo.

6.2.1 *Perspectiva financiera*

Objetivo: mejorar la eficacia de los costos de mantenimiento de equipos de alto tonelaje, reduciendo los tiempos de paro mediante la aplicación de mantenimientos preventivos oportunos y fundamentados en estudios previos sobre las necesidades de los equipos por mantener.

Este objetivo se basa en la necesidad primordial de reducir costos presente en todos los niveles de una organización. Asimismo, se relaciona con la misión al buscar soluciones innovadoras para la reducción de costos, se vincula con los valores de proactividad y con la visión de ser rentable y destacarse en el mundo. Además, se fundamenta en las amenazas al departamento, ya que el control de costos permite a la Gerencia apreciar el valor de la función de mantenimiento. La estrategia que se planteó consiste en la aplicación de una adecuada mezcla de mantenimientos preventivos y correctivos para reducir los costos.

6.2.2 *Perspectiva del cliente*

Objetivo: optimizar los tiempos de espera para la restitución del equipo de alto tonelaje por mantenimiento preventivo y correctivo, mediante la coordinación con producción y la gestión de los tiempos de paro que se relacionan con la logística, la reparación de averías, las pruebas de funcionamiento de la máquina y los tiempos de espera por falta de material.

Este objetivo se planteó para satisfacer la necesidad del cliente: la producción espera de mantenimiento del servicio de disponibilidad de las máquinas. Por esto, el enfoque se centra en la reducción de paros, lo que implica una mejor disponibilidad y la medición de los tiempos de paro permite el control de los costos.

La estrategia consiste en medir los tiempos de paro según sus causas, ya sea por la reparación en sí o por tiempos de espera logística. De esta manera, se evidencia la actividad que cause más pérdidas de tiempo. Esto responde a la misión de potenciar al cliente y contribuye a la visión de prestar servicios innovadores y sostenibles, ya que proporciona datos para implementar estrategias de innovación y sostenibilidad.

6.2.3 *Perspectiva de procesos internos*

Objetivo: encaminar hacia la mejora continua del departamento mediante la medición y el análisis de indicadores de rendimiento de mantenimiento que se relacionan con los distintos tipos de tiempo de paro y la disponibilidad operacional.

Este objetivo se relaciona en gran medida con el anterior y responde a la misma misión y visión. Se requiere un nuevo esfuerzo interno para clasificar la totalidad del tiempo de paro, lo que implica la disponibilidad de datos para tomar decisiones que satisfagan al cliente.

6.2.4 Perspectiva de aprendizaje y crecimiento

Objetivo: potenciar al personal a través de la asignación de funciones con base en sus habilidades, la óptima cuantificación, la estandarización de procedimientos y el desarrollo de dichas habilidades mediante capacitaciones.

Como se presentó en el análisis FODA, el personal es insuficiente y no siempre realiza acciones que se relacionan con sus habilidades. Por esto, se propone asignar a los empleados actuales a labores específicas, desarrollar esas habilidades y estandarizar los procedimientos para que el personal tenga una línea clara a la cual seguir. Esto permite el desarrollo de los valores de proactividad, disciplina y trabajo en equipo.

6.3 Mapa estratégico

A continuación, se presenta un mapa de la estrategia que se planteó en los objetivos. Según Niven (2006): “Un mapa estratégico es una representación gráfica, de una página, que muestra lo que se debe hacer bien en cada una de las cuatro perspectivas para ejecutar exitosamente una estrategia” (s. p.). Esto permite comunicar la estrategia para que todo el personal se vea involucrado en la consecución de los objetivos.

Se comienza a leer desde el nivel inferior, desde la perspectiva de aprendizaje y desarrollo y se relaciona mediante causa y efecto. Al potenciar al personal, se logran realizar de mejor manera las acciones de mantenimiento y al gestionar las habilidades del personal, se conocen mejor las necesidades del departamento. Esto aunado a las mediciones sugeridas ayuda a establecer un punto de referencia que permite encaminar al departamento hacia la mejora continua. Con esto se puede reducir la aparición de fallos y, así, disminuir los tiempos de paro, lo que optimiza consecuentemente los costos de mantenimiento.

Figura 20. Mapa estratégico de los objetivos de mantenimiento

Visión: posicionarse en el mercado global		
Financiera	Mejorar eficiencia de costos de mantenimiento	
Cliente	Optimizar tiempos de espera por mantenimiento	Reducción en tiempo total de paro
		Reducción de desperdicios
Procesos internos	Encaminar el departamento hacia la mejora continua	Lograr reducción de fallos
		Permite tomar decisiones informadas
		Facilita establecer un punto de referencia (mediante mediciones de disponibilidad)
Aprendizaje y desarrollo	Potenciar al personal	Personal mejora en competencias clave
		Personal mejora en competencias clave
		Aumenta satisfacción laboral y permanencia

6.4 Indicadores

Se procede con explicar los indicadores seleccionados, comenzando, desde la perspectiva de aprendizaje hasta la vista financiera, con el propósito de evidenciar la relación entre las perspectivas de procesos internos y de cliente.

Perspectiva aprendizaje y desarrollo

Figura 21. Indicadores de la perspectiva de aprendizaje para el cuadro de mando.

Objetivo	Indicador	Fórmula
Potenciar al personal a través de la asignación de las funciones con base en sus habilidades, la óptima cuantificación, la estandarización de procedimientos y el desarrollo de dichas habilidades mediante capacitaciones.	Índice de competencias del personal.	$\frac{\text{Número de competencias demostradas}}{\text{Número de competencias requeridas}}$

Los indicadores de capacidades del personal, según Niven (2006), demuestran los atributos o comportamientos que los gerentes y empleados deben exhibir para tener éxito en una compañía en particular. Este indicador evalúa la alineación entre las habilidades y conocimientos del personal y los requerimientos de su puesto asignado.

Analizar las competencias del personal responde al área *cuantificación de las necesidades del personal*, la cual es una clave identificada en el capítulo anterior, puesto que permite determinar la necesidad de una mayor contratación. Por ende, conocer y administrar las habilidades del personal ofrece información relevante para evaluar las labores de mantenimiento y, en consecuencia, para valorar la efectividad del mantenimiento.

Al jefe de mantenimiento le corresponde realizar observaciones y entrevistas al personal para evaluar estas competencias. Además, de definir las funciones del departamento y asignar al personal adecuado según sus habilidades, conocimientos y competencias. Se sugiere una periodicidad de medición trimestral, puesto que medir cambios en el personal se estima más duradero que medir otros procesos que pueden evaluarse mensualmente. Este indicador está vinculado a los objetivos de la organización, ya que permite desarrollar y consolidar el talento.

Perspectiva procesos internos

Figura 22. Indicadores de la perspectiva de procesos internos para el cuadro de mando.

Objetivo	Indicador	Fórmula
Encaminar el departamento hacia la mejora continua a través de la medición y análisis de indicadores de rendimiento de mantenimiento que se relacionan con los distintos tipos de tiempo de paro y a la disponibilidad operacional	Tiempo promedio de mantenimiento activo	$\bar{M}' =$ $\frac{\frac{MTTR'}{MTBMc} + \frac{Mp'}{MTBMp}}{\frac{1}{MTBMc} + \frac{1}{MTBMp}}$

Para gestionar el mantenimiento es necesario conocer dos datos: el tiempo productivo y el tiempo improductivo de las máquinas. Este último es clave para gestionar los procesos internos, ya que se relaciona con todas las actividades que realiza el departamento y que provocan paros. Para obtener más información sobre cómo se desglosan esos paros, se utiliza el indicador operativo *tiempo promedio de mantenimiento activo*.

Este indicador mide el tiempo promedio de inactividad de un equipo debido a mantenimiento. Se desglosa en paros por reparaciones, mantenimiento planificado, retrasos administrativos, logística y falta de insumos. Para llevar a cabo este análisis, la empresa necesita examinar los datos que actualmente utiliza y diferenciar los tiempos de inactividad según las causas que los provocan (preventivas o correctivas).

Mediante diagramas u otras herramientas, se pueden visualizar y analizar estos periodos, lo que facilita la identificación de patrones o causas recurrentes que impactan la disponibilidad operacional. Este análisis contribuye a encontrar oportunidades de mejora continua en los procesos internos, lo que permite optimizar el proceso de mantenimiento.

La fórmula es la siguiente (Mora, 2009):

$$\bar{M}' = \frac{\frac{MTTR'}{MTBMc} + \frac{Mp'}{MTBMp}}{\frac{1}{MTBMc} + \frac{1}{MTBMp}}$$

Donde:

MTBMC representa el tiempo medio entre mantenimientos correctivos, es decir, el tiempo que una máquina estuvo funcionando antes de detenerse por una falla, medido durante un periodo determinado.

$$MTBMc = \frac{\sum \text{tiempos operativos entre eventos correctivos}}{\text{número de eventos correctivos}}$$

Este indicador está asociado al MTTR, el cual representa el tiempo medio de reparación del activo. Depende del tiempo real durante el cual se ejecuta la reparación de la avería, pero también considera el tiempo de inactividad debido a retrasos logísticos y administrativos.

$$MTTR = \frac{\sum \text{tiempos de mantenimientos correctivos} + \text{retrasos logísticos antes de la reparación}}{\text{número de eventos correctivos}}$$

Análogamente, se debe medir el tiempo medio entre mantenimientos preventivos.

$$MTBM = \frac{\sum \text{tiempos operativos entre mantenimientos preventivos}}{\text{número de eventos preventivos}}$$

Así como el tiempo medio de mantenimientos preventivos, es decir, el tiempo promedio que se invirtió en labores preventivas durante el periodo en estudio.

$$Mp' =$$

$$\frac{\sum \text{tiempos de mantenimientos preventivos} + \text{retrasos logísticos antes del mantenimiento preventivo}}{\text{número de eventos preventivos}}$$

Se sugiere medir estos eventos correctivos y preventivos en un periodo mensual, debido a que la gran cantidad de máquinas de alto tonelaje es capaz de proporcionar suficientes datos en dicho lapso.

Perspectiva del cliente

Figura 23. Indicadores de la perspectiva del cliente para el cuadro de mando.

Objetivo	Indicador	Fórmula
Optimizar los tiempos de espera de restitución del equipo de alto tonelaje por mantenimiento preventivo y correctivo, a través de la coordinación con producción y la gestión de tiempos de paro por concepto de logística, reparación de averías, pruebas de funcionamiento a la máquina y tiempos de espera por falta de material.	Disponibilidad operacional de cada inyectora de alto tonelaje.	$D_o = \frac{MTBM}{(MTBM + M')}$

Para lograr la satisfacción del cliente, es necesario optimizar el producto. En el caso del mantenimiento esto se refiere a la disponibilidad de los equipos que se ofrecen. Por ende es pertinente medir la disponibilidad operacional (DO).

De acuerdo con Mora (2009): “La Disponibilidad Operacional es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando se requiere que funcione en cualquier tiempo bajo condiciones de operación normales” (s. p.). Para el cliente (producción), este es el indicador importante, disponibilidad operacional, pues es relevante por lo realista de la información que ofrece al tomar en cuenta los paros por concepto logístico.

En el objetivo anterior se midió el tiempo promedio de mantenimiento activo; ahora es pertinente medir el tiempo promedio entre mantenimientos (MTBM). Estas dos medidas constituyen la base para la disponibilidad operacional.

El tiempo promedio entre mantenimientos (MTBM) corresponde a un indicador de la frecuencia de los mantenimientos. Dentro de los tiempos de mantenimiento, abarca los tiempos causados por los retrasos logísticos y administrativos. Es decir, todos los tiempos que se relacionan con el estado de reparación e incluye tanto el mantenimiento programado como el no planeado (Mora, 2009).

MTBM depende de los términos MTBM_c y MTBM_p que se mencionaron en el objetivo anterior:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Perspectiva financiera

Figura 24. Indicadores de la perspectiva financiera para el cuadro de mando.

Objetivo	Indicador	Fórmula
Mejorar la eficacia de los costos de mantenimiento de las inyectoras de alto tonelaje, reduciendo los tiempos de paro a través de la aplicación de mantenimientos preventivos oportunos y con base en estudios previos de las necesidades de los equipos por mantener.	Costo de mantenimiento por unidad operativa durante un periodo en estudio.	Costos totales de mantenimiento en un periodo/unidades producidas en un periodo

Esta es una medida de los costos totales de mantenimiento, similar a un último punto de medición en el flujo de las actividades del departamento. Este indicador permite establecer la base para las acciones futuras orientadas a la reducción de costos.

Se seleccionan las inyectoras de alto tonelaje porque son las que generan la mayor cantidad de productos y son eficientes en sus ciclos de trabajo. Sin embargo, la variedad de productos es abundante, por lo que es preferible medir el costo asociado a cada máquina en lugar de a cada producto. El cálculo es el siguiente:

Costo total de mantenimiento = costos directos de mantenimiento + costos por paros

Los costos directos de mantenimiento corresponden a la mano de obra, los repuestos, los materiales cuantificables (artículos de protección personal que se utilizan, compras no asociadas a repuestos durante el periodo, etc.) y los servicios de tercerización (como el mantenimiento de montacargas, la disposición de chatarra, etc.). Por otro lado, los costos por paros se cuantifican de acuerdo con la capacidad productiva de la máquina. Se sugiere una frecuencia mensual de medición que coincida con los indicadores de tiempos de paros mencionados.

6.5 Metas

Para que el cuadro de mando integral funcione eficazmente, es fundamental que la empresa establezca primero un hábito de medición consistente y aproveche los datos que ya recopila en sus operaciones. Esto permite generar información valiosa y crear una línea base o parámetro de referencia, que sirva como punto de partida para futuras metas. Solo una vez establecida esta referencia es posible definir metas realistas y tomar decisiones informadas que guíen la mejora continua y la optimización de recursos.

6.6 Propuesta de cuadro de mando integral

Figura 25. Cuadro de mando integral propuesto para el Departamento de Mantenimiento de planta

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fórmula	Fuente de Información	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta
Financiera	Mejorar la eficacia de los costes de mantenimiento de las inyectoras de alto tonelaje, reduciendo los tiempos de paro a través de la aplicación de mantenimientos preventivos oportunos y basados en estudios previos de las necesidades de los equipos a mantener.	Costo de mantenimiento por unidad operativa durante un periodo en estudio.	Costo de mantenimiento invertido, incluye los mantenimientos preventivos, correctivos y mejoras. Se calcula para cada inyectora de alto tonelaje.	Costos Totales de mantenimiento en un periodo / unidades producidas en un periodo	Base de datos de registros de Órdenes de Trabajo. Sumar costos preventivos y correctivos del periodo en estudio.	\$ / unidad (para cada máquina de alto tonelaje)	Mensual	Jefe de Mantenimiento (nuevo puesto)	Primero es necesario aprovechar las mediciones actuales para calcular los indicadores pertinentes, antes de fijar metas.
Cliente	Optimizar los tiempos de espera de restitución del equipo de alto tonelaje por mantenimiento preventivo y correctivo, a través de la coordinación con producción y la gestión de tiempos de paro por concepto de logística, reparación de averías, pruebas de funcionamiento a la máquina y tiempos de espera por falta de material.	Disponibilidad operacional de cada inyectora de alto tonelaje.	DO es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando se requiere que funcione en cualquier tiempo bajo condiciones de operación normales, en un entorno real de soportes logísticos y abarca, por tanto, dentro de los tiempos de mantenimiento, los tiempos que se causan por los retrasos logísticos y administrativos; es decir, todos los tiempos concernientes al estado de reparación e incluye el mantenimiento programado y el no planeado. (Mora, 2009).	Tiempo promedio entre mantenimientos / (Tiempo promedio entre mantenimientos + tiempo medio de mantenimiento activo)	Base de datos de registros de Órdenes de Trabajo.	%	Mensual	Jefe de Mantenimiento (nuevo puesto)	Primero es necesario aprovechar las mediciones actuales para calcular los indicadores pertinentes, antes de fijar metas.
Procesos internos	Encaminar el departamento hacia la mejora continua a través de la medición y análisis de indicadores de rendimiento de mantenimiento relacionados a los distintos tipos de tiempo de paro y a la disponibilidad operacional	Tiempo promedio de mantenimiento activo (o sea paros por mantenimiento).	A través de la creación de diagramas de series de tiempos se es capaz de visualizar todos los tiempos de paro relacionados a mantenimiento: por reparaciones, mantenimientos planificados, retrasos administrativos, por cuestiones logísticas o por falta de insumos.	$\frac{MTTR'}{MTBMc} + \frac{Mp'}{MTBMp}$ $\frac{1}{MTBMc} + \frac{1}{MTBMp}$	Base de datos de registros de Órdenes de Trabajo.	horas	Mensual	Jefe de Mantenimiento (nuevo puesto)	Primero es necesario aprovechar las mediciones actuales para calcular los indicadores pertinentes, antes de fijar metas.
Aprendizaje y desarrollo	Potenciar al personal a través de la asignación de las funciones con base en sus habilidades, la óptima cuantificación, la estandarización de procedimientos y el desarrollo de dichas habilidades mediante capacitaciones.	Índice de competencias del personal.	Pretende medir la alineación de las habilidades y conocimientos del personal con relación a las requeridas por puesto que se le asigna.	Número de competencias demostradas / Número de competencias requeridas	Observación y entrevistas al personal.	%	Trimestral	Jefe de Mantenimiento (nuevo puesto)	Primero es necesario aprovechar las mediciones actuales para calcular los indicadores pertinentes, antes de fijar metas.

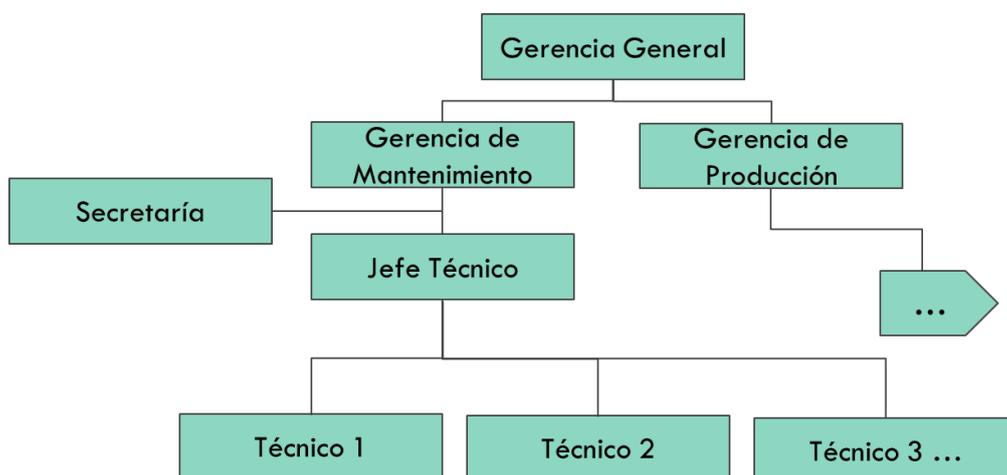
Capítulo 7. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento

7.1 Presentación del modelo

El modelo se fundamenta en la norma ISO 9001:2015, la cual establece el uso de los siguientes términos para impulsar el éxito de un sistema de gestión de la calidad: enfoque a procesos, mejora continua, enfoque al cliente, liderazgo y toma de decisiones basada en evidencia. La guía de la norma ISO 9001 se aplicó en la gestión del mantenimiento, para mejorar la calidad del servicio de mantenimiento. El aspecto de la mejora continua se evalúa en el ciclo planear–hacer–verificar–actuar, ya que permite la evaluación del desempeño en las actividades.

Para que la empresa y, sobre todo, el Departamento de Mantenimiento, pueda ser consciente de su impacto en la organización es necesario orientar las acciones de mantenimiento hacia el ciclo de mejora continua PHVA. Para realizar este cambio se debe crear una unidad autogestionada, es decir, separar al Departamento de Mantenimiento de la administración del Departamento de Producción. A continuación, en la Figura 22, se presenta una propuesta de organigrama para el departamento.

Figura 26. Propuesta de organigrama para la nueva unidad de mantenimiento.

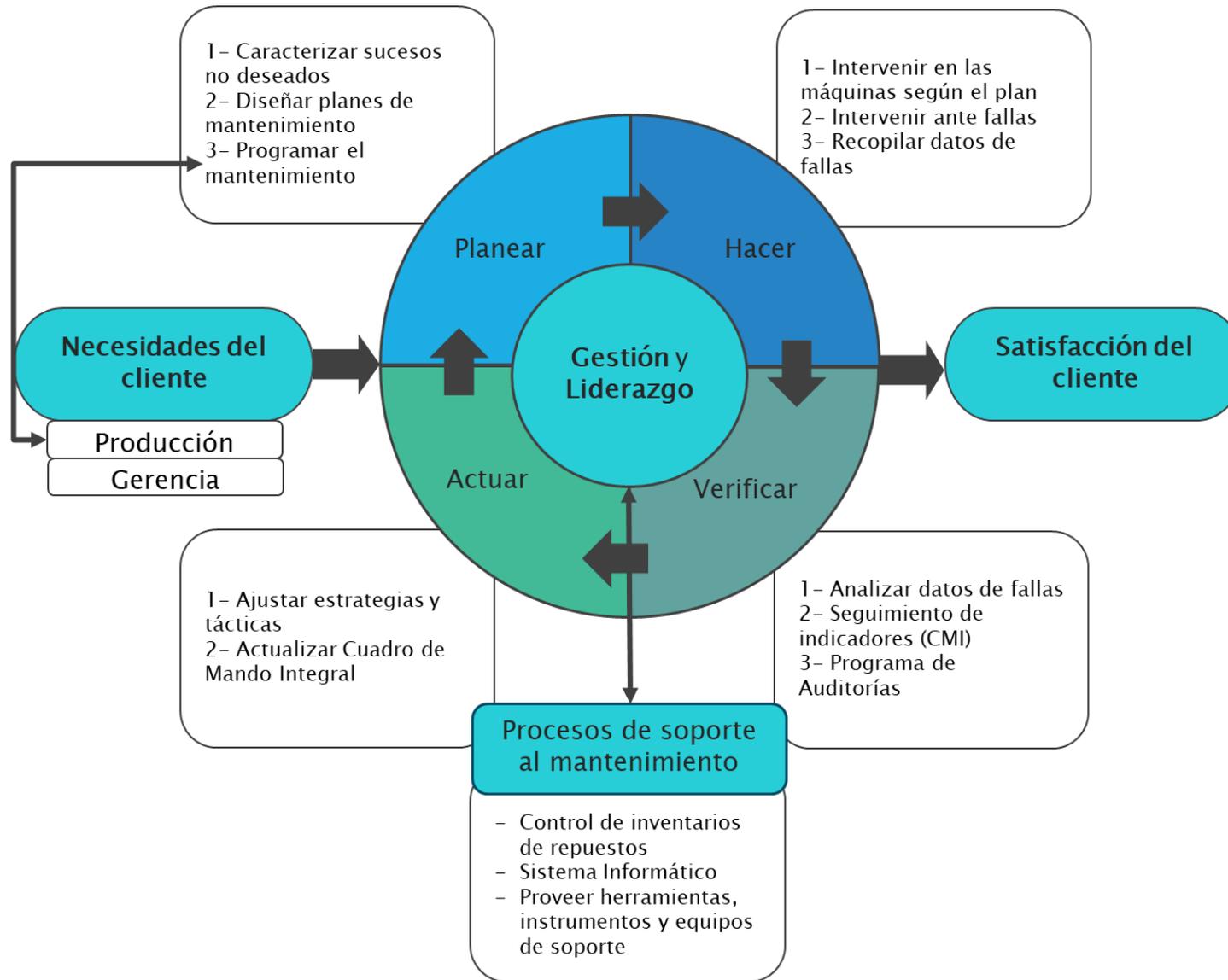


La unidad, además, debe ser capaz de cumplir con los demás términos de la norma ISO 9001: enfoque a procesos, enfoque al cliente, toma de decisiones basada en evidencia y liderazgo. A partir del enfoque a procesos, se consideran aspectos de la norma EN 17007:2018. Esta norma define el mantenimiento como un proceso compuesto por tres procedimientos generales: procesos de gestión, procedimientos de realización y procesos de soporte. Cada uno de estos procesos está compuesto por subprocesos: la gestión incluye un solo subproceso, con base en gestionar el mantenimiento para alcanzar los objetivos establecidos por la dirección.

La ejecución comprende varios subprocesos que se relacionan con la planificación y la programación del mantenimiento, así como su ejecución en casos correctivos, preventivos o de mejora de equipos. Finalmente, el soporte incluye subprocesos como el control de repuestos, el suministro de herramientas y los sistemas de información. Al considerar la función de mantenimiento como un procedimiento desglosado en subprocesos, se facilita la comprensión de todas las actividades asociadas a esta función y su relación entre sí, se mejora la comunicación y la asignación de responsabilidades, se proporciona un marco para el apoyo informático y se permite tomar medidas apropiadas para mejorar los procedimientos. Por esto, es pertinente considerar la norma UNE-EN 17007:2018.

En la siguiente página se presenta el diagrama propuesto que representa el funcionamiento de la gestión de mantenimiento para la empresa. Es decir, el modelo de manejo de mantenimiento. Asimismo, en la sección 7.3 se explican los elementos y las relaciones del diagrama.

Figura 27. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la empresa.



7.2 Elementos y relaciones del modelo

7.2.1 Cliente

Para el nuevo Departamento de Mantenimiento, el cliente y las partes interesadas corresponden a Producción, ya que este solicita sus requerimientos de disponibilidad de los equipos y la Gerencia, puesto que esta determina el apoyo hacia la función de mantenimiento. Considerar a Producción como cliente interno es parte del enfoque al cliente de la norma ISO 9001, debido a que:

El éxito sostenido se alcanza cuando una organización atrae y conserva la confianza de los clientes y de otras partes interesadas pertinentes. Cada aspecto de la interacción del cliente proporciona una oportunidad de crear más valor para el cliente. Entender las necesidades actuales y futuras de los clientes y de otras partes interesadas contribuye al éxito sostenido de la organización (ISO-9000, s. p.).

7.2.2 Necesidades y satisfacción del cliente

El cliente, producción, como se exhibió en secciones anteriores, necesita recibir la disponibilidad de los equipos. La gerencia, por otra parte, como cliente, solicita la reducción de costos. Para ambos propósitos, se requiere optimizar la gestión de mantenimiento. Es decir, se requiere capacitación para el personal en procedimientos estandarizados, implementar indicadores de desempeño para tomar decisiones con base en los datos y estructurar un sistema de planificación y ejecución eficiente que facilite la coordinación con producción y se adapte a posibles cambios en los requisitos.

7.2.3 Ciclo planear–hacer–verificar–actuar

Según ISO 9001: “Se alcanzan resultados coherentes y previsibles de manera más eficaz y eficiente cuando las actividades se entienden y gestionan como procesos interrelacionados que funcionan como un sistema coherente” (s. p.). Por esto, se considera que el enfoque a procedimientos beneficia a la empresa en la consecución de sus objetivos de innovación, rentabilidad y productividad, entre otros.

El ciclo PHVA en el modelo de gestión de mantenimiento garantiza que los procesos no solo se ejecuten, sino que también se revisen y mejoren de manera continua. La iteración constante de estas cuatro etapas ayuda a la empresa a adaptar el mantenimiento a las necesidades cambiantes, reducir los tiempos de inactividad, optimizar los costos y mejorar la disponibilidad de los equipos.

- **Planificar:** establecer los objetivos del sistema y sus procesos, así como los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades.
- **Hacer:** implementar lo que se ha planificado.
- **Verificar:** realizar el seguimiento y, cuando sea aplicable, medir los procesos, así como los productos y servicios resultantes, en relación con las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas e informar sobre los resultados.
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar el desempeño cuando sea necesario (UNE-EN ISO 9001:2015).

De acuerdo con ISO: “El enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones” (s. p.). Por este motivo, se toman como referencia los subprocesos que plantea la norma UNE-EN 17007:2018.

7.2.4 Planear

Las actividades de planeación que se proponen son:

1- Caracterizar y clasificar sucesos no deseados:

Este elemento está inspirado en los subprocesos de prevenir sucesos no deseados, intervenir sobre los elementos y los equipos. Estos corresponden a subprocesos dentro de los procesos de ejecución del mantenimiento que estipula la norma UNE-EN 17007.

Se deben caracterizar y priorizar los sucesos (fallos, mal funcionamiento por fallos latentes) que pueden afectar negativamente estos aspectos. Esta priorización permite definir y planificar acciones preventivas para evitar o controlar sus consecuencias. Los sucesos que han requerido mantenimiento correctivo se jerarquizan de acuerdo con su impacto y las restricciones para su implementación y se organiza una lista clasificada y actualizable de estos eventos. Así, los fallos se abordan mediante mantenimiento preventivo a corto y mediano plazo, priorizando aquellos que tienen mayor importancia y posibilidad de realización.

2- Diseño de planes de mantenimiento: jerarquización de equipos, análisis de modos de falla y diseño del plan.

Para alcanzar los objetivos de la política de mantenimiento en términos de disponibilidad, fiabilidad, seguridad y costos, es esencial determinar las acciones específicas que se implementan sobre cada elemento involucrado. Esto implica identificar las tareas de

mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo necesarias para asegurar que los activos funcionen de acuerdo con los parámetros definidos. Además, es importante preparar la información de mantenimiento que permita la realización segura y eficiente de cada tarea, lo que incluye procedimientos, herramientas indispensables y medidas de seguridad.

3- Programar el mantenimiento: cronograma

Para crear un cronograma eficaz para las tareas de mantenimiento planificadas es fundamental establecer una línea de tiempo que considere, tanto las restricciones de programación como los recursos necesarios (materiales, personal y herramientas). Este cronograma debe prever posibles incertidumbres que puedan surgir, como demoras en la entrega de materiales o la disponibilidad limitada de personal especializado.

Es esencial coordinar este cronograma con el Departamento de Producción para minimizar las interrupciones en las operaciones. Esto incluye definir una fecha de inicio y una fecha de finalización provisionales para cada tarea de mantenimiento, de manera que las actividades de producción se ajusten a las necesidades del mantenimiento planificado. Esta colaboración asegura un balance entre la disponibilidad de los activos y la eficiencia de la producción, para que el mantenimiento no impacte negativamente en la capacidad operativa de la empresa.

7.2.5 Hacer

1- Intervenir en las máquinas de acuerdo con el plan.

Las tareas preventivas se inician al asignar acciones a personal competente y disponible, asegurando su realización en la fecha programada. Para devolver el equipo a su estado óptimo mediante acciones preventivas, es fundamental garantizar la seguridad de los

elementos y del personal, al restringir el acceso y proporcionar equipos de protección. Antes de comenzar las asignaciones, se debe realizar una inspección de seguridad y se deben implementar los recursos y medios necesarios para ejecutar las tareas de manera efectiva y segura.

2- Intervención ante fallas (mantenimiento no planificado)

El objetivo de este proceso es identificar y solucionar las averías, localizando e investigando las causas para evitar su recurrencia. Esto implica reconocer el elemento afectado y su entorno, evaluar los efectos del suceso no deseado en el elemento y su entorno y localizar e identificar las razones probables de fallos, ya sea por sucesos o mecanismos de degradación. Además, se analiza la posibilidad de repetición del fallo para entender patrones y se investiga la causa raíz, estableciendo la cadena causal completa.

3- Recopilar datos sobre fallas

La finalidad es reunir todos los datos necesarios para la documentación y mejorar el proceso de mantenimiento. La documentación de mantenimiento debe incluir el histórico de todos los datos relativos a un elemento. Este historial puede contener registros de todos los fallos, averías, costos, tiempos de disponibilidad del elemento y cualquier otro dato relevante (UNE-EN 17007:2018).

7.2.6 Verificar

1- Analizar los datos de fallas

Analizar, almacenar y transmitir los datos para convertirlos en información relevante para la toma de decisiones.

2- Administrar los indicadores del cuadro de mando integral

Permite evaluar el desempeño del departamento en relación con la estrategia empresarial.

3- Auditorías

La auditoría es un medio para evaluar la eficacia, identificar riesgos y determinar el cumplimiento de los requisitos. Para que estas sean eficaces, es necesario recopilar evidencias, tanto tangibles como intangibles y se deben tomar acciones con base en el análisis de la evidencia (UNE-EN ISO 9000:2015).

Se sugiere la realización de auditorías de manera anual.

7.2.7 Actuar

1- Ajustar las estrategias y tácticas de mantenimiento

Con base en los resultados del proceso anterior, puede ser pertinente ajustar estos elementos.

2- Replantear los objetivos del mantenimiento, así como los indicadores y las metas

Si las circunstancias lo requieren, se debe replantear el cuadro de mando integral.

7.2.8 Gestión

La gestión es un proceso esencial en todas las etapas del ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar, actuar). Como se expone en el apartado de marco teórico, la gestión correcta mejora la alineación de las estrategias y operaciones de mantenimiento, integra la planificación del mantenimiento con la inversión, influye en el desarrollo de la creación de activos, como el diseño y la ingeniería y provee un enfoque integrado para la tarea de

producción, que incluye activos, operaciones y mantenimiento. Además, establece una mayor relevancia de la función de mantenimiento dentro de las distintas áreas de la empresa.

Su función principal consiste en identificar cuestiones externas e internas que afectan a la organización de mantenimiento y en hacer un seguimiento de ellas. Esto incluye reconocer las partes interesadas y sus requisitos, así como definir el alcance y la aplicabilidad de las actividades. Además, la gestión debe establecer y mejorar continuamente los procesos necesarios, determinando sus interacciones y los recursos requeridos. Asimismo, implica asignar responsabilidades, abordar riesgos, evaluar los procedimientos e implementar mejoras. Por último, es fundamental mantener información documentada que respalde la operación de los procesos y garantizar que se realicen de acuerdo con lo planificado.

7.2.9 Liderazgo

El liderazgo es fundamental en el enfoque a procesos, ya que se manifiesta en todos los procedimientos del ciclo: “La creación de la unidad de propósito y la dirección y gestión de las personas permiten a una organización alinear sus estrategias, políticas, procesos y recursos para lograr sus objetivos” (ISO 9000, s. p.).

Se debe demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión, asumiendo la responsabilidad de su eficacia y asegurando que la política y los objetivos de calidad estén alineados con la dirección estratégica de la empresa. Además, es necesario garantizar la disponibilidad de recursos, comunicar la importancia de la calidad y comprometer a las personas para que contribuyan a la eficacia del sistema.

Se debe comprender y cumplir los requisitos del cliente y las normativas aplicables, así como identificar riesgos y oportunidades que puedan afectar la satisfacción del cliente.

Asimismo, es esencial establecer y mantener una política adecuada al propósito de la organización de mantenimiento, que incluya compromisos de cumplimiento y mejora continua (UNE-EN ISO 9001:2015).

7.2.10 Procesos de soporte

Los procesos de soporte mantienen una relación bidireccional con la gestión y el liderazgo, ya que proveen herramientas útiles para que estos logren sus objetivos, a la vez que reciben las órdenes de la gestión.

Estos procesos incluyen el control de inventarios de repuestos y partes de máquinas, asegurando que estén disponibles para que el personal lleve a cabo sus labores. Además, es fundamental proporcionar los equipos de apoyo (por ejemplo, montacargas), herramientas, instrumentos y materiales necesarios para las acciones de mantenimiento.

Asimismo, el sistema de información debe gestionarse adecuadamente para obtener registros de fallas, programaciones de mantenimiento, estadísticas, costos e información sobre los equipos. Por consiguiente, es importante que exista un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente que permita procesar esta información y generar resultados útiles para la toma de decisiones.

Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

1. La descripción del estado actual de mantenimiento mediante una herramienta estandarizada permite evidenciar de manera tangible las oportunidades de mejora, siendo las más relevantes en las áreas de *mantenimiento circunstancial*, *personal de mantenimiento*, entre otras.
2. Se determinó que la empresa se encuentra en un nivel de consciencia de madurez en mantenimiento, lo cual representa una oportunidad de crecimiento y desarrollo de las capacidades del departamento en áreas específicas que son clave para la mejora en la organización, como:
 - Funciones y responsabilidades de la organización de mantenimiento.
 - Autoridad y autonomía de la organización de mantenimiento.
 - Sistema de información de la organización de mantenimiento.
 - Políticas para la planificación del mantenimiento.
 - Cuantificación de las necesidades del personal de mantenimiento.
 - Apoyo administrativo.
 - Apoyo gerencial.
3. La identificación de los indicadores para el mantenimiento mediante una herramienta estandarizada como el Balanced Scorecard permite convertir el marco estratégico de la empresa en acciones que gestionan el desempeño del mantenimiento de manera alineada con su estrategia. Esto le da la posibilidad de anticiparse y preparar acciones de mejora para el futuro.

4. Para ejecutar la estrategia que se planteó en el cuadro de mando integral, se diseñó un modelo basado en el enfoque al cliente y en el enfoque a procesos de la norma ISO 9001, que también se inspira en los procedimientos estipulados por la norma EN 17007. En este modelo se refleja la importancia del cliente, del proceso planificar-hacer-verificar-actuar, así como del liderazgo y la gestión.

8.2 Recomendaciones

8.2.1 Recomendaciones a la empresa

8.2.1.1 Sugerencias a la Gerencia. Estas sugerencias se basan en los deméritos de norma Covenin 2500-93

1. Se sugiere reconocer que es primordial la existencia de una organización de mantenimiento que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas.
2. Se propone agregar a la organización de la empresa la función de mantenimiento, gestionada por un nuevo departamento que operará al mismo nivel que el Departamento de Producción e independiente de este (ver organigrama propuesto en anexos).
3. Delegar autoridad a la nueva jefatura de mantenimiento en la toma de decisiones que se relacionan con el mantenimiento.
4. Valorar la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento que pretende definir la función de mantenimiento en la empresa y guiar la gestión para cumplir los objetivos, los cuales se proponen junto con sus indicadores.
5. Dar mantenimiento: apoyo requerido para que se cumplan los objetivos, autonomía para cumplir sus funciones y recursos suficientes.

6. Fomentar la agilización de trámites para otorgar recursos al mantenimiento y promover la coordinación entre el departamento actual de producción y el nuevo Departamento de Mantenimiento, debido a que ambos ahora están al mismo nivel.

8.2.1.2 Sugerencias de funciones para la nueva jefatura de mantenimiento. Estas recomendaciones se basan en los deméritos de norma Covenin 2500-93

1. Definir por escrito los componentes del departamento, así como sus funciones y responsabilidades y la línea de autoridad, lo que evita solapamientos o duplicidad de funciones.
2. Realizar un estudio que especifique detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento, que trascienda la mera reparación de fallas.
3. Diseñar una planificación para ejecutar cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles y establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones en aquellos sistemas que lo requieran.
4. A través de esa programación, se debe determinar el número óptimo de personas, de manera que el personal sea suficiente en calidad y cantidad y que este número se ajuste a la realidad de la empresa.
5. Dar a conocer al personal sus funciones y responsabilidades, así como informar sobre la política de mantenimiento al personal a cargo y a la Gerencia.
6. Realizar formatos en los que se especifique el tipo y número de ejecutores de mantenimiento según el tipo de frecuencia, la clase de mantenimiento y para cada semana de programación.

7. Definir los recursos necesarios y suficientes para que el personal cumpla con sus objetivos.
8. Crear procedimientos normalizados (formatos) para llevar a cabo y comunicar la información entre las secciones o unidades, así como para su almacenamiento y recuperación adecuada.

Otras recomendaciones

- Realizar auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento y la eficacia del modelo.
- Medir los indicadores establecidos permite realizar consideraciones en el futuro, por ejemplo:
 - Establecer metas específicas para los indicadores propuestos.
 - Evaluar la necesidad de adoptar nuevas tecnologías.
 - Considerar la contratación de más personal de acuerdo con las demandas del departamento.
 - Invertir en un *software* de gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia.
 - Realizar el monitoreo de la condición de los equipos y el mantenimiento predictivo.
 - Reducir el desperdicio y el impacto ambiental.
 - Medir variables adicionales que puedan ser relevantes para el rendimiento del mantenimiento.

Capítulo 9. Referencias

- Améndola, L. (2008). *Aplicación de un Modelo de Gestión de Activos en un entorno industrial*. IX Congreso de Confiabilidad de la AEC.
- Améndola, L. (2011). *Gestión integral del mantenimiento de Activos como Estrategia de Negocios* (Assessment, PAS 55 – ISO 55000). 5º Congreso Español de Mantenimiento y 16º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento.
- Asociación Española de Normalización. (2003). *Sistemas de gestión de calidad: Guía para la implantación de sistemas de indicadores*. (UNE 66175:2003).
- Asociación Española de Normalización. (2015). *Mantenimiento en la gestión de los activos físicos*. (UNE-EN 16646:2015).
- Asociación Española de Normalización. (2018). *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*. (UNE-EN 13306:2018).
- Asociación Española de Normalización. (2018a). *Proceso de mantenimiento e indicadores asociados*. (UNE-EN 17007:2018).
- Comisión Electrotécnica Internacional. (2018). *Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC)*. (UNE-EN IEC 60812:2018).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Mantenimiento. Definiciones*. (COVENIN 3049-93).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria* (COVENIN 2500-93).
- Fruth, S.; Zhao, C. L.; Kruppa, S. y Schiffers, R. (2020). Experimental wear data for acquisition for condition monitoring in injection molding machines. *ANTEC 2020 Papers: The virtual edition*.

- Ibrahim, I.; Bello Sa'ad, U.; Daud, D.; Umar Yaro, H. y Bello, R. (2021). Asset management performance benchmarking: A maturity model review. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 51, 51–55.
- Maletič, D.; Maletič, M.; Al-Najjar, B. y Gomišček, B. (2012). *The role of maintenance regarding improving product quality and company's profitability: A case study*. 2nd IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology, 07–12.
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. Alfaomega.
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *Gestión de activos: Aspectos generales, principios y terminología*. (UNE-ISO 55000:2015).
- Organización Internacional de Normalización. (2015a). *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. (UNE-EN ISO 9000:2015).
- Organización Internacional de Normalización. (2015b). *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos*. (UNE-EN ISO 9001:2015).
- Organización Internacional de Normalización. (2015c). *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso*. (UNE-EN ISO 14001:2015).
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión*. (ISO 19011:2018).
- Parra Márquez, C. A. y Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión de mantenimiento (MGM)*. Ingeman.

Parra, C.; Crespo, A.; González-Prida, V.; Viveros, P.; Kristjanpoller, F.; Parra, J. y Balda, A. (2022). MGM: Modelo de gestión del mantenimiento alineado con la gestión de activos. Caso de estudio: mina de hierro. *Industria Química*, 52, 52–63.

Quiroz-Flores, J. y Vega-Alvites, M. (2022). Review lean manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry SMEs: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156. doi. <http://dx.doi.org/10.7166/33-2-2711>

Tayalati, F.; Boukrouh, I.; Azmani, A. y Azmani, M. (2024). Implementation of Digital Twin and Deep Learning for Process Monitoring: Case Study in Injection Molding Manufacturing. *Proceedings of the 10th World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Sciences (EECSS'24)*. <https://doi.org/10.11159/cist24.171>

Vásquez, E. (2021). *Determinar brechas y prioridades para la auditoría de gestión de mantenimiento*.

https://www.researchgate.net/publication/350290377_5BRECHAS_Y_PRIORIDADES

Vásquez, E. (2021). *Instrumento de Medición para Diagnosticar la Gestión del mantenimiento*.

https://www.researchgate.net/publication/350290384_4INSTRUMENTO_Y_DIAGNO

STICO

Capítulo 10. Índice de tablas y figuras

Índice de tablas

Tabla 1. Áreas y principios básicos que evalúa Covenin 2500–93	26
Tabla 2. Hallazgos presentes y ausentes sobre la organización de la empresa	28
Tabla 3. Hallazgos presentes y ausentes sobre la organización de mantenimiento	29
Tabla 4. Hallazgos presentes y ausentes sobre la planificación del mantenimiento	30
Tabla 5. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento rutinario	31
Tabla 6. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento programado	32
Tabla 7. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento circunstancial	33
Tabla 8. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento correctivo	34
Tabla 9. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento preventivo	35
Tabla 10. Hallazgos presentes y ausentes sobre el mantenimiento por avería	36
Tabla 11. Hallazgos presentes y ausentes sobre el personal de mantenimiento	37
Tabla 12. Hallazgos presentes y ausentes sobre el apoyo logístico	38
Tabla 13. Hallazgos presentes y ausentes sobre los recursos de mantenimiento	39
Tabla 14. Ficha de evaluación del sistema de mantenimiento de la empresa inyectora de plástico	47
Tabla 15. Nivel de madurez identificada para cada principio básico.	49
Tabla 16. Correspondencia de los símbolos mostrados en la tabla siguiente con los principios básicos analizados	52
Tabla 17. Matriz de influencia y dependencia entre los principios básicos de Covenin 2500–93	54

Tabla 18. Puntaje por asignar según zona de influencia–dependencia y grado de madurez	56
Tabla 19. Indicadores de la perspectiva de aprendizaje y desarrollo para el cuadro de mando.	65
Tabla 20. Indicadores de la perspectiva de procesos internos para el cuadro de mando.	66
Tabla 21. Indicadores de la perspectiva del cliente para el cuadro de mando.	69
Tabla 22. Indicadores de la perspectiva financiera para el cuadro de mando.	70

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del proceso de moldeo por inyección	3
Figura 2. Calificaciones porcentuales de la organización de la empresa	28
Figura 3. Calificaciones porcentuales de la organización de mantenimiento	29
Figura 4. Calificaciones porcentuales de la planificación del mantenimiento	30
Figura 5. Calificaciones porcentuales del mantenimiento rutinario	31
Figura 6. Calificaciones porcentuales del mantenimiento programado	32
Figura 7. Calificaciones porcentuales del mantenimiento circunstancial	33
Figura 8. Calificaciones porcentuales del mantenimiento correctivo	34
Figura 9. Calificaciones porcentuales del mantenimiento preventivo	35
Figura 10. Calificaciones porcentuales del mantenimiento por avería	36
Figura 11. Calificaciones porcentuales del personal de mantenimiento	37
Figura 12. Calificaciones porcentuales del apoyo logístico	38
Figura 13. Calificaciones porcentuales de los recursos de mantenimiento	39
Figura 14. Puntuaciones gráficas de las áreas evaluadas	43

Figura 15. Gráfico radar resumen de los resultados de la auditoría	44
Figura 16. Índice de medición de la gestión de mantenimiento	48
Figura 17. Gráfico de dispersión de influencia y dependencia de los principios básicos de Covenin 2500-93	55
Figura 18. Calificaciones a los principios según madurez y zona de influencia	58
Figura 19. Análisis FODA para el Departamento de Mantenimiento.	61
Figura 20. Mapa estratégico de los objetivos de mantenimiento	65
Figura 21. Cuadro de mando integral propuesto para el Departamento de Mantenimiento de planta.....	72
Figura 22. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la empresa	75

Capítulo 11. Apéndices

11.1 Desglose de deméritos de la auditoría

Área: principio básico, deméritos y calificación

I: ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

I.1 Funciones y responsabilidades

I.1.1 La organización no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general como a nivel de departamentos.

0

I.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.

3

I.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.

3

I.2 Autoridad y autonomía

I.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida

0

I.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones

0

I.2.3 Existe duplicidad de funciones

2

I.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que ser efectuada previa consulta a los niveles superiores

8

I.3 Sistema de información

I.3.1 La Organización no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones.

2

I.3.2 La organización no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.

1

I.3.3 La organización no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.

0

I.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamientos (archivo) para su cabal recuperación.

1

I.3.5 La organización no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los resultados que se deseen obtener.

0

I.3.6 La organización no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.

0

ÁREA II: ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

II.1 Funciones y responsabilidades.

II.1.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para La Organización de mantenimiento.

11

II.1.2 La organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos por mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica, u otro.

7

II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción.

6

II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.

5

II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.

5

II.1.6 La organización no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.

4

II.2 Autoridad y autonomía

II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad.

4

II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.

10

II.2.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la organización de mantenimiento.

6

II.2.4 Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores.

2

II.3 Sistema de Información

II.3.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un flujograma para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.11

II.3.2 La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener.

9

II.3.3 La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.

7

II.3.4 La Organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente. 4

II.3.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación. 4

II.3.6 La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.

3

ÁREA III: PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

III.1 Objetivos y Metas

III.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir La Organización de mantenimiento.

10

III.1.2 La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.

10

III.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.

7

III.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.

7

III.2 Políticas para la planificación

III.2.1 La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.

12

III.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.

8

III.2.3 A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan

1

III.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas. 8

III.3 Control y evaluación

III.3.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.

2

III.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.

2

III.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.

2

III.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de estos dentro del sistema al cual pertenece, recogida esta información en formatos normalizados. 4

III.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito.

2

III.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación.

1

III.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.0

III.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.

1

ÁREA IV: MANTENIMIENTO RUTINARIO

IV.1 Planificación IV.1.1 No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario o en su defecto a La Organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.

3

IV.1.2 Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.

2

IV.1.3 Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento a realizar.

7

IV.1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.

3

IV.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.

2

IV.1.6 No se cuenta con un *stock* de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.

2

IV.2 Programación e Implantación

IV.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.

1

IV.2.2 La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.

3

IV.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.

3

IV.2.4 Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.

3

IV.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana.

3

IV.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.

3

IV.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que conformarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario.

1

IV.2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario.

1

IV.3 Control y evaluación

IV.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.

5

IV.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.

3

IV.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.

1

IV.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.

2

IV.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.

1

IV.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.

2

IV.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

5

ÁREA V: MANTENIMIENTO PROGRAMADO

IV.1 PlanificaciónV.1.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.

10

V.1.2 La empresa no posee un estudio donde especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.

3

V.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y en el cual se especifiquen las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales.

3

V.1.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.

5

V.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.

5

V.1.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado

10

V.1.7 No existe una planificación conjunta entre La Organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado. 3

V.2 Programación e implantación

V.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.

10

V.2.2 Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación.

10

V.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.

3

V.2.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento. 10

V.2.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado. 0

V.2.6 La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.

6

V.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.

6

V.3 Control y evaluación

V.3.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado

0

V.3.2 No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.

10

V.3.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluación de ejecución.

0

V.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.

0

V.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto al consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales.4

V.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento. 20

V.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

20

ÁREA VI: MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL

VI.1 Planificación VI.1.1 Los objetos que van a ser sometidos a acciones de mantenimiento circunstancial no están claramente definidos.

20

VI.1.2 No existen formularios con datos de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento circunstancial para cuando se tome la decisión de utilizar dichos objetos.

0

VI.1.3 No existe coordinación con el departamento de producción para la ejecución de las acciones de mantenimiento circunstancial.

20

VI.1.4 El personal no está en capacidad de absorber la carga de trabajo de mantenimiento circunstancial. 20

VI.1.5 La organización no concede dentro de la estructura general de mantenimiento, la importancia que tiene el mantenimiento circunstancial a la hora de llevar a cabo la planificación.

3

VI.2 Programación e implantación

VI.2.1 El mantenimiento circunstancial se realiza sin ningún tipo de basamento técnico.

20

VI.2.2 No existe información clara y detallada sobre las acciones a ejecutarse en mantenimiento circunstancial en el momento en que sea requerido.

15

VI.2.3 La organización de mantenimiento realiza las actividades de mantenimiento circunstancial sin considerar a los otros entes de la empresa.

15

VI.2.4 No se tiene previsto que sistemas sustituirán a los objetos desincorporados.

15

VI.2.5 Las actividades de mantenimiento circunstancial se realizan según el programa existente, pero no se dispone de la holgura necesaria para atender situaciones imprevistas.

15

VI.3.1 La organización no cuenta con los procedimientos de control de ejecución adecuados para las actividades del mantenimiento circunstancial.

15

VI.3.2 La organización no cuenta con medios para la evaluación de las acciones de mantenimiento circunstancial, de acuerdo con los criterios tanto técnicos como económicos.

10

VI.3.3 No se cuenta con un sistema de recepción y procesamiento de información para la evaluación del mantenimiento circunstancial en el momento oportuno

10

VI.3.4 No se cuenta con mecanismos que permitan disminuir las interrupciones en la producción como consecuencia de las actividades de mantenimiento circunstancial.

20

VI.3.5 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento circunstancial basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

25

ÁREA VII: MANTENIMIENTO CORRECTIVO

VII.1 Planificación VII.1.1 No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia.

30

VII.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección. 0

VII.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.

10

VII.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia.

15

VII.2. Programación e Implantación

VII.2.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo. 5

VII.2.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.

10

VII.2.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.

10

VII.2.4 El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin 3

VII.3 Control y evaluación

VII.3.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.

0

VII.3.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.

0

VII.3.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.

10

VII.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

10

ÁREA VIII: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

VIII.1 Determinación de Parámetros

VIII.1.1 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.

20

VIII.1.2 La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.

20

VIII.1.3 No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.

5

VIII.1.4 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.

5

VIII.1.5 El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.

5

VIII.2. Planificación
VIII.2.1 No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva.

10

VIII.2.2 La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.

20

VIII.3 Programación e Implantación

VIII.3.1 Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los períodos de tiempo correspondientes.

12

VIII.3.2 Las ordenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.

12

VIII.3.3 Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.

0

VIII.3.4 No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.

0

VIII.3.5 Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.

3

VIII.4 Control y evaluación

VIII.4.1 No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.

15

VIII.4.2 No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo hasta su ejecución.

5

VIII.4.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.

10

VIII.4.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

0

ÁREA IX.1 MANTENIMIENTO POR AVERÍA

IX.1 Atención a las Fallas

IX.1.1 Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.

20

IX.1.2 No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas para cierto período.

3

IX.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar una falla no se hace de una manera rápida.

9

IX.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema. 15

IX.1.5 Lo tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.

0

IX.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.

5

IX.2 Supervisión y ejecución

IX.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución.3

IX.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.

0

IX.2.3 La supervisión es escasa o nula durante la reparación y puesta en marcha del sistema averiado. 0

IX.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.

2

IX.2.5 No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de estas.

1

IX.2.6 No se llevan registros sobre el consumo, de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías. 1

IX.2.7 No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de averías. 5

IX.2.8 No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.

0

IX.3 Información sobre las averías

IX.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.

3

IX.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.

20

IX.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas; con el objeto, de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.

5

IX.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

30

ÁREA X: PERSONAL DE MANTENIMIENTO

X.1 Cuantificación de las necesidades del personal

X.1.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.

20

X.1.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa. 20

X.1.3 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada

semana de programación.

3

X.2 Selección y formación

X.2.1 La selección no se realiza de acuerdo con las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.

5

X.2.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal

10

X.2.3 No se tienen establecidos períodos de adaptación del personal.

10

X.2.4 No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.

10

X.2.5 Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrito.

0

X.2.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.

0

X.2.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.

3

X.2.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.

0

X.3 Motivación e Incentivos

X.3.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.

10

X.3.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.

10

X.3.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad de trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento. 5

X.3.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.5

ÁREA XI: APOYO LOGÍSTICO

XI.1 Apoyo administrativo

XI.1.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes.

5

XI.1.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a la organización de mantenimiento.

3

XI.1.3 La administración no funciona en coordinación con La Organización de mantenimiento.
0

XI.1.4 Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.
0

XI.1.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.
10

XI.2 Apoyo gerencial

XI.2.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general.
7

XI.2.2 Para la gerencia, mantenimiento es sólo la reparación de los sistemas.
3

XI.2.3 La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas; por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos.
5

XI.2.4 La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones.
3

XI.2.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por La Organización de mantenimiento.5

XI.3 Apoyo GeneralXI.3.1 No se cuenta con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.
0

XI.3.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionado con mantenimiento.
1

ÁREA XII: RECURSOSXII.1 Equipos

XII.1.1 No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad. 1

XII.1.2 Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado.
2

XII.1.3 El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a información (catálogos, revistas u otros), sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos.
0

XII.1.4 Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es eficiente.
0

XII.1.5 No se lleva registro de entrada y salida de equipos
0

XII.1.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos.

3

XII.2 HerramientasXII.2.1 No se cuenta con las herramientas necesarias para que el ente de mantenimiento opere eficientemente.

1

XII.2.2 No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención. 0

XII.2.3 Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento. 0

XII.2.4 No se llevan registros de entrada y salida de herramientas.

5

XII.2.5 No se cuenta con controles de uso y estado de las herramientas.

2

XII.3 InstrumentosXII.3.1 No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.

0

XII.3.2 No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, la efectividad y exactitud de estos. 3

XII.3.3 El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información (catálogos, revistas u otros), sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos.

0

XII.3.4 Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia pero no se conoce o no se les el uso adecuado.2

XII.3.5 No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos.

5

XII.3.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos.

1

XII.3.1 No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad. 0

XII.4 MaterialesXII.4.1 No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento. 1

XII.4.2 El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento. 3

XII.4.3 Los materiales no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros). 0

XII.4.4 No se ha determinado el costo por falta de material.

1

XII.4.5 No se ha establecido cuáles materiales tener en *stock* y cuales comprar de acuerdo con pedidos. 2

- XII.4.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente. 0
- XII.4.7 No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad. 0
- XII.4.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material. 1
- XII.4.9 No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores. 1
- XII.4.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material. 0
- XII.5 Repuestos
- XII.5.1 No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento. 1
- XII.5.2 Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento. 3
- XII.5.3 Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros). 1
- XII.5.4 No se ha determinado el costo por falta de repuestos. 1
- XII.5.5 No se ha establecido cuáles repuestos tener en *stock* y cuales comprar de acuerdo con pedidos. 3
- XII.5.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente. 0
- XII.5.7 No se lleva el control (formatos) de los repuestos desechados por mala calidad. 0
- XII.5.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto. 3
- XII.5.9 No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores. 0
- XII.5.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuesto. 3