

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TEMA:

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MIPYMES DEL SECTOR METALMECÁNICO EN LA
PROVINCIA DE PICHINCHA

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Italo Sebastian Bravo Zurita

DIRECTOR:

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

Ibarra - Ecuador

2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|--------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1726573312 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Bravo Zurita Italo Sebastian | | |
| DIRECCIÓN: | Cayambe, Barrio 27 de Mayo, San José y El Bosque | | |
| EMAIL: | isbravoz@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | S/N | TELF. MOVIL | 0994497316 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--|---|
| TÍTULO: | Plan de mantenimiento para MIPYMES del sector metalmecánico en la provincia de Pichincha |
| AUTOR (ES): | Bravo Zurita Italo Sebastian |
| FECHA: AAAA/MM/DD | 23/07/2024 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | |
| CARRERA/PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero Industrial |
| DIRECTOR: | Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc. |

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días, del mes de julio de 2024

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, enclosed within a blue oval shape.

Firma.....

Nombre: Italo Sebastian Bravo Zurita

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 23 de julio de 2024

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f)

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

C.C.: 179188029

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Plan de mantenimiento para MIPYMES del sector metalmeccánico en la provincia de Pichincha.” elaborado por Italo Sebastian Bravo Zurita, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f) 

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

C.C.: 1719182029

(f) 

Ing. Jenyffer Alexandra Yépez Chicaiza MSc.

C.C.: 100301339-8

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, Teresa e Itado, quienes con su amor incondicional han velado por mi bienestar y educación a lo largo de mi vida. Los amo profundamente aspiro a corresponder cada esfuerzo y sacrificio que han dedicado por mí.

A mi abuelita Cruz, quien fue un pilar fundamental en mi vida. Aunque ya no está con nosotros, su amor, fortaleza y enseñanzas continúan siendo una fuente constante de inspiración para mi camino. Desde el cielo, tu luz me brinda la fuerza necesaria para continuar avanzando.

A mi familia por estar siempre atentos a mis acciones y por brindarme su apoyo incondicional. Su presencia y aliento han sido fundamentales en cada paso de este camino académico. Toda mi familia

Y, finalmente a mis queridos amigos que he conocido a lo largo de mi trayectoria académica. Vuestra amistad ha sido un regalo invaluable que ha enriquecido mi vida y ha hecho de esta etapa más significativa.

Italo Sebastian Bravo Zurita

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y permitirme alcanzar esta nueva etapa en mi vida.

A mis padres y familia por su inquebrantable apoyo a lo largo de este camino. Su aliento constante y su amor han sido fundamentales para alcanzar mis logros académicos.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y la Carrera de Ingeniería Industrial por impartirme conocimientos valiosos y fundamentales para mi formación académica y profesional

A mi tutor, Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc. Quien ha compartido su conocimiento y brindado de su tiempo en la elaboración de este trabajo de titulación.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a mis amigos por su apoyo, compañía y los momentos memorables compartidos, los cuales han contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional.

Italo Sebastian Bravo Zurita

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA..... | i |
| CONSTANCIA..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .. | iii |
| APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR..... | iv |
| DEDICATORIA..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 1.1 Tema..... | 3 |
| 1.2 Problema..... | 3 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.3 Alcance..... | 4 |
| 1.4 Justificación..... | 4 |
| CAPÍTULO II..... | 6 |
| MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Bases teóricas..... | 6 |
| 2.1.1 Historia de evolución del mantenimiento industrial..... | 6 |
| 2.1.2 Definición de mantenimiento..... | 7 |
| 2.1.3 Importancia del mantenimiento..... | 8 |
| 2.1.4 Beneficios del mantenimiento industrial..... | 8 |

| | | |
|-----------------------------|---|----|
| 2.1.5 | Objetivos del mantenimiento | 9 |
| 2.1.6 | Sistemas de mantenimiento de mantenimiento | 10 |
| 2.1.7 | Indicadores de mantenimiento | 13 |
| CAPÍTULO III | | 15 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | | 15 |
| 3.1 | Enfoque y tipo de investigación: | 15 |
| 3.2 | Métodos, técnicas e instrumentos..... | 16 |
| 3.2.1 | Métodos de investigación..... | 16 |
| 3.2.2 | Técnicas de investigación..... | 16 |
| 3.2.3 | Instrumentos | 17 |
| 3.3 | Diseño de investigación | 17 |
| 3.3.1 | Análisis situacional | 17 |
| 3.3.2 | Inventario y codificación de activos..... | 18 |
| 3.3.3 | Análisis de criticidad de maquinaria | 19 |
| 3.3.4 | Fichas técnicas de maquinaria..... | 23 |
| 3.3.5 | Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) | 23 |
| 3.3.6 | Plan de mantenimiento | 26 |
| 3.3.7 | Procedimiento de reemplazo o disposición final de maquinaria..... | 28 |
| CAPÍTULO IV | | 29 |
| RESULTADOS Y ANÁLISIS | | 29 |
| 4.1 | Análisis situacional | 29 |
| 4.1.1 | Mantenimiento en la industria..... | 29 |
| 4.1.2 | Situación empresarial | 30 |
| 4.2 | Inventario y codificación de activos..... | 33 |
| 4.3 | Desarrollo de fichas técnicas..... | 35 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.4 | Jerarquización de maquinaria..... | 36 |
| 4.4.1 | Análisis de criticidad..... | 36 |
| 4.4.2 | Clasificación de equipos en base a su criticidad | 37 |
| 4.5 | Evaluación de modo y efecto de falla (AMFE)..... | 38 |
| 4.6 | Plan de mantenimiento | 40 |
| 4.7 | Protocolo para disposición final o reemplazo de activos | 45 |
| | Conclusiones | 49 |
| | Recomendaciones..... | 50 |
| | Referencias Bibliográficas | 51 |
| | Anexos..... | 55 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| TABLA I OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES | 10 |
| TABLA II SISTEMA DE CODIFICACIÓN..... | 18 |
| TABLA III CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD | 19 |
| TABLA IV PONDERACIÓN DE CRITICIDAD | 20 |
| TABLA V NIVEL DE IMPORTANCIA O CRITICIDAD..... | 22 |
| TABLA VI PONDERACIÓN DE GRAVEDAD (AMFE) | 24 |
| TABLA VII PONDERACIÓN DE PROBABILIDAD (AMFE) | 25 |
| TABLA VIII PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DETECCIÓN | 26 |
| TABLA IX ACTIVIDADES DEL SISTEMA..... | 33 |

| | |
|--|----|
| TABLA X INVENTARIO DE ACTIVOS | 34 |
| TABLA XI RESUMEN DE INFORMACION TÉCNICA DE MAQUINARÍA | 35 |
| TABLA XII CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS EN BASE A SU CRITICIDAD..... | 37 |
| TABLA XIII COMPONENTES DE ACTIVOS CRÍTICOS | 38 |
| TABLA XIV RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA | 39 |
| TABLA XV PLAN DE MANTENIMIENTO | 41 |
| TABLA XVI PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Fig. 1. Evolución del mantenimiento | 6 |
| Fig. 2. Relación entre producción, calidad y mantenimiento..... | 8 |
| Fig. 3. Beneficios de la aplicación de actividades de mantenimiento en la industria | 9 |
| Fig. 4. Sistemas de mantenimiento..... | 11 |
| Fig. 5. Importancia del Mantenimiento centrado en la confiabilidad | 13 |
| Fig. 6. Árbol de problemas..... | 31 |
| Fig. 7. Diagrama de flujo de proceso | 32 |
| Fig. 8. Resultado del Análisis de modo y efecto de falla | 36 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo 1 Formato de encuesta | 56 |
| Anexo 2. Preguntas de entrevista | 57 |
| Anexo 3. Resultados de encuesta | 62 |
| Anexo 4. Formato de Matriz de criticidad | 65 |
| Anexo 5. Formato de ficha técnica..... | 65 |
| Anexo 6. Formato de matriz AMFE..... | 66 |
| Anexo 7. Orden de trabajo de actividades de mantenimiento..... | 67 |
| Anexo 8. Formato para reportar averías..... | 68 |
| Anexo 9. Formato de solicitud para disposición final de maquinaria..... | 69 |
| Anexo 10. Formato de solicitud para reemplazo de maquinaria..... | 70 |
| Anexo 11. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-01)..... | 71 |
| Anexo 12. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-03)..... | 72 |
| Anexo 13. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-04)..... | 73 |
| Anexo 14. Ficha técnica (SuitCase SD-SC-01) | 74 |
| Anexo 15. Ficha técnica (Compresor industrial IP-CI-01) | 75 |
| Anexo 16. Ficha técnica (Cizalla CT-CZ-01) | 76 |
| Anexo 17. Ficha técnica (Puente grúa TC-PG-01) | 77 |
| Anexo 18. Ficha técnica (Roladora industrial DB-RD-01)..... | 78 |
| Anexo 19. Ficha técnica (Montacargas TC-MC-01)..... | 79 |
| Anexo 20. Análisis de modo y efecto de falla (Soldadora SD-SL-01) | 82 |
| Anexo 21. Análisis de modo y efecto de falla (Soldadora SD-SL-03) | 84 |
| Anexo 22. Análisis de modo y efecto de falla (soldadora SD-SL-04)..... | 86 |
| Anexo 23. Análisis de modo y efecto de falla (SuitCase SD-SC-01)..... | 89 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 24. Análisis de modo y efecto de falla (Compresor industrial IP-CI-01)..... | 92 |
| Anexo 25. Análisis de modo y efecto de falla (Cizalla CT-CZ-01)..... | 95 |
| Anexo 26. Análisis de modo y efecto de falla (Puente grúa TC-PG-01)..... | 98 |
| Anexo 27. Análisis de modo y efecto de falla (Roladora industrial DB-RD-01) | 101 |
| Anexo 28. Análisis de modo y efecto de falla (Montacargas TC-MC-01) | 104 |
| Anexo 29 Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-01) | 106 |
| Anexo 30. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-03) | 108 |
| Anexo 31. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-04) | 110 |
| Anexo 32. Cronograma de actividades de mantenimiento para SuitCase (SD-SC-01) | 112 |
| Anexo 33. Cronograma de actividades de mantenimiento para compresor industrial (IP-CI-01) | 115 |
| Anexo 34. Cronograma de actividades de mantenimiento para cizalla (CT-CZ-01)..... | 118 |
| Anexo 35. Cronograma de actividades de mantenimiento para puente grúa (TC-PG-01) | 120 |
| Anexo 36. Cronograma de actividades de mantenimiento para roladora industrial (DB-RD-01) | 122 |
| Anexo 37. Cronograma de actividades de mantenimiento para montacargas (TC-MC-01)..... | 124 |

RESUMEN

Con el paso de los años, la automatización de los procesos de producción ha avanzado rápidamente, generando un cambio significativo en la gestión de activos y convirtiendo los planes de mantenimiento en pilares esenciales para las organizaciones. En la industria ecuatoriana, asegurar la disponibilidad de sus activos es crucial para evitar demoras o paradas imprevistas, las cuales pueden resultar en pérdidas de tiempo y costos innecesarios, además de comprometer la capacidad de satisfacer la demanda de producción. En este contexto, al desarrollar un plan de mantenimiento para MYPIMES del sector metalmecánico, se pretende reducir al mínimo la ocurrencia de fallas, averías o imperfecciones que puedan comprometer la producción, mediante la planificación adecuada de actividades de mantenimiento.

La formulación y el desarrollo de esta investigación se fundamentaron en diversas fuentes bibliográficas, incluyendo libros, artículos científicos y publicaciones relacionadas con el tema. Se inició aplicando técnicas de recopilación de información que proporcionaron una visión clara del estado actual del mantenimiento industrial. Se realizó un análisis de criticidad de los activos con el propósito de identificar aquellos con el mayor nivel de criticidad, y así priorizar el mantenimiento preventivo de dichos activos.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento se establece un proceso que incluye la creación inicial de un inventario y la codificación de los activos, el desarrollo de fichas técnicas detalladas, la identificación de la periodicidad de las actividades y la elaboración de cronogramas. Esto permite un mejor control de la planificación de acciones preventivas, dirigidas a asegurar la disponibilidad de activos esenciales, lo que resulta en mejoras significativas en la eficiencia operativa.

Palabras claves: Mantenimiento industrial, gestión de activos, disponibilidad de maquinaria, plan de mantenimiento.

ABSTRACT

Over the years, the automation of production processes has advanced rapidly, generating a significant change in asset management and turning maintenance plans into essential pillars for organizations. In the Ecuadorian industry, ensuring the availability of its assets is crucial to avoid delays or unplanned shutdowns, which can result in wasted time and unnecessary costs, in addition to compromising the ability to meet production demand. In this context, by developing a maintenance plan for MYPIMES in the metal-mechanic sector, the aim is to minimize the occurrence of failures, breakdowns or imperfections that may compromise production, through the proper planning of maintenance activities.

The formulation and development of this research was based on several bibliographic sources, including books, scientific articles and publications related to the subject. It began by applying information gathering techniques that provided a clear vision of the current state of industrial maintenance. A criticality analysis of the assets was carried out in order to identify those with the highest level of criticality, and thus prioritize the preventive maintenance of these assets.

For the development of the maintenance plan, a process is established that includes the initial creation of an inventory and codification of the assets, the development of detailed technical data sheets, the identification of the periodicity of the activities and the elaboration of chronograms. This allows for better control of preventive action planning, aimed at ensuring the availability of essential assets, resulting in significant improvements in operational efficiency.

Key words: industrial maintenance, asset management, machinery availability, maintenance plan.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Tema

Plan de mantenimiento para MIPYMES del sector metalmeccánico en la provincia de Pichincha

1.2 Problema

Como señala Sergio Páramo [1] , el mantenimiento industrial ha ganado fuerza en los últimos años, siendo considerado como punto clave para aumentar el nivel de competitividad y adaptabilidad de las empresas, instalaciones con un déficit de mantenimiento comprenden una pérdida de alrededor del 10% de la producción anual, en comparación con esto, el presupuesto medio anual por la ejecución de actividades de mantenimiento es del 3% en una planta, el cual comprende costos por personal de trabajo y costos de materiales, por lo que la cantidad de perdida de producción es mucho más superior que el presupuesto anual de mantenimiento.

De acuerdo con PRO ECUADOR [2], menciona que la industria manufacturera representa aproximadamente el 12% del PIB nacional, del cual el 1.8% es contribuido por el sector metalmeccánico, la capacidad de producción del sector correspondiente supera los 2.1 millones de toneladas al año, por lo que sus ventas anuales promedios rondan la cantidad de USD 3 mil millones. Además, el sector metalmeccánico genera de 93.000 plazas de empleo directas y se estima que alrededor de 400.000 indirectas a nivel nacional [3]. Por ello, a medida que el desarrollo del sector avanza se requiere mayores requerimientos y talento humano para garantizar la disponibilidad y eficiencia de los procesos productivos.

Ecuador cuenta con alrededor de 11.050 empresas pertenecientes al sector metalmeccánico lo que comprende a micro, pequeñas, medianas y grandes empresas [4], conforme con lo abordado anteriormente se estima que alrededor de un tercio de la cantidad de empresas, no cuentan con un plan de mantenimiento que les permitan garantizar la disponibilidad de los equipos maquinaria e infraestructura, esta cantidad puede perteneces a las micro y pequeñas empresas que no tienen la información o los recursos necesarios para la ejecución de un adecuado mantenimiento a sus activos, lo que por consecuencia provoca tiempos de inactividad no planificados, paro total de la

producción, riesgos para la salud del personal de trabajo y un aumento considerable del consumo energético de las instalaciones que afectan directamente a la eficiencia operativa [5].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar el plan de mantenimiento para MIPYMES del sector metalmecánico en la provincia de Pichincha

1.2.2 Objetivos específicos

- Fundamentar el mantenimiento industrial y los lineamientos necesarios de un plan de mantenimiento.
- Realizar el diagnóstico de las condiciones de la maquinaria existente en la organización.
- Elaborar el plan de mantenimiento que se ajuste a las necesidades del sector metalmecánico.

1.3 Alcance

La investigación mediante una encuesta realizada a diferentes empresas pertenecientes al sector metalmecánico especializadas en diseño, construcción y montaje de proyectos metalmecánicos procura estimar las dificultades que enfrentan al no contar con un plan de mantenimiento adecuado acorde a las necesidades de sus procesos de producción. Por ende, mediante la formulación del plan de mantenimiento, se busca reducir el número de intervenciones correctivas en las áreas de producción, lugar donde permanece la maquinaria de las empresas.

1.4 Justificación

A nivel internacional, el comercio de productos metalmecánicos representa el 30% de la economía global [6], por lo que es necesario contar con procesos productivos eficiente capaces de adaptarse a la demanda del mercado.

La reducción de costos, averías de maquinaria, tiempos de parada no panificados es una necesidad imperante, al abordar esta problemática se lograr beneficios significativos para las empresas, corporaciones como Motorola, Toyota, Ford, Intel entre otras, emplean principios

basados en lean manufacturing, mantenimiento industrial, six sigma para lograr la mejora continua, orientadas a la adaptabilidad de acuerdo con las necesidades de sus procesos [7].

En la actualidad, los sectores productivos en Ecuador se enfrentan a un entorno caracterizado por constantes cambios e incertidumbre, lo que puede generar un contexto complejo que distorsiona la capacidad de tomar decisiones acertadas. De acuerdo con Arroyo Cristian & Obando Romel [8], la implementación de actividades de mantenimiento preventivo puede incrementar la productividad de las plantas de producción en un intervalo de entre un 20% y un 30%, al mismo tiempo que reduce significativamente los costos asociados a las reparaciones de activos, contribuyendo a una mayor prolongación de la vida útil de la maquinaria.

Dado el impacto del mantenimiento en la gestión operativa y estratégica de las empresas, este se ha consolidado como un factor clave para lograr mejoras sustanciales. En particular, contribuye a la disminución de los costos relacionados con reparaciones o fallos en la cadena de producción, a la mejora de la calidad de los productos y a la elevación del nivel de fiabilidad operativa en las plantas de producción [9]. Por lo tanto, la presente investigación busca desarrollar estrategias de mantenimiento capaces de garantizar el óptimo funcionamiento, conservación y disponibilidad continua de la maquinaria. La mejora del sistema de mantenimiento no solo contribuirá al beneficio económico, sino que también facilitará el mantenimiento de un entorno laboral seguro y confiable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Historia de evolución del mantenimiento industrial

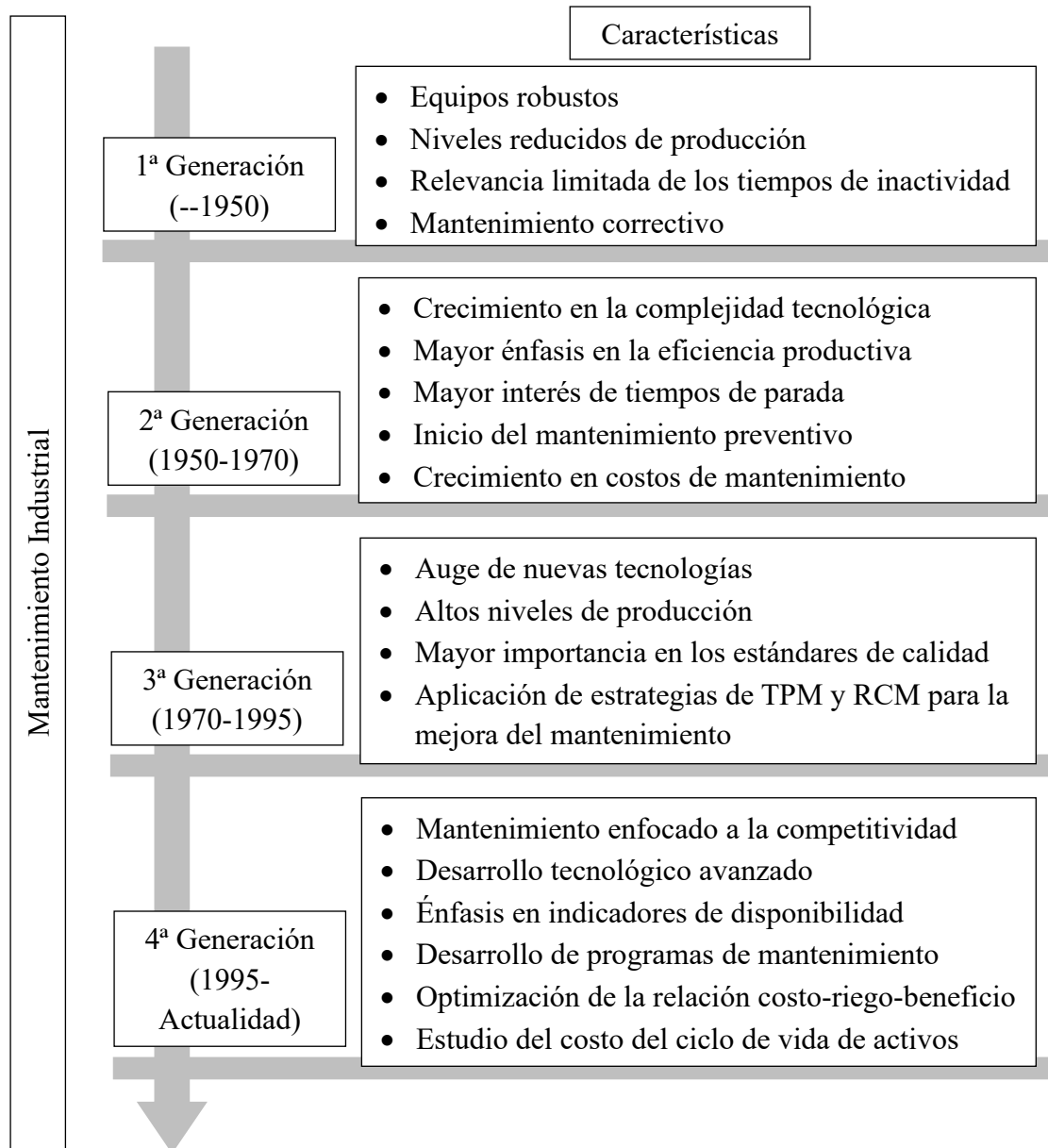


Fig. 1. Evolución del mantenimiento

A lo largo de la historia, el mantenimiento ha sido una de las actividades más cruciales para el progreso de la humanidad. Esta actividad emergió de la necesidad humana de conservar la funcionalidad de las herramientas primitivas. Con el tiempo, ha experimentado transformaciones significativas debido a nuevas demandas para mantener herramientas, equipos, maquinaria e instrumentos en condiciones óptimas de funcionamiento. El rápido desarrollo del mantenimiento siempre ha estado estrechamente vinculado al avance técnico e industrial de la humanidad.

La industria manufacturera fue pionera en la gestión del mantenimiento industrial, la capacidad de aprovechar los beneficios del vapor, como la generación de energía, marcó el inicio de la primera revolución industrial y la transición gradual del trabajo artesanal a la producción mecanizada. Durante este período, la industria no consideraba el mantenimiento como una actividad primordial; inicialmente, las fábricas utilizaban sus activos hasta que dejaban de funcionar, ya que las paradas completas de producción no se consideraban críticas, y por ello, no se percibían como un problema grave [10].

La Fig. 1 presenta las características del mantenimiento industrial en sus distintas etapas a lo largo de la historia, así como la relevancia que adquirió el mantenimiento en las industrias de diversas épocas.

2.1.2 Definición de mantenimiento

En el ámbito industrial, el mantenimiento ha experimentado un notable crecimiento, consolidándose como un elemento esencial en los procesos de producción. Aunque las definiciones del término pueden variar en su formulación, todas reflejan el mismo significado esencial.

De acuerdo con Pérez Rondón [11], el propósito del mantenimiento es optimizar la durabilidad y el rendimiento de los activos a través de un conjunto de acciones planificadas. Estas acciones deben ser llevadas a cabo por personas competentes en la ejecución de tales tareas, y se fundamentan en la integración de conocimientos, habilidades y experiencia. Montilla Carlos [12] concuerda con el concepto brindado, pero subraya que el mantenimiento es un componente esencial de la ingeniería. Esto se debe a que asegura la eficiencia operativa, la seguridad, la durabilidad de los activos y el cumplimiento de las normativas, contribuyendo de manera integral al éxito y sostenibilidad de las operaciones industriales.

2.1.3 Importancia del mantenimiento

En la actualidad, la implementación de estrategias de mantenimiento juega un papel crucial en la disminución de defectos que podrían interrumpir el proceso de producción, evitando tiempos inactivos que aumentan el riesgo de no cumplir con los objetivos de producción. A pesar de que en el pasado los costos de mantenimiento eran significativamente altos, en la actualidad constituyen una fracción mínima del costo total de producción. En consecuencia, ha habido un notable aumento en la demanda de profesionales altamente capacitados en esta área.

Por otro lado, el considerable avance tecnológico ha facilitado una mejora sustancial en el análisis de alternativas para la toma de decisiones empresariales orientadas hacia la mejora continua. Este progreso ha elevado el nivel de calidad y competitividad de las organizaciones, permitiéndoles adaptarse de manera efectiva a los futuros cambios del mercado [8].

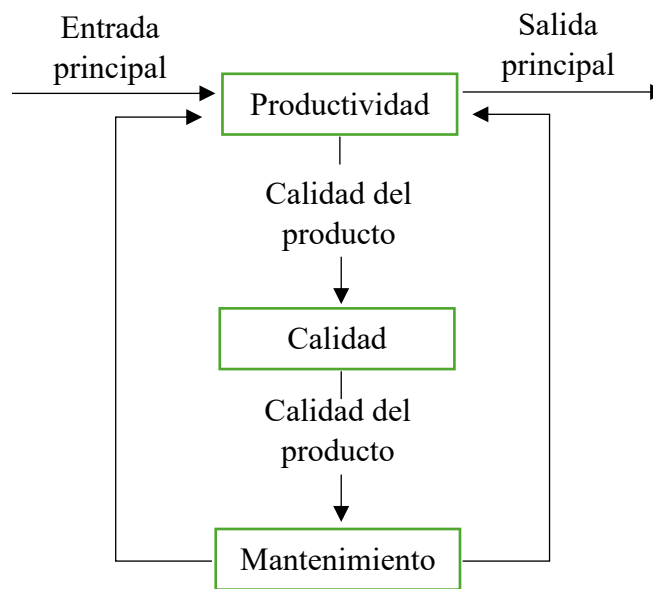


Fig. 2. Relación entre producción, calidad y mantenimiento

La Fig. 2 ilustra cómo el mantenimiento industrial se enfoca principalmente en aumentar la efectividad y calidad de producción, buscando un rendimiento óptimo de la producción evitando generar gastos innecesarios por acciones correctivas empleadas en ocasiones de vulnerabilidad.

2.1.4 Beneficios del mantenimiento industrial

Año tras año, la misión del mantenimiento es implementar y lograr una mejora continua de los procesos productivos de la industria para asegurar al máximo la satisfacción de la demanda

mediante practicas innovadoras, económicas y seguras de mantenimiento, el mantenimiento es considerado como una inversión que ayuda a la productividad y rentabilidad de la empresa [13].

Los beneficios otorgados por la aplicación de mantenimiento en la industria son evidentes, pues en su mayoría contribuye a una reducción económica de los gastos generados por la industria. En la Fig. 3 se hace referencia a las ventajas alcanzadas como resultado de la implementación de un mantenimiento regular.

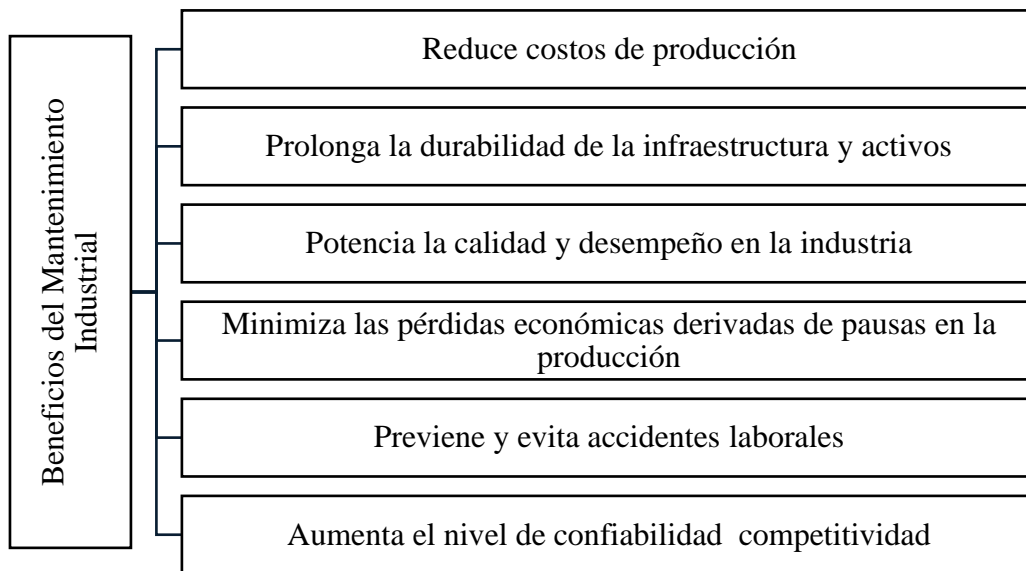


Fig. 3. Beneficios de la aplicación de actividades de mantenimiento en la industria

2.1.5 Objetivos del mantenimiento

La implementación del mantenimiento ofrece beneficios significativos para la producción, ya que su objetivo es prevenir fallas, averías y defectos mediante la ejecución de actividades esenciales. Estas actividades aseguran la disponibilidad y mejoran el rendimiento de herramientas, equipos y maquinarias, contribuyendo así a la eficiencia y continuidad operativa [14].

Es crucial identificar factores controlables para desglosar el objetivo general del mantenimiento en acciones realizables en plazos específicos. De esta forma, es posible establecer objetivos específicos basados en los siguientes conceptos:

TABLA I
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES

| Concepto | Objetivos específicos |
|---------------------------------------|--|
| Aumento del rendimiento productivo | <ul style="list-style-type: none"> • Preservar la capacidad operativa de las instalaciones mientras se garantiza la disponibilidad óptima de sus recursos. • Minimizar los tiempos y gastos asociados con la resolución de averías. |
| Optimización de costos operativos | <ul style="list-style-type: none"> • Optimizar la calidad operativa para reducir defectos. • Maximizar la durabilidad de los equipos. • Disminuir la demanda de recursos innecesarios. • Fortalecer las habilidades del equipo de trabajo. |
| Cumplimiento de estándares de calidad | <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la continuidad operativa sin interrupciones. • Preservar los equipos en condiciones de operatividad eficientes. |
| Eficiencia energética | <ul style="list-style-type: none"> • Preservar las instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento. |
| Mitigación del impacto ecológico | <ul style="list-style-type: none"> • Reducir emisiones contaminantes. • Promover el uso de materiales sustentables. |
| Higiene y seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la seguridad operativa. • Desarrollar habilidades en el personal para la gestión de riesgos laborales. |

2.1.6 Sistemas de mantenimiento de mantenimiento

De acuerdo con Montilla (2016) [15], se aplican diversas metodologías y estrategias para garantizar la disponibilidad continua de los activos en el ámbito industrial, en la Fig. 4, se presenta el esquema de los sistemas de mantenimientos, el cual resalta la existencia del mantenimiento de preparación. Este tipo de mantenimiento destaca las actividades necesarias que deben realizarse antes de proceder con la intervención efectiva.

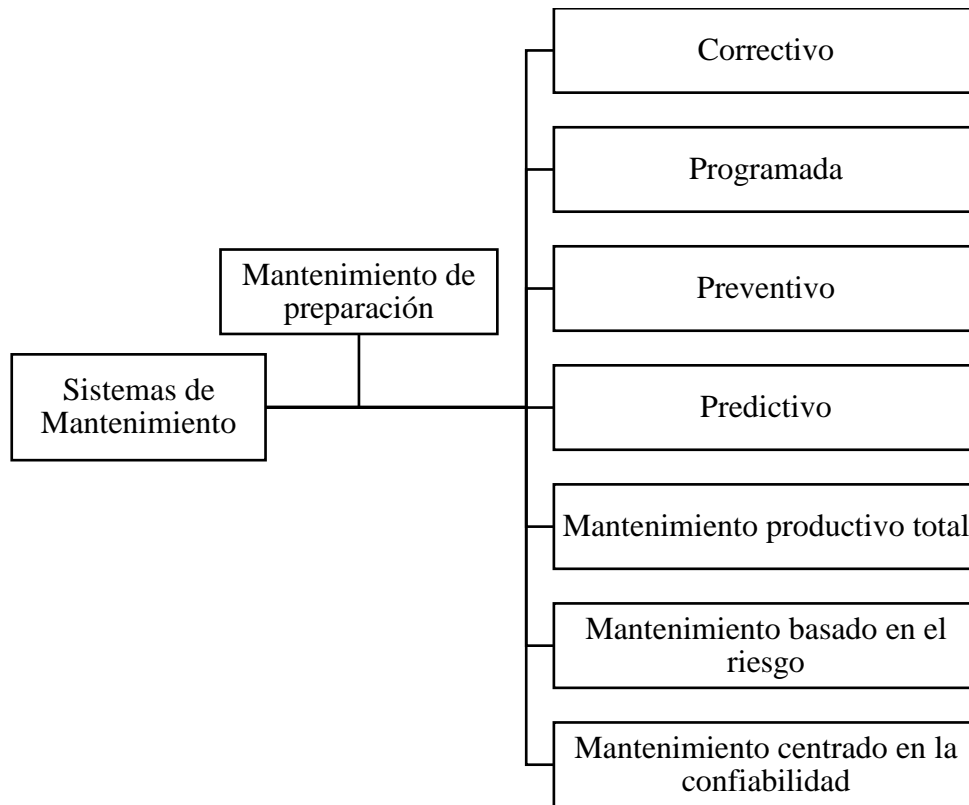


Fig. 4. Sistemas de mantenimiento

2.1.6.1 Sistema de mantenimiento correctivo

Se ejecutan acciones de mantenimiento una vez el equipo presente fallas o sea evidente una avería mayor, este sistema se subdivide en:

- **Correctivo de emergencia:** Se utiliza cuando en presencia de fallas inesperadas durante la jornada laboral, generalmente deteniendo la producción.
- **Correctivo programado:** Se produce cuando se detecta una posible falla que podría detener la producción, lo que lleva a la implementación de acciones correctivas al finalizar la jornada laboral.

2.1.6.2 Sistema de mantenimiento programado

Se establecen intervalos de tiempo predefinidos para la realización de actividades de mantenimiento, los cuales suelen ser recomendados por los fabricantes. Es importante destacar que este enfoque no considera la cantidad ni la intensidad del trabajo experimentado por el activo. Las

actividades de mantenimiento deben llevarse a cabo conforme a los tiempos previamente establecidos.

2.1.6.3 Sistema de mantenimiento preventivo

Tiene como finalidad disminuir al máximo la incidencia de defectos en la cadena de producción mediante el uso de acciones fundamentales, como observar, inspeccionar, calibrar, ajustar, lubricar, entre otras. Estas acciones son capaces de evaluar el estado de los equipos y las necesidades esenciales para mantener la producción estable.

2.1.6.4 Sistema de mantenimiento predictivo

Examina los datos recopilados a lo largo del tiempo acerca de las actividades de mantenimiento con el objetivo de implementar medidas que permitan anticipar la ocurrencia de fallos, su filosofía es similar al sistema de mantenimiento preventivo, de hecho, emplea acciones similares que permiten valorar los cambios de operación de los equipos.

2.1.6.5 Sistema de mantenimiento productivo total

El enfoque central de este tipo de mantenimiento recae en los operadores, quienes son considerados el núcleo del mantenimiento productivo total. Gracias a su experiencia en la operación de maquinaria y a las capacitaciones recibidas sobre los activos, se convierten en los principales responsables de la ejecución y control del mantenimiento. Esto implica una búsqueda constante de mejoras en la eficiencia operativa, con el propósito de lograr una producción libre de defectos, minimizar los tiempos de preparación, reducir los desperdicios y prevenir la ocurrencia de accidentes.

2.1.6.6 Sistema de mantenimiento basado en el riesgo

Se enfoca en la identificación, evaluación y mitigación de riesgos potenciales dentro de un proceso o sistema. Este enfoque se centra en anticipar y reducir los posibles impactos negativos mediante la implementación de estrategias y controles dirigidos a las áreas de mayor vulnerabilidad.

2.1.6.7 Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la fiabilidad operativa de un sistema en condiciones de trabajo específicas, enfocándose en los equipos de mayor relevancia y evaluando los posibles impactos de los modos de falla.

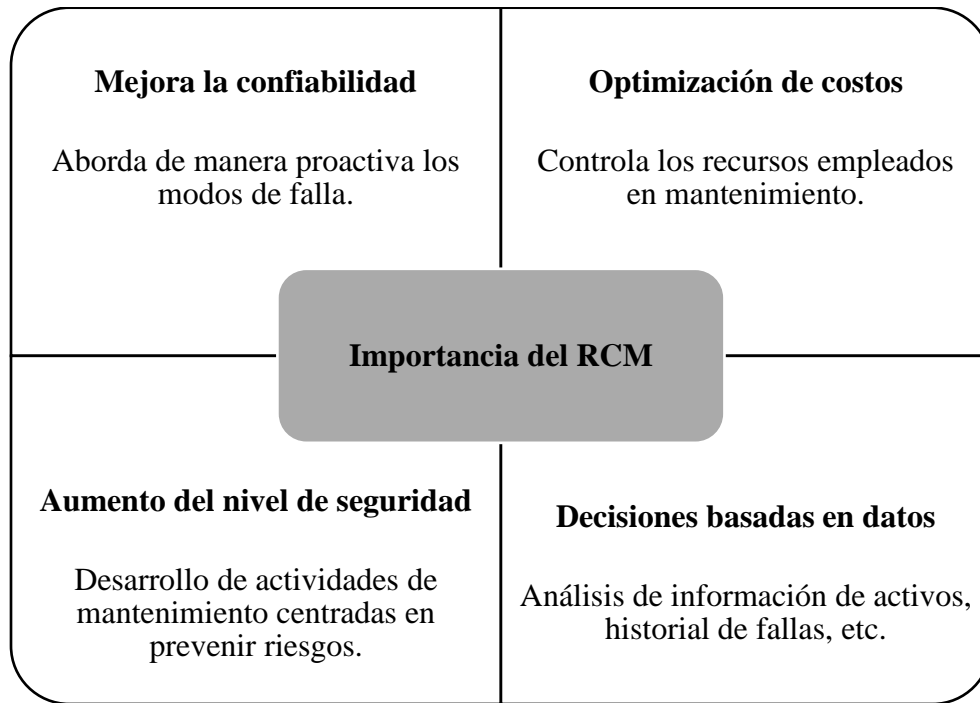


Fig. 5. Importancia del RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) busca mantener condiciones operativas óptimas mediante la implementación de estrategias que permitan prever y prevenir posibles defectos. Esto asegura el funcionamiento del sistema productivo a través de acciones de mantenimiento planificadas estratégicamente utilizando datos cualitativos y cuantitativos [12].

2.1.7 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son métricas claves utilizadas para evaluar la eficiencia y eficacia de las actividades de mantenimiento en una organización. Estos indicadores proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre el estado y el rendimiento de los activos, facilitando la toma de decisiones informadas, los indicadores de mantenimiento permiten a las empresas monitorear el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento, identificar áreas de mejora y optimizar la gestión de recursos.

- **Disponibilidad:**

Es una métrica crucial en el mantenimiento industrial que evalúa el porcentaje de tiempo durante el cual un activo o equipo permanece operativo y accesible para su uso, en relación con el tiempo total en el que se espera que esté disponible. Para calcularlo se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- **Confiabilidad:**

Se emplea para la capacidad de un equipo o sistema para operar sin fallos durante un periodo determinado sin interrupciones o fallos.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Tiempo promedio entre falla}}{(\text{Tiempo promedio entre falla} + \text{Tiempo promedio para reparar})}$$

- **Mantenibilidad:**

Proporciona una visión integral sobre cuán fácil y eficientemente se puede mantener un activo [16], ilustra el nivel de complejidad de las tareas de mantenimiento y se organiza en las siguientes secciones:

Tiempo medio entre fallas (MTBF): Es uno de los indicadores principales para representar la disponibilidad de los activos, mide el tiempo promedio transcurrido entre fallos sucesivos de un activo, desde que comienza a funcionar correctamente hasta que ocurre una falla.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{No. de averías}}$$

Tiempo medio de reparación (MTTR): Este indicador que permite conocer la importancia de las reparaciones realizados a un equipo.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{No. de paradas}}$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque y tipo de investigación:

La presente investigación mantiene un enfoque mixto, que busca superar las limitaciones de los métodos unidisciplinarios y aprovechar las fortalezas tanto del enfoque cualitativo como cuantitativo [17]. Con ayuda de las técnicas de investigación se obtiene una serie de datos en relación con la empresa patrocinadora y el mantenimiento industrial en la zona estudiada, permitiendo obtener una visión más clara sobre la eficiencia de actividades de mantenimiento preventivo en empresas metalmecánicas.

Se utilizó la metodología de investigación documental en la elaboración del proyecto académico, centrada en la recopilación, extracción y evaluación de información proveniente de documentos, revistas, artículos científicos y otras fuentes documentales. El objetivo era obtener fundamentos teóricos que sirvieran como base para la formulación de la metodología propuesta en el desarrollo de la investigación en cuestión [18].

Además, se emplea la investigación descriptiva por el hecho de que se requiere comprender y analizar detalladamente las características y prácticas relacionadas con la gestión del mantenimiento en un entorno industrial específico. Mediante el uso de herramientas como la observación sistemática, encuestas o entrevistas se pretende obtener información para describir el estado actual del sistema de mantenimiento [19].

De igual manera, resulta imperativo destacar que la investigación aplicada desempeñará un papel fundamental en el presente estudio, proporcionando conocimientos teóricos para la formulación de estrategias prácticas destinadas a abordar los desafíos y problemáticas particulares que emergen en el ámbito del mantenimiento industrial [20]. Resulta fundamental para el análisis de criticidad, en el cual se identificarán los activos que demandan la implementación de programas de mantenimiento con el propósito de salvaguardar su disponibilidad operativa.

3.2 Métodos, técnicas e instrumentos.

3.2.1 Métodos de investigación

Los métodos de investigación ejercidos para la investigación son los siguientes:

Método cuantitativo: Este método se basa en realizar análisis de la realidad objetiva a partir de datos numéricos, lo cuales serán capaces de determinar predicción o patrones de comportamiento de una situación [21]. Este enfoque se utilizó en el análisis de criticidad de activos y en el análisis de modo y efecto de fallos para priorizar el mantenimiento de activos y componentes susceptibles a fallos.

Este método se lo empleo directamente en el análisis de criticidad y la matriz AMFE a fin de identificar los factores críticos.

Método cualitativo: Este método es utilizado para investigar y exponer los resultados de manera descriptiva del problema planteado. El método cualitativo es inductivo, pues permite comprender y desarrollar conceptos partiendo de la información recolectada [22]. Resulto ser útil para analizar la información obtenida durante la investigación de campo mediante la observación directa, este enfoque permitió llegar a conclusiones generales sobre mantenimiento existente en la empresa.

3.2.2 Técnicas de investigación

Se utilizaron las siguientes técnicas de investigación para el desarrollo del estudio:

Observación directa: Consiste en examinar las características, sucesos, actividades o comportamientos de un entorno de forma visual. Permitted identificar parte del proceso de producción y el problema relacionado con el mantenimiento de activos [23].

Entrevista: Se trata de una técnica empleada para la investigación cualitativa, consiste en una conversación de un tema determinado [24]. Para el desarrollo de la investigación se empleó la entrevista estructurada, este tipo de entrevista utiliza una guía de preguntas preparadas con anterioridad. Las preguntas que se prepararon en la entrevista estarán ubicadas en el Anexo 2.

Árbol de problemas: Se trata de una herramienta capaz de identificar y analizar las causas y consecuencias asociadas a un problema determinado [25]. A través de la combinación del análisis del árbol de problemas, la observación directa y la entrevista realizada al propietario de la

organización, se pudo identificar la principal deficiencia relacionada con el mantenimiento en las instalaciones.

Encuestas: Es una herramienta estandarizada que permite recopilar información a través de una serie de preguntas de un tema determinado, se la puede emplear de forma directa o indirecta a individuos de una población [26]. A través de esta herramienta se logró obtener información sobre la disponibilidad o carencia de actividades de mantenimiento en un grupo de empresas metalmeccánicas pertenecientes al sector de Cayambe. Las preguntas empleadas en la encuesta las podrá visualizar en el Anexo 1

3.2.3 Instrumentos

Esta sección se centra en presentar los diversos instrumentos que se emplearán a lo largo de nuestro estudio, proporcionando una visión clara de su propósito y aplicación.

Registro de información de maquinaria: Designado como inventario de maquinaria, se empleó con el propósito de registrar la maquinaria existente, teniendo en cuenta el nombre, la marca, el modelo y el código de los activos.

Guía de entrevista: Facilito y agilizo la entrevista realizada al propietario de la empresa, al contar con una guía de preguntas, la conversación fluyo adecuadamente enfocada al tema principal.

Cuestionario de encuesta: Permitió recopilar información con el propósito de adquirir una comprensión más profunda acerca de las prácticas de mantenimiento en un sector particular.

Microsoft Office: Los principales programas que son Word para la redacción de la investigación y Excel para la elaboración de los registros, matrices, fichas técnicas y formatos de los inventarios.

3.3 Diseño de investigación

3.3.1 Análisis situacional

Se llevará a cabo la creación de un cuestionario dirigido a empresas relacionadas con el sector industrial en cuestión. Este instrumento se empleará con el propósito de indagar acerca de la relevancia del mantenimiento industrial en el ámbito metalmeccánico. Paralelamente, se busca

identificar las repercusiones que genera la falta de un plan de mantenimiento o medidas preventivas de mantenimiento a dichas entidades.

Por otro lado, mediante una entrevista con el gerente y propietario de la entidad patrocinadora, se procurará identificar cuál es la problemática principal a la que se enfrenta el proceso productivo de la organización y cómo esta situación genera impactos económicos. Además, con la ayuda de la entrevista Anexo 2, se obtendrá un conocimiento detallado sobre el proceso de producción y los factores que lo afectan. Esta información se presentará como esencial para el progreso y la integridad del desarrollo de la investigación.

3.3.2 Inventario y codificación de activos

La ejecución del inventario de maquinaria se llevará a cabo con el propósito de simplificar la identificación y ubicación para el personal de la empresa, este listado contendrá los siguientes datos:

- Código de activo
- Nombre equipo
- Fabricante o marca
- Modelo de activo

Esta práctica resultara en un mayor control sobre la información, tanto general como técnica, de cada activo presente en la instalación. Por ello, se ha determinado elaborar el inventario asignando códigos específicos a cada activo de la empresa, considerando los factores detallados en la como criterios fundamentales para la codificación de los activos.

TABLA II
SISTEMA DE CODIFICACIÓN

| SD | SL | 00 |
|----|---|----|
| SD | Hace referencia a la actividad de cumple en el proceso (sistema). | |
| SL | Hace referencia al nombre del activo (subsistema). | |
| 00 | Hace referencia al número de elementos que conforman el subsistema. | |

3.3.3 Análisis de criticidad de maquinaria

El análisis de criticidad se lo empleara con el propósito de identificar y priorizar los equipos del sean vulnerables y que necesiten acciones de mantenimiento. Esta metodología se emplea con el propósito de estructurar una jerarquía de sistemas, instalaciones y equipos según su influencia en el proceso de producción. De este modo, la gestión de mantenimiento se fundamenta en la evaluación de la prioridad de los activos, permitiendo dirigir de manera estratégica los esfuerzos y recursos en aquellas áreas donde sea más crucial. Este enfoque sistemático facilita una toma de decisiones eficiente en la gestión integral del mantenimiento, optimizando la eficacia y la disponibilidad operativa de los activos críticos. [27].

Para llevar a cabo el análisis de criticidad, es fundamental seguir un procedimiento estructurado que permitan una evaluación sistemática y precisa, para ello, se toma como base “La guía para realizar el análisis de criticidad” elaborado por Alvarado Teresa (2020) [28]. A continuación, se detalla las instrucciones a seguir para llevar a cabo el análisis.

- **Ponderación de criticidad**

En primer lugar, se establecen los criterios de evaluación cuantitativos en función a un conjunto de estándares predefinidos, la asignación de ponderación o valor se determina individualmente para cada equipo.

Los criterios de evaluación son los siguientes:

TABLA III
CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

| Criterio de evaluación | Descripción |
|-------------------------------|---|
| Frecuencia de defectos | Evaluará la frecuencia en la que un activo experimenta fallas o averías. |
| Flexibilidad operacional | Hace referencia a la capacidad que tiene un activo para adaptarse a diferentes condiciones o cambios en el proceso de producción. |
| Impacto operacional | Analizara como la falla de un activo afecta en general al proceso. |

| Criterio de evaluación | Descripción |
|--|---|
| Impacto de seguridad, higiene y ambiente | Toma en consideración como una falla podría afectar la seguridad, la higiene y el medio ambiente en el entorno de trabajo |
| Gasto asociado al mantenimiento | Analizará el impacto de los costos relacionados con la reparación o el mantenimiento del activo. |

Posteriormente, se establece minuciosamente la significancia y la ponderación atribuida a cada uno de los criterios de evaluación identificados. La establecida relevancia y ponderación de estos criterios se basan en un análisis crítico en compañía con el experto y propietario de la organización. Este enfoque riguroso garantiza una asignación de peso fundamentada y contextualizada, contribuyendo así a la integridad y robustez del análisis de criticidad de los activos.

TABLA IV
PONDERACIÓN DE CRITICIDAD

| Tabla de ponderación de los criterios de evaluación | |
|--|-----------|
| Frecuencia de defectos | |
| | FD |
| Mayor a 6 fallas/año | 4 |
| 4-6 fallas/año | 3 |
| 1-3 fallas/año | 2 |
| No presenta inconvenientes | 1 |
| Flexibilidad operacional | |
| | FO |
| Dispone de componentes que ayudan adaptarse a las condiciones de trabajo | 4 |
| Es medianamente adaptable a los cambios de producción | 2 |
| Carece de flexibilidad de adaptación | 1 |
| Costo de mantenimiento | |
| | CM |
| Su reparación o mantenimiento supera los \$100 | 4 |
| Su reparación o mantenimiento supera los \$50 | 2 |

| Tabla de ponderación de los criterios de evaluación | |
|--|------------|
| Su reparación o mantenimiento es inferior a los \$50 | 1 |
| Impacto operacional | IO |
| Genera pérdida total de la producción | 8 |
| Tiene impacto en la calidad de los acabados del producto | 6 |
| Provoca interrupciones breves en la producción | 4 |
| La avería del equipo afecta en menor medida las actividades productivas | 2 |
| No produce ningún impacto considerable en la operación o en la producción | 1 |
| Impacto de seguridad, higiene y ambiente | ISA |
| La falla presenta el potencial de afectar de manera considerable la seguridad y bienestar de los empleados | 8 |
| La falla podría tener consecuencias ambientales significativas a una escala considerable | 6 |
| La falla tendría un impacto moderado en la salud de los trabajadores y en el medio ambiente, aunque es manejable | 4 |
| Puede ocasionar daños de menor magnitud | 2 |
| No causa perjuicio alguno a las personas, las instalaciones ni al entorno | 1 |

- **Metodología de operaciones numéricas**

Además de considerar los criterios de evaluación, resulta importante llevar a cabo cálculos con el propósito de discernir el grado de criticidad asociado a cada equipo. Para determinar el valor de criticidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Criticidad = FF * Consecuencia$$

Para obtener el valor de consecuencia, se toma en consideración todos los criterios de evaluación excepto la frecuencia de falla y se lo obtiene de la siguiente manera:

$$Consecuencia = (FO * IO) + ISA + CM$$

- **Desarrollo de matriz de criticidad**

En base a los criterios de ponderación previamente mencionados, se procede al desarrollo del formato de la matriz de criticidad presentada en el Anexo 5. Esta matriz tendrá como propósito analizar la importancia de los equipos actualmente presentes en la planta, contendrá información tal como el nombre de activo, criterios de evaluación de criticidad y el nivel de criticidad

Con el fin de simplificar su implementación, se llevará a cabo un análisis por familias de equipos, prescindiendo de considerar la marca o modelo específico de los activos. Este enfoque permitirá una evaluación más generalizada y eficiente, centrándose en las características fundamentales de cada familia de equipos en lugar de detenerse en especificidades particulares.

- **Clasificación de activos**

Posteriormente, la determinación del nivel de criticidad se realizará utilizando la categorización propuesta por García Garrido [29], la cual organiza los niveles de criticidad de la siguiente manera:

- **Equipos críticos (A):** Se refiere a los activos cuyas funciones o dificultades tienen un impacto considerable en los resultados de la empresa.
- **Equipos importantes (B):** Se refiere a los activos cuyo mal funcionamiento o avería afecta a la planta, pero las consecuencias son manejables o tolerables.
- **Equipos prescindibles (C):** Se trata de activos con impacto limitado en los resultados; su mal funcionamiento causaría molestias o costos mínimos adicionales, pero no afectaría directamente a los objetivos empresariales.

TABLA V
NIVEL DE IMPORTANCIA O CRITICIDAD

| Nivel de criticidad | | | | | | |
|---------------------|---|----|----|----|----|----|
| Frecuencia | 4 | B | B | A | A | A |
| | 3 | B | B | B | A | A |
| | 2 | C | C | B | A | A |
| | 1 | C | C | C | B | A |
| | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Consecuencia | | | | | | |

La TABLA V proporciona información sobre los diversos niveles de criticidad asociados con los activos. El nivel de criticidad se establece mediante la evaluación de la frecuencia de fallos y las consecuencias asociadas a su ocurrencia.

3.3.4 Fichas técnicas de maquinaria

Durante esta fase, se procede a la concepción del diseño del formato de ficha técnica, el cual contendrá información esencial acerca de los equipos, la información detallada en la ficha técnica se estructura para ofrecer una identificación más precisa del objeto y sus características técnicas tal como:

- Nombre de maquina o quipo
- Nombre del fabricante
- Modelo del activo
- Código
- Características generales del activo
- Características técnicas
- Ente otra información que se considere relevante.

Cabe destacar que para el desarrollo del formato de la ficha técnica se tomó como referencia el formato establecido por García Garrido [29] en su libro “Organización y Gestión integral de mantenimiento”, asegurando así la adopción de una estructura basada en las mejores prácticas y estándares reconocidos en la gestión integral del mantenimiento. El formato de la ficha técnica se la puede visualizar en el Anexo 6.

3.3.5 Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

Con el propósito de reconocer las eventualidades de fallos potenciales, se aplicará el análisis de modo y efecto de falla, también conocido por sus siglas como AMFE, este análisis se sustenta en la evaluación de fallos, considerando tres elementos cruciales: la probabilidad de manifestación del fallo, la magnitud de las consecuencias resultantes y la efectividad en la detección oportuna de la falla. Para llevar a cabo este análisis, se empleará como fuentes de referencia dos obras bibliográficas, la primera corresponde a la metodología propuesta por Iván Gallará y Daniel Pontelli [30] en su obra "Mantenimiento Industrial" esta fuente será utilizada para establecer las

ponderaciones y la estructura del análisis de modo y efecto de falla (AMFE). Simultáneamente, se hace referencia a un artículo denominado “Mantenimiento industrial en máquinas herramientas a través del AMFE” publicado en la revista Ingeniería Industrial [31], el cual servirá para establecer la metodología de desarrollo del análisis, se considera fundamental recurrir a estas dos fuentes para obtener una perspectiva completa y robusta que respalde el desarrollo del análisis.

- **Identificación de componentes**

En esta sección, se procederá a la identificación de las componentes que conforman la máquina o equipo designados como activos críticos. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis detallado de las partes identificadas mediante la aplicación de la matriz AMFE.

- **Ponderación AMFE**

La valoración será seleccionada de manera arbitraria y su magnitud deber ser coherente con el análisis que se requerirá realizar. Por lo tanto, es crucial asignar pesos de ponderación para construir la matriz.

El criterio inicial por evaluar será la gravedad, este define los impactos de los posibles modos de fallo al medir la magnitud de sus efectos.

TABLA VI
PONDERACIÓN DE GRAVEDAD (AMFE)

| Gravedad de efecto | Descripción | Ponderación |
|--------------------|--|-------------|
| Muy critico | La falla interrumpe el flujo y detiene la operación de la planta, la calidad se ve comprometida, representa un riesgo significativo para la seguridad de los clientes o presenta una gran posibilidad de accidentes laborales. | 5 |
| Critico | La falla afecta reduciendo el flujo productivo, la calidad exhibe defectos que resultan molestos para el cliente, o se mantiene un nivel alto de posibilidad de accidentes laborales. | 4 |

| Gravedad de efecto | Descripción | Ponderación |
|---------------------------|--|--------------------|
| Importante | La falla afecta al flujo productivo en menor medida, la calidad muestra un rechazo claro o hay un nivel moderado de posibilidad de accidentes laborales. | 3 |
| Moderado | La falla produce demoras en la producción, la calidad es afectada en menor medida o existe una probabilidad baja de accidentes laborales. | 2 |
| Bajo | La falla causa molestias en las actividades en menor medidas, la calidad presenta desperfectos poco visibles y presenta un minio riesgo de accidentes. | 1 |

Posteriormente, se evaluará la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo potencial en los activos evaluados.

TABLA VII
PONDERACIÓN DE PROBABILIDAD (AMFE)

| Probabilidad de ocurrencia | Frecuencia | Ponderación |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Muy alta | > 6 fallas al año | 5 |
| Alta | 5 a 6 fallas al año | 4 |
| Moderada | 4 fallas al año | 3 |
| Baja | 2 a 3 fallas al año | 2 |
| Muy baja | 1 a las fallas al año | 1 |

Seguidamente, se llevará a cabo la evaluación del criterio de detectabilidad, el cual refiere a la probabilidad de detectar con antelación las causas y/o modos de fallo.

TABLA VIII
PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DETECCIÓN

| Detectabilidad | Descripción | Ponderación |
|----------------|--|-------------|
| Segura | El método de control es confiable, identifica de manera segura cualquier falla con anticipación. | 1 |
| Moderada | El método de inspección puede detectar la falla cuando se produce y es confiable. | 2 |
| Probable | El método de control exige inspecciones continuas y no es suficientemente confiable. | 3 |
| Escasa | La detección de la falla resulta prácticamente improbable utilizando los métodos actuales. | 4 |
| Remota | Es necesario desmontar el equipo para identificar la falla, la cual también podría manifestarse en ubicaciones de difícil alcance. | 5 |

Evaluar los criterios en el análisis del AMFE permitirá determinar el índice de prioridad de riesgo, resultante del producto de la gravedad de efecto, la probabilidad de frecuencia y la capacidad de detección. Los activos con un IPR (Índice de prioridad de riesgo) por debajo de 60 no necesitarán una intervención inmediata, a menos que la implementación de mejoras resulte sencilla.

$$IPR = G * P * D$$

- **Desarrollo de Matriz AMFE**

Con base en los criterios previamente expuestos, se configura el formato de la matriz AMFE. Esta matriz se aplicará a aquellos activos que han exhibido un nivel de criticidad considerable, con el propósito de priorizar las actividades de mantenimiento hacia los equipos que requieren atención prioritaria. El formato específico para el análisis de modo y efecto de falla se encuentra detallado en el Anexo 7.

3.3.6 Plan de mantenimiento

El desarrollo del plan de mantenimiento comprenderá varias fases fundamentales con el objetivo de garantizar resultados efectivos, cabe recalcar que, para la creación de la orden de

mantenimiento, el registro de averías y la solicitud de herramientas y materiales se fundamentó en la obra literaria “Mantenimiento Industrial” [30]:

- **Periodicidad de mantenimiento**

Para asegurar la integridad y el rendimiento óptimo de los activos, se implementará una planificación regular de actividades, la cual se estructurará en las siguientes categorías:

- Diario
- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual

Esto se reflejará en el plan de actividades de mantenimiento y con el objetivo de simplificar la identificación de cada tipo de actividad, se asignará un color específico para cada categoría.

- **Cronograma de mantenimiento**

Se optará por la elaboración del cronograma de actividades de mantenimiento utilizando el formato propuesto por SENATI [32], según lo establecido en su obra literaria "Principios de gestión, planeación y programación de mantenimiento". Este cronograma detallará las actividades a ser ejecutadas junto con su respectiva periodicidad.

- **Orden de trabajo de mantenimiento**

Para llevar a cabo cualquier actividad de mantenimiento, resulta imperativo definir claramente las tareas a ejecutar, con el propósito de establecer un registro sistemático de las intervenciones realizadas en los activos. En virtud de este requisito, se procederá al desarrollo del formato de la ficha de orden de trabajo de mantenimiento, tal como se ilustra en el Anexo 8, este documento proporciona la estructura necesaria para formular solicitudes específicas, contribuyendo así a la planificación ordenada y eficiente de las acciones de mantenimiento.

- **Ficha de reporte de averías**

La ficha de reporte de avería es un documento fundamental en el plan de mantenimiento, ya que proporciona información detallada sobre la naturaleza y prioridad de una avería, así como

los materiales y herramientas necesarias para su reparación, en este apartado se desarrollará el formato del reporte Anexo 9, para ser utilizado en situaciones de presencia de averías, facilitando así una planificación eficaz que permita la asignación adecuada de recursos y la determinación de prioridades en la resolución de problemas.

3.3.7 Procedimiento de reemplazo o disposición final de maquinaria

Los protocolos representan una fortaleza crucial que refuerza los planes de mantenimiento, proporcionando una guía clara sobre los procedimientos a seguir en las actividades de mantenimiento. En este contexto, se incluye la disposición final o el reemplazo de maquinaria, cuando una máquina alcanza el fin de su vida útil o presenta defectos irreparables, la existencia de un protocolo establecido asegura un procedimiento ordenado y eficaz. Esto facilita un mejor flujo de información sobre los activos. Para elaborar el protocolo de mantenimiento de disposición final y reemplazo de maquinaria se utilizó como referencia el procedimiento de baja de bienes e inventario desarrollado por EMGIRS-EP [33].

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Análisis situacional

4.1.1 Mantenimiento en la industria

El cuestionario administrado a las empresas del sector metalmecánico ubicadas en la ciudad de Cayambe proporcionó una perspectiva clara sobre las diferencias entre contar o no con un plan de mantenimiento. La encuesta se realizó en 7 empresas del sector metalmecánico, sin considerar su tamaño, debido a la ausencia de un registro consolidado de empresas dedicadas a estas actividades en el área.

Los resultados de la encuesta Anexo 3, proporcionan una perspectiva sobre el impacto del mantenimiento industrial en la industria ecuatoriana, la cual se esfuerza continuamente por adaptarse a las necesidades fluctuantes de los mercados.

Se obtuvo que el 85% de las empresas encuestadas consideran crucial tener planificaciones de mantenimiento, ya que esto les permite evitar problemas en sus procesos de producción. Además, el 57% de las empresas reportan realizar actividades de mantenimiento en sus instalaciones. Es relevante señalar que las empresas restantes en ambos porcentajes no implementan estas prácticas debido a la insuficiencia de información sobre el mantenimiento de equipos. La falta de conocimiento representa uno de los principales obstáculos que enfrenta la industria ecuatoriana.

En primer lugar, se pondrá énfasis en las empresas que disponen de planes de mantenimiento en sus instalaciones. Estas empresas destacan que la ausencia de actividades de mantenimiento para la maquinaria, equipos o infraestructura conlleva un elevado riesgo de experimentar pérdidas considerables, lo que afecta directamente la calidad de los productos finales, la seguridad de los empleados y la eficiencia del proceso de producción.

Las empresas que cuentan con planes de mantenimiento coincidieron en que los principales desafíos que enfrentan antes de implementar dichos planes son la falta de recursos financieros y la resistencia al cambio por parte del personal. Esto se debe a que la cultura empresarial de las pequeñas y medianas empresas generalmente no prioriza la asignación de recursos a acciones de

mejora a largo plazo, como la formación continua del personal. Proporcionar formación al equipo conlleva múltiples beneficios para la empresa, como el aumento de la productividad y eficiencia operativa, la creación de un entorno laboral más seguro y profesional, la mejora en la calidad del trabajo y de los productos o servicios ofrecidos, y una mejor adaptación a nuevas tecnologías y métodos. Estas ventajas en conjunto impulsan el crecimiento y éxito sostenible de la organización.

Por otro lado, el 43% restante de las empresas encuestadas indicaron la ausencia de planificaciones o actividades de mantenimiento en sus instalaciones, argumentando que solo realizan acciones correctivas cuando la situación lo requiere. Esta práctica ha resultado en la frecuente aparición de averías en intervalos de tiempo muy cortos, lo que ha ocasionado interrupciones significativas en la producción, una notable reducción de la productividad y costos elevados derivados de las medidas correctivas. El principal desafío identificado radica en la falta de experiencia y conocimientos especializados en mantenimiento industrial.

Por lo tanto, los resultados evidencian el impacto del mantenimiento en la gestión empresarial, ya que la implementación de estrategias de mantenimiento reduce significativamente los costos asociados a acciones correctivas, que, en ciertos casos, pueden superar incluso los costos asociados al mantenimiento. Además, con los grandes avances tecnológicos en la industria, la necesidad de preservar la funcionalidad de la maquinaria se vuelve cada vez más apremiante, consolidando así el mantenimiento como un pilar fundamental en cualquier tipo de industria.

4.1.2 Situación empresarial

De acuerdo con la entrevista desarrollada al propietario de la empresa y a través de la observación directa se ha elaborado un árbol de problemas, como se muestra en la Fig. 6, este diagrama visualiza las causas y consecuencias resultantes de las averías y fallos en los activos existentes, identificando el defecto principal que afecta a la organización: la frecuente aparición de averías y fallos en los activos empresariales, lo cual impacta negativamente en la cadena de producción.

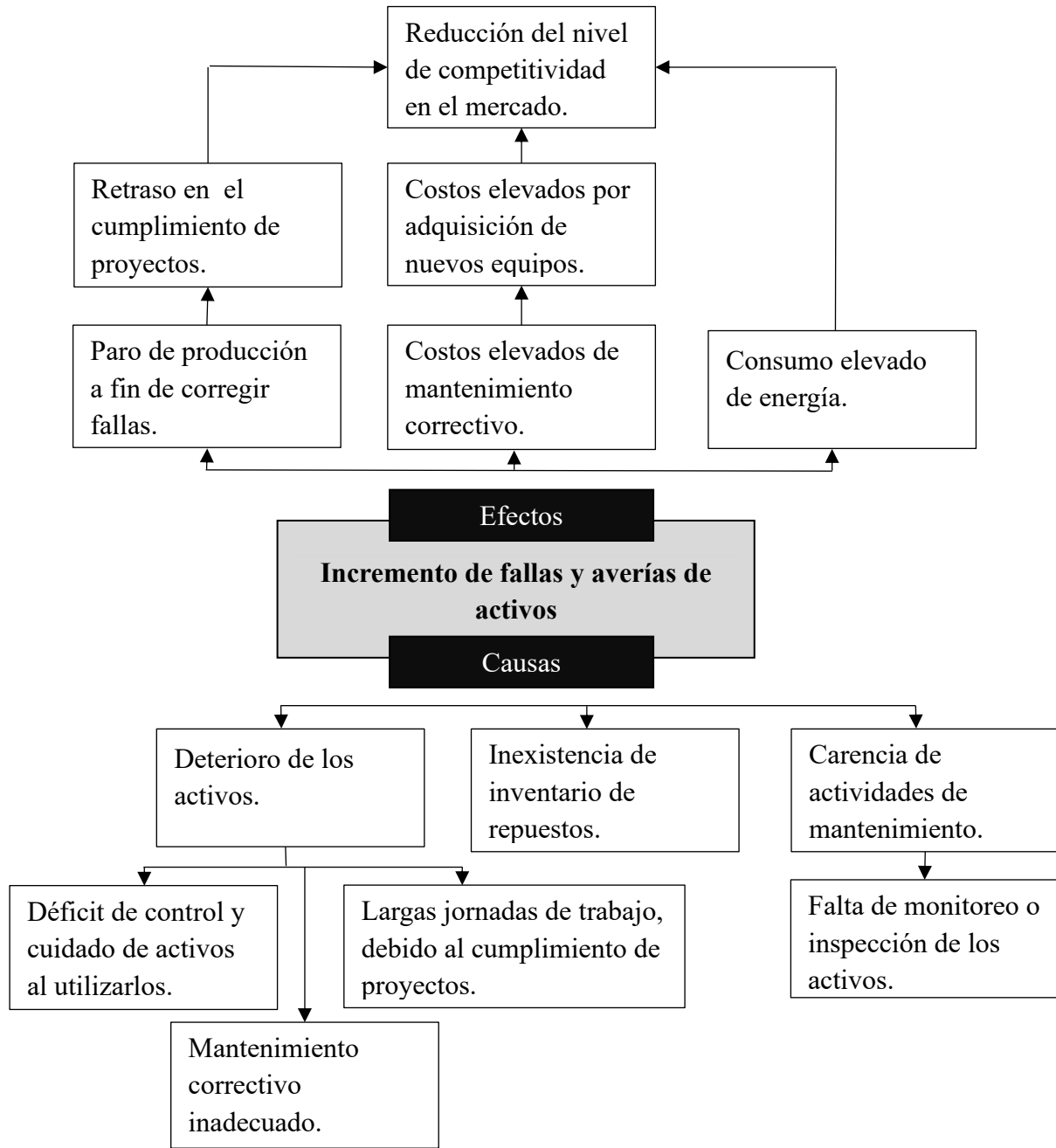


Fig. 6. Árbol de problemas

Debido a las causas previamente mencionadas, se ha identificado que la gestión del mantenimiento empresarial de la organización carece de una adecuada planificación. El deterioro de los activos se debe a factores como la falta de control y cuidado de estos, así como a las extensas jornadas laborales necesarias para cumplir con los proyectos establecidos. En consecuencia, el

proceso de producción se vuelve inestable debido a la aparición de averías y fallos causados principalmente por el descuido humano.

Por otra parte, durante la entrevista se obtuvo información detallada sobre el proceso de producción de la organización. Cabe destacar que, dado que la empresa no dispone de una línea de producción establecida, la empresa opera con un flujo de producción general que experimenta ligeras variaciones debido a las características específicas del producto fabricado.

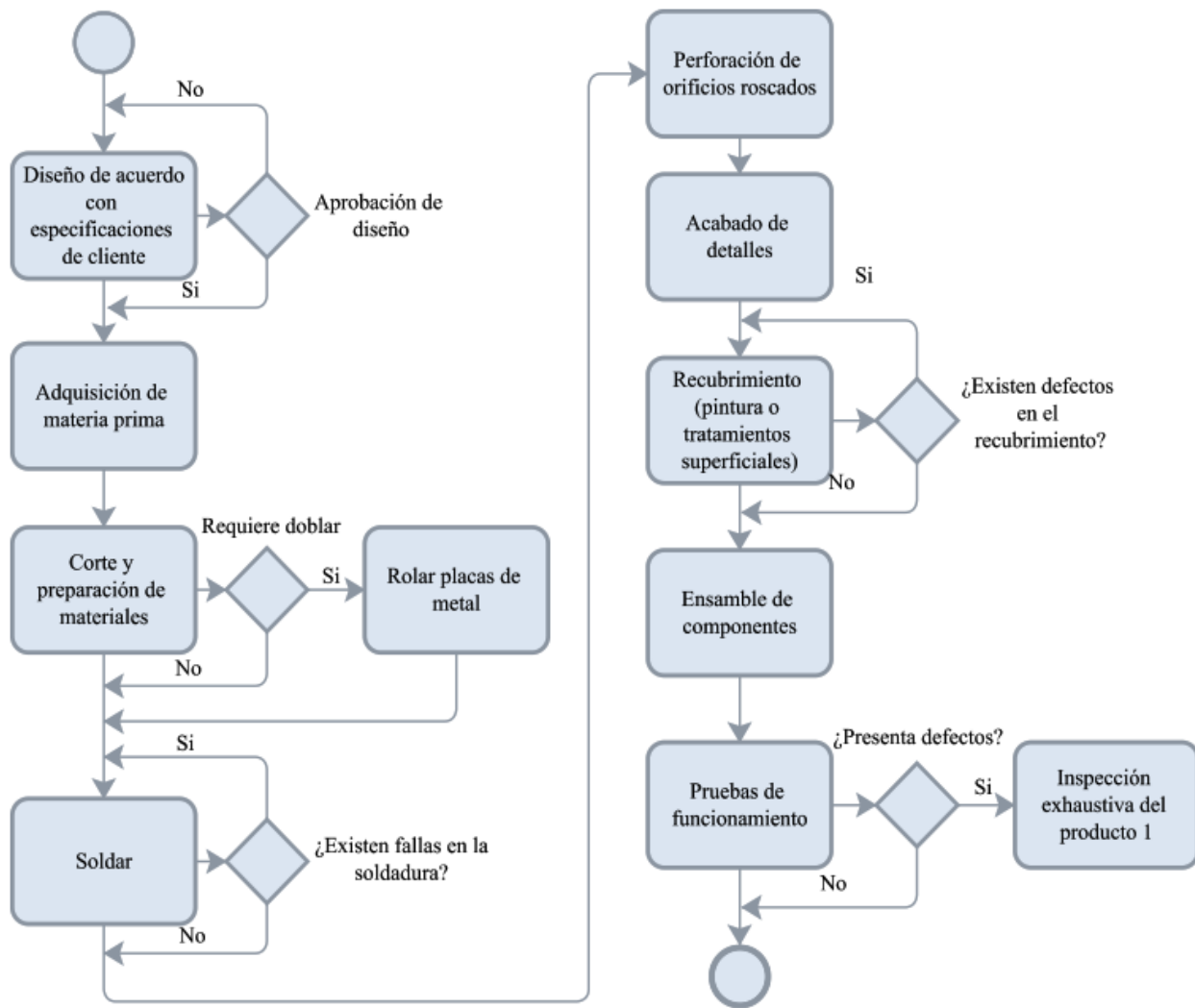


Fig. 7. Diagrama de flujo de proceso

Según esta información, se puede determinar que los activos de transporte, soldadura, corte y perforación son fundamentales en el proceso de producción. Dado que dicho proceso experimenta cambios continuos, es imprescindible que la maquinaria existente esté en condiciones óptimas de funcionamiento siempre que sea necesario.

4.2 Inventario y codificación de activos

De acuerdo con el sistema de codificación, es imprescindible identificar las actividades principales del sistema que se realizan durante el proceso de producción. Este requisito es fundamental para la formulación de una codificación efectiva de los activos.

TABLA IX
ACTIVIDADES DEL SISTEMA

| Actividad | Código |
|-----------------------|---------------|
| Suelda | SD |
| Corte | CT |
| Pulido | PD |
| Doblado | DB |
| Perforado | PR |
| Generador de energía | GE |
| Corte y pulido | CP |
| Incremento de presión | IP |
| Generar energía | GE |
| Transporte de cargas | TC |

Al reconocer los elementos esenciales para llevar a cabo la codificación de activos, se procedió a la confección del inventario de activos. Este procedimiento permitió una evaluación exacta de los activos que constituyen el capital de la empresa.

El proceso de elaboración del inventario de activos se llevó a cabo en colaboración estrecha con los trabajadores y el jefe de taller de la empresa. La participación y la experiencia del personal de trabajo se revelaron como elementos cruciales durante este proceso, contribuyendo significativamente a la obtención de resultados más precisos y detallados, de esta manera, se proporcionó una base sólida para la gestión eficiente de los recursos patrimoniales de la empresa.

TABLA X
INVENTARIO DE ACTIVOS

| REPORTE DE INVENTARIO DE MAQUINA Y EQUIPOS | | | | |
|---|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Código | Maquina | Marca | Modelo | Ubicación |
| SD-SL-01 | Soldadora | LINCOLN ELECTRIC | POWER MIG® 216 | Bodega |
| SD-SL-02 | Soldadora | WEID BOY | RX-2050 | Bodega |
| SD-SL-03 | Soldadora | LINCOLN ELECTRIC | Invertec V350 Pro | Bodega |
| SD-SL-04 | Soldadora | RONCH | Weld 250 TIG | Bodega |
| SD-SC-01 | SuitCase | MILLER | X-TREME 12VS | Bodega |
| SD-PM-01 | Plasma | Hypertherm | Powermax 1650 | Bodega |
| SD-MT-01 | Moto soldadora | LINCOLN ELECTRIC | 305 D RANGER | Bodega |
| CT-TD-01 | Tronzadora | MAKITA | 2414NB/LW1401 | Bodega |
| CP-EM-01 | Esmeriladora | DEWALT | DWE4577-B3 | Bodega |
| CP-AR-01 | Amoladora | TOTAL | TP1141806-5 | Bodega |
| IP-CM-04 | Compresor | TRUPER | COMP-60LB-D | Bodega |
| PR-TP-01 | Taladro percutor | DEWALT | DW508S-B3 | Bodega |
| PR-TP-02 | Taladro percutor | ISKRA PERLES | T-723 | Bodega |
| PR-TI-01 | Taladro de impacto | DEWALT | DW292K | Bodega |
| PD-LP-01 | Lijadora palma | DEWALT | DWE6421-B3 | Bodega |
| GE-GE-01 | Generador eléctrico | STHEINER | sth8000 | Bodega |
| PR-TD-01 | Taladro drilling | TOPTECH | DRILLING 30H | Taller |
| IP-CI-01 | Compresor industrial | TRAN-SELMEC | SN | Taller |
| CT-CZ-01 | Cizalla | SN | SN | Taller |
| TC-PG-01 | Puente Grúa | SN | SN | Taller |
| DB-RD-01 | Roladora Industrial | AKYARAK | ASH 3050X25-3 | Taller |
| DB-RD-02 | Roladora | AKYARAK | 2000-6 | Taller |
| TC-MC-01 | Montacargas | YALE | GP040-070VX | Taller |

4.3 Desarrollo de fichas técnicas

Con el propósito de obtener información detallada y técnica sobre los activos de la empresa, se llevó a cabo la elaboración de fichas técnicas individuales para cada uno de ellos, esta iniciativa tuvo como objetivo primordial consolidar una base de datos integral que abarcara tanto detalles generales como específicos de los activos. La creación de estas fichas técnicas se presenta como un componente esencial en la concepción y ejecución del plan de mantenimiento.

A continuación, se presenta un resumen de las especificaciones técnicas de la maquinaria evaluada. Para una descripción detallada y exhaustiva de cada equipo, se recomienda desde el Anexo 12 hasta el Anexo 20, donde se proporciona información relevante de la maquinaria. Cada anexo presenta una ficha técnica detallada para cada una de las máquinas existentes

TABLA XI
RESUMEN DE INFORMACION TÉCNICA DE MAQUINARÍA

| Nombre y modelo de maquinaria | Principales características | Aplicaciones |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| Soldadora POWER MIG® 216 | Corriente y voltaje en soldadura: 30 - 250 Amp, 13 - 24 Volt | Suelda GMAW |
| Soldadora INVERTEC V350 PRO | Salida nominal: 350A/ 34V/ 60% ciclo de trabajo | Suelda TIG/MIG y electrodo revestido |
| Soldadora Weld 250 TIG | Rango de corriente AC: 10 - 200 Amp Rango de corriente DC: 10 - 170 Amp | Suelda TIG, STICK y MMA |
| SuitCase X-TREME 12VS | Potencia de entrada: 14 - 110 V CD | Suelda MIG, con alambre tubular |
| Compresor Industrial SN | Potencia: 4 – 450 kW Flujo: 0,36 – 84,9 m ³ /min | Aplicación de limpieza y pintura |
| Cizalla SN | Voltaje de alimentación: 220V / 400V Longitud de corte: 3200 mm | Corte de materiales metálicos |
| Puente Grúa SN | Capacidad de carga: 5-50 Tn Altura de elevación: 6~16 m | Transporte de materiales |

| Nombre y modelo de maquinaria | Principales características | Aplicaciones |
|--------------------------------------|--|--|
| Roladora Industrial ASH 3050X25-3 | Capacidad de doblado: Placas con espesor entre 4 mm y 8 mm | Doblado de bordes Rolado de placas |
| Montacargas GP040-070VX | Capacidad de carga: 1814 - 3175 kg Potencia: 59 hp | Transporte de materiales Abastecimiento de producción |

4.4 Jerarquización de maquinaria

4.4.1 Análisis de criticidad

La matriz de criticidad se utilizó como herramienta metodológica para discernir y priorizar los activos que requieren la realización de actividades de mantenimiento programadas, el proceso de determinación del tipo de criticidad se consideró detenidamente la TABLA V que ofrece una clasificación jerarquizada de los niveles de criticidad. Este enfoque riguroso permitió identificar con precisión los activos que poseen un impacto significativo en la operatividad y rendimiento de la empresa, propiciando así una base informada para la planificación y ejecución eficaz de las estrategias de mantenimiento.

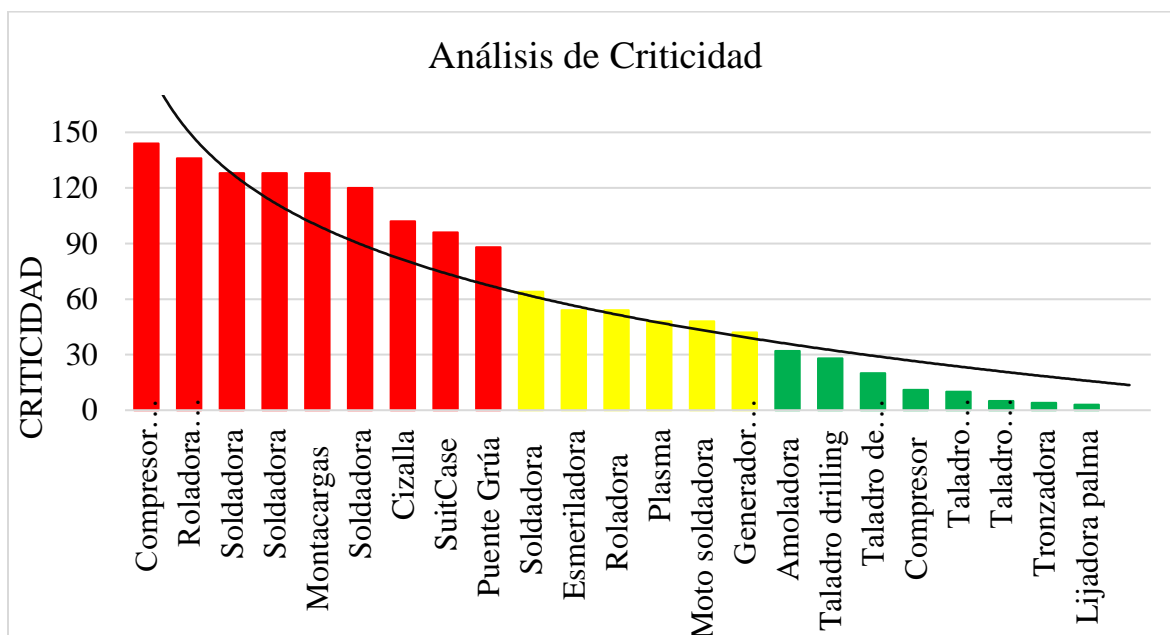


Fig. 8. Resultado del Análisis de modo y efecto de falla

Los resultados obtenidos del análisis de criticidad se han representado de manera gráfica en la siguiente Fig. 8, la cual permite discernir claramente los activos que exhiben niveles de criticidad clasificados como alto, medio y bajo. Este diagrama se utiliza como un recurso efectivo para la identificación visual y la clasificación de los activos en función de su impacto crítico en el rendimiento general de la organización.

4.4.2 Clasificación de equipos en base a su criticidad

De acuerdo con la TABLA V, muestra la clasificación de la maquinaria en base a su nivel de criticidad, considerando los valores de frecuencia y consecuencia para categorizar los equipos en críticos, importantes y prescindibles en el proceso de producción de la empresa.

Después de tener en cuenta los criterios y los resultados del análisis de criticidad, se ha logrado identificar la categoría de criticidad a la que pertenecen los activos.

TABLA XII
CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS EN BASE A SU CRITICIDAD

| Equipos críticos (A) | Equipos importantes (B) | Equipos prescindibles (C) |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Compresor industrial | Soldadora | Amoladora |
| Roladora Industrial | Esmeriladora | Taladro drilling |
| Soldadora | Roladora | Taladro de impacto |
| Soldadora | Plasma | Compresor |
| Montacargas | Moto soldadora | Taladro percutor |
| Soldadora | Generador eléctrico | Taladro percutor |
| Cizalla | | Tronzadora |
| SuitCase | | Lijadora palma |
| Puente Grúa | | |

La categorización de activos es crucial en la administración del mantenimiento de la organización, ya que facilita la identificación de aquellos activos que demandan una mayor atención. Esto es esencial para prevenir problemas que podrían afectar el cumplimiento de la demanda de los clientes.

4.5 Evaluación de modo y efecto de falla (AMFE)

Se decidió aplicar el análisis de modo y efecto de falla a los activos que han exhibido un nivel de criticidad alto. Como primer punto, Se realizó una identificación exhaustiva de los elementos esenciales de cada máquina vulnerable, permitiendo así un entendimiento de la funcionalidad de los activos en cuestión, esto fue esencial para una aplicación eficaz del análisis de modo y efecto de falla, ya que la comprensión completa de los componentes es esencial para evaluar de manera precisa los posibles modos de falla y sus efectos asociados.

TABLA XIII
COMPONENTES DE ACTIVOS CRÍTICOS

| Código | Equipo | Componentes |
|----------|----------------------|---|
| SD-SL-01 | Soldadora | Pinza masa, generador, manómetro, manguera de suministro de gas, cables de masa, interruptor de encendido/apagado, antorcha, selector de amperaje/voltaje |
| SD-SL-03 | Soldadora | Fuente de alimentación, pinza porta electrodos, cables de masa, pinza de masa, manija de regulación de amperaje, interruptor de encendido/apagado |
| SD-SL-04 | Soldadora | Fuente de alimentación, antorcha tig, manómetro, cables de masa, interruptor de encendido/apagado |
| SD-SC-01 | SuitCase | Carrete de alambre, fuente de alimentación, cable de masa, pinza masa, interruptor de encendido/apagado control de voltaje e intensidad de corriente |
| IP-CI-01 | Compresor Industrial | Motor eléctrico, tanque de almacenamiento, enfriador intercooler, filtros de entrada de aire, válvula de descarga, regulador de presión, panel de control, drenaje de condensados |
| CT-CZ-01 | Cizalla | Bastón de accionamiento, caja de control, cables eléctricos, motor eléctrico, bomba hidráulica, mangueras de alta presión, cuchillas, bancadas, mesa de trabajo |

| Código | Equipo | Componentes |
|----------|---------------------|--|
| TC-PG-01 | Puente Grúa | Carro, botonera, cables eléctricos, motores y transmisores, polipasto, panel de control, luces de señalización |
| DB-RD-01 | Roladora Industrial | Rodillos, sistema de transmisión, botón de paro de emergencia caja de control, motor eléctrico, tensor |
| TC-MC-01 | Montacargas | Mástil, cilindro hidráulico, carro elevador, horquilla, eje de tracción, eje de dirección, tanque de combustible |

Posteriormente, se utiliza el formato del análisis AMFE con el propósito de determinar de manera minuciosa los componentes que contribuyen al elevado nivel de criticidad observado en las máquinas seleccionadas. Este análisis, respaldado por la información detallada recopilada previamente, facilita la identificación precisa de los posibles modos de falla, así como sus consecuencias, permitiendo la adopción de medidas preventivas y correctivas enfocadas en mitigar los riesgos asociados a dichos modos de falla.

De acuerdo con el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) realizado en la matriz, se identificaron los componentes con mayor riesgo de presentar averías o fallas en las máquinas, los cuales poseen un nivel de criticidad elevado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA XIV
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA

| Maquinaria | Código | Componente | IPR |
|------------|----------|----------------------------------|-----|
| Soldadora | SD-SL-01 | Generador | 80 |
| | | Antorcha | 80 |
| | | Selector de amperaje/voltaje | 80 |
| Soldadora | SD-SL-03 | Fuente de alimentación | 80 |
| | | Cables de masa | 60 |
| | | Manija de regulación de amperaje | 60 |
| Soldadora | SD-SL-04 | Fuente de alimentación | 60 |

| Maquinaria | Código | Componente | IPR |
|----------------------|---------------|--|------------|
| | | Interruptor de encendido/apagado | 60 |
| SuitCase | SD-SC-01 | Interruptor de encendido/apagado | 60 |
| | | Control de voltaje e intensidad de corriente | 60 |
| Compresor Industrial | IP-CI-01 | Panel de control | 80 |
| | | Drenaje de condensados | 60 |
| Cizalla | CT-CZ-01 | Caja de control | 100 |
| | | Carro | 80 |
| Puente grúa | TC-PG-01 | Motores | 80 |
| | | Transmisores | 60 |
| | | Polipasto | 100 |
| Roladora Industrial | DB-RD-01 | Caja e control | 75 |
| Montacargas | TC-MC-01 | Eje de transmisión | 60 |
| | | Eje de dirección | 75 |

Cuando se presenta un IPR igual o superior a sesenta, los componentes se clasifican como de alto riesgo, ya que tienen la capacidad de provocar fallas o averías en momentos inoportunos. Por este motivo, se implementan acciones preventivas periódicas que permitan evitar dichos problemas. En la matriz de análisis AMFE se sugieren acciones de mantenimiento preventivo que pueden anticipar y evitar situaciones de falla, dichas acciones son tomadas en cuenta en la elaboración de los cronogramas de actividades del plan de mantenimiento de los activos críticos.

4.6 Plan de mantenimiento

Considerando tanto el nivel de criticidad asignado a los activos como los resultados derivados del análisis AMFE, se ha desarrollado una planificación integral de actividades de mantenimiento preventivo para cada máquina o equipo objeto de estudio. Estas actividades se han categorizado de acuerdo con su periodicidad, estableciendo los momentos específicos en los que deben ser implementadas a lo largo de periodos designados, la clasificación en función de la frecuencia de ejecución asegura una gestión eficaz y proactiva de las tareas de mantenimiento, facilitando la implementación de acciones preventivas y correctivas en intervalos determinados.

Esto busca maximizar la confiabilidad y la eficiencia operativa de los activos, minimizando el riesgo de posibles modos de falla y prolongando la vida útil de los equipos.

TABLA XV
PLAN DE MANTENIMIENTO

| Plan de mantenimiento |
|---|
| 1. Introducción |
| <p>Este documento presenta un plan de mantenimiento, orientado a maximizar el rendimiento y prolongar la vida operativa de los equipos en una empresa de manufactura metalmecánica. A través de la implementación sistemática de inspecciones regulares, ajustes precisos y actividades programadas, se pretende no solo mantener la funcionalidad óptima de los activos, sino también fortalecer la seguridad en el entorno laboral y mitigar los costos asociados a reparaciones imprevistas.</p> |
| 2. Objetivo |
| <p>El propósito fundamental de esta planificación es asegurar la continuidad operativa sin interrupciones significativas ocasionadas por fallas mecánicas, con el fin de garantizar una producción eficaz y consistente. Mediante la implementación de estrategias proactivas de mantenimiento, se busca mejorar la disponibilidad de los equipos, disminuyendo al mínimo cualquier tiempo de inactividad imprevisto que pueda impactar negativamente en la eficiencia y rentabilidad.</p> |
| 3. Alcance |
| <p>El plan de mantenimiento busca asegurar una operación eficiente, segura y confiable de la maquinaria en la empresa metalmecánica. Se enfoca principalmente en el área de producción, dando prioridad a la identificación y categorización de equipos críticos, así como a la gestión estratégica de las actividades de mantenimiento.</p> |
| 4. Responsables |
| <ul style="list-style-type: none">• Gerente y propietario de la organización• Feje del departamento de mantenimiento |

-
- Supervisor de operadores

5. Frecuencia de mantenimiento

Para asegurar una alta disponibilidad y eficiencia operativa, se definen intervalos específicos para el mantenimiento preventivo, que pueden ser diarios, semanales, mensuales o anuales, según las necesidades del equipo y las recomendaciones del fabricante. Para facilitar la identificación de la frecuencia de las actividades, se utiliza un cuadro de códigos de colores, lo cual permite una mejor visualización y reconocimiento de las tareas a ejecutar en el plan de mantenimiento.

| Código de colores | |
|-------------------|-------------|
| Incidencia | Color |
| Diario | Orange |
| Semanal | Yellow |
| Quincenal | Light Green |
| Mensual | Green |
| Trimestral | Blue |
| Semestral | Purple |
| Anual | Red |

De este modo, los cronogramas con las actividades de mantenimiento previamente planificadas permiten una visualización más clara de las frecuencias de mantenimiento a realizar.

6. Cronograma de actividades

Los planes de mantenimiento específicos para cada equipo incorporan los períodos preestablecidos para el mantenimiento, cada uno de los cuales contempla actividades destinadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de fallos, averías o defectos que puedan comprometer la producción y la disponibilidad operativa continua del equipo.

Para obtener información más detallada sobre los cronogramas de actividades, se recomienda revisar los anexos específicos relacionados con los cronogramas de cada máquina, en los cuales podrá visualizar la actividad y su frecuencia de ejecución.

Cronogramas de actividades:

- Anexo 30 Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-01)
- Anexo 31. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-03)

-
- Anexo 32. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-04)
 - Anexo 33. Cronograma de actividades de mantenimiento para SuitCase (SD-SC-01)
 - Anexo 34. Cronograma de actividades de mantenimiento para compresor industrial (IP-CI-01)
 - Anexo 35. Cronograma de actividades de mantenimiento para cizalla (CT-CZ-01)
 - Anexo 37. Cronograma de actividades de mantenimiento para roladora industrial (DB-RD-01)
 - Anexo 37. Cronograma de actividades de mantenimiento para roladora industrial (DB-RD-01)
 - Anexo 38. Cronograma de actividades de mantenimiento para montacargas (TC-MC-01)

7. Panificación del mantenimiento preventivo

El diseño y organización de las actividades de mantenimiento permite desarrollar un enfoque más estructurado y eficiente, minimizando el riesgo de accidentes durante la ejecución de dichas actividades y garantizando el bienestar de los operadores.

Procedimiento inicial

1. Determinar las actividades que son necesarias a ejecutar, tomando como referencia los cronogramas de actividades previamente establecidos.
2. Conforme a la planificación de actividades de mantenimiento, es necesario utilizar la orden de trabajo de mantenimiento contenida en el Anexo 8. Dicho anexo especifica las tareas de mantenimiento que deben ejecutarse y los materiales requeridos para su correcta ejecución.
3. Disponer de las herramientas y materiales requeridos para las tareas de mantenimiento, así como garantizar el uso del equipo de protección personal apropiado.

Procedimiento de mantenimiento

1. Verificar que el equipo esté apagado y desconectado de la fuente de energía.
 2. Colocar señales de "Equipo en Mantenimiento" para evitar el uso accidental durante el procedimiento.
 3. Proceder a realizar las actividades de mantenimiento programadas ya sea limpieza, lubricación, calibración, reemplazo de componentes u otras actividades.
 4. Tomar las precauciones necesarias para la ejecución de acciones.
 5. Verificar que todo quede limpio y ordenado.
-

-
6. En caso de proceder con el desmontaje de algún sistema de maquinaria, es esencial verificar que todos los componentes sean reinstalados correctamente y que encajen adecuadamente sin necesidad de aplicar fuerza.
 7. Finalmente, se procede a retirar las señales de "Equipo en mantenimiento".

Procedimiento de funcionalidad

1. Encender el equipo y realizar pruebas de funcionamiento como: Arranque de motor, Estabilidad de energía, etc.
2. Verificar que todos los parámetros operativos estén dentro de los rangos especificados.

En ausencia de inconvenientes, se reanuda la producción y se continuarán las actividades que estaban en curso antes de la ejecución del mantenimiento.

8. Procedimiento de mantenimiento correctivo

En caso de presentarse una avería, fallo, rotura o defectos en la maquinaria de la empresa, se implementarán acciones correctivas con el objetivo de evitar obstrucciones o retrasos en el proceso de producción.

Proceso de diagnóstico

1. Primero, al identificar una deficiencia, es necesario utilizar el formulario de reporte de anomalías conforme al Anexo 9 para registrar adecuadamente la incidencia.
2. Llevar a cabo una evaluación inicial con el propósito de identificar el origen de la anomalía, y establecer el procedimiento a seguir para resolver el problema.

Proceso de preparación

1. Idear el orden en el que se llevara a cabo las acciones correctivas.
 2. De acuerdo con la planificación de las actividades de mantenimiento, es imprescindible emplear la orden de trabajo de mantenimiento detallada en el Anexo 8. Este anexo define las tareas de mantenimiento que deben llevarse a cabo y los materiales necesarios para su correcta realización.
-

-
3. Garantizar la disponibilidad de herramientas, repuestos y materiales requeridos para la ejecución de las acciones correctivas, así como asegurar la utilización apropiada del equipo de protección personal.

Procedimiento de mantenimiento

1. Verificar que el equipo esté apagado y desconectado de la fuente de energía.
2. Colocar señales de "Equipo en Mantenimiento" para evitar el uso accidental durante el procedimiento.
3. Reemplazar o reparar los componentes defectuosos.
4. Debido a que es necesario realizar desmontajes, es esencial verificar que todos los componentes sean reinstalados correctamente y que encajen adecuadamente sin necesidad de aplicar fuerza.
5. Al culminar con las actividades, se puede retirar la señalización de "Equipo de mantenimiento" y continuar con las operaciones del proceso.

Procedimiento de funcionalidad

1. Encender el equipo y realizar pruebas de funcionamiento para asegurar que la falla ha sido corregida.
2. Verificar que todos los parámetros operativos estén dentro de los rangos especificados.

9. Anexos

- Anexo 8. Orden de trabajo de actividades de mantenimiento
- Anexo 9. Formato para reportar averías.

4.7 Protocolo para disposición final o reemplazo de activos

El protocolo o procedimiento para la disposición final o el reemplazo de activos se desarrolló con el propósito de mantener un proceso estandarizado que pueda adaptarse a las necesidades de la empresa, ya sea para reemplazar activos defectuosos o para desincorporar aquellos que han cumplido su tiempo vida útil o que requieren ser retirados por razones justificadas.

TABLA XVI
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

| Disposición final o reemplazo de maquinaria |
|---|
| 1. Introducción |
| <p>Este protocolo detalla los procedimientos para dar de baja o realizar el reemplazo de la maquinaria que ha cumplido su vida útil en la empresa. La correcta desincorporación de activos es crucial para preservar la eficacia operativa, garantizar la seguridad laboral y cumplir con las regulaciones ambientales.</p> |
| 2. Objetivo |
| <p>Establecer las directrices y procedimientos para dar de baja maquinaria que ya no es funcional o económicamente viable para la empresa, asegurando la correcta disposición de los activos y el cumplimiento de las normativas vigentes.</p> |
| 3. Alcance |
| <p>Este protocolo es aplicable a toda la maquinaria utilizada en el proceso de producción de la empresa.</p> |
| 4. Responsables |
| <ul style="list-style-type: none">• Gerente y propietario de la organización• Feje del departamento de mantenimiento• Supervisor de operadores |
| 5. Procedimiento |
| <p>5.1. Identificación de la necesidad de baja</p> <ol style="list-style-type: none">a) Inspección regular: El equipo de mantenimiento evalúa periódicamente la maquinaria.b) Reporte de fallas: Operadores y técnicos documentan problemas recurrentes o fallas significativas.c) Evaluación técnica: Un técnico especializado determina si la maquinaria es reparable o debe darse de baja. |

5.2. Identificación de la necesidad de reemplazo

- a) Inspección regular: De acuerdo con las inspecciones regulares se identifica problemas.
- b) Reporte de fallas: Se mantiene un registro de las fallas y problemas recurrentes de la máquina.
- c) Evaluación técnica: De acuerdo con el análisis de un especialista técnico se evalúa si la máquina necesita ser reemplazada debido a su estado o desempeño.

5.3. Autorización interna

- a) Solicitud de baja o reemplazo: El responsable de mantenimiento completa una solicitud formal, con razones e informes técnicos.
- b) Revisión de gerencia: La gerencia revisa la solicitud y considera opciones de reparación, reemplazo o dar de baja la máquina.
- c) Aprobación: Los encargados o responsables de la gestión de activos aprueban o rechazar la solicitud.

5.4. Documentación y registro

- a) Registro de baja o reemplazo: Registrar la baja en el sistema de gestión de activos o registrar si alguna máquina fue reemplazada.
- b) Actualización de inventario: Actualizar el inventario reflejando la baja o el reemplazo.
- c) Archivos: Mantener un expediente con toda la documentación relacionada.

5.5. Proceso de desincorporación (nicamente en el caso de que la maquinaria vaya a ser retirada de servicio)

- a) Desmontaje: Personal capacitado realiza el desmontaje de la maquinaria.
- b) Disposición Final: Determinar el método de disposición (venta, reciclaje, donación, etc.).

5.6. Notificación y comunicación

-
- a) Notificación interna: Notificar a las áreas correspondientes sobre el reemplazo de maquinaria o la desincorporación de un activo.
 - b) Clientes/Proveedores: Notificar a clientes o proveedores si la baja afecta la cadena de suministro o producción.

5.7. Evaluación posterior

- a) Análisis de impacto: evaluar los efectos provocados por la nueva maquinaria implementada como reemplazo. Evaluar los efectos provocados por la nueva maquinaria implementada como reemplazo.
- b) Lecciones aprendidas: Documentar lecciones aprendidas para mejorar futuros procesos de baja.

6. Revisión y actualización de programa

Este protocolo debe ser revisado y actualizado anualmente o cuando sea necesario, para asegurar que sigue siendo relevante y efectivo.

7. Anexos

- Anexo 10. Formato de solicitud para disposición final de maquinaria
 - Anexo 11. Formato de solicitud para reemplazo de maquinaria
-

Conclusiones

A partir de la investigación bibliográfica, se obtuvieron bases fundamentales que sustentan este estudio. Esta investigación permitió entender los factores que afectan el mantenimiento en la industria y cómo estos se adaptan continuamente a las nuevas exigencias del mercado. En resumen, el mantenimiento se ha identificado como uno de los pilares fundamentales en la gestión empresarial, ya que ayuda a reducir gastos innecesarios, disminuye el riesgo de accidentes y asegura una producción eficiente. Por medio de la investigación, se lograron identificar las bases necesarias para elaborar una planificación de mantenimiento adecuada.

La entrevista realizada al propietario de la organización, junto con el análisis del árbol de problemas, permitió una comprensión detallada de la situación actual del mantenimiento dentro de la empresa, así como de las causas y consecuencias asociadas al elevado nivel de defectos en la maquinaria. Con base en esta información, se llevó a cabo un análisis de criticidad para identificar aquellos activos cuya podría tener un impacto considerable en la operación productiva de la empresa. Este análisis facilitó la priorización de los activos con altos niveles de criticidad, permitiendo enfocar los esfuerzos de mantenimiento de manera más efectiva.

El diseño de un plan de mantenimiento enfocado en el sector metalmecánico se ha mostrado como una estrategia crucial para mejorar obtener mejoras operativas y aumentar la longevidad de los activos, el diseño del plan incluye una serie de actividades de mantenimiento cuyo principal objetivo es asegurar la disponibilidad de la maquinaria en todo momento. Cada actividad tiene una frecuencia de ejecución específica y un color característico que facilita su identificación en el cronograma, la planificación del mantenimiento permitirá el cumplimiento de los proyectos, lo que, a su vez, se traducirá en beneficios a corto, mediano y largo plazo.

Recomendaciones

En primer lugar, es esencial que la gerencia fomente una cultura organizacional que reconozca y valore la relevancia del mantenimiento y la preservación de los activos., este enfoque puede resultar en mejoras significativas para la organización. Una de las estrategias más efectivas que la organización puede adoptar es la capacitación continua del personal, lo que no solo contribuirá al crecimiento personal y profesional de los empleados, sino que también les permitirá comprender mejor la importancia del mantenimiento dentro de la organización.

Con el propósito de garantizar la efectividad en la programación de las actividades de mantenimiento, es fundamental llevar a cabo evaluaciones continuas y mejoras del programa de mantenimiento, mediante el análisis de registros de actividades pasadas, esto permite identificar áreas de mejora y aprender de los errores, facilitando así ajustes necesarios en la planificación de actividades. La flexibilidad del cronograma asegura un mantenimiento eficiente en términos económicos y temporales, aspectos de gran importancia para cualquier organización.

La disponibilidad de recursos financieros constituye una de las principales restricciones para la implementación de automatización en los procesos. No obstante, cuando sea factible, se recomienda considerar la adopción de tecnologías avanzadas, tales como software computarizado de gestión de mantenimiento, que facilitan un monitoreo más preciso y un control en tiempo real de las operaciones de mantenimiento.

Colaborar con proveedores de equipos y profesionales del mantenimiento industrial representa una estrategia altamente beneficiosa para mejorar la eficiencia de las operaciones de mantenimiento. Esta colaboración permite obtener asesoramiento especializado y fomenta el intercambio de conocimientos, facilitando así la implementación de prácticas óptimas en el ámbito del mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

- [1] S. Páramo Ortega, Artist, *Análisis para la implementación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la maquinaria en la línea de pulido de vidrio de la empresa vitrinas páramo*. [Art]. Universidad Libre, 2016.
- [2] Pro Ecuador, «Metalmecánica y Automotriz,» proecuador.gob.ec, 2022. [En línea]. Available: <https://www.proecuador.gob.ec/metalmecanica-y-automotriz/#:~:text=La%20industria%20metalmec%C3%A1nica%20ecuatoriana%20la,relacionadas%20con%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%3A&text=Partes%20y%20piezas%20de%20fundici%C3%B3n%20ferrosa%20y%20no%20ferrosa..> [Último acceso: 16 junio 2023].
- [3] S. Armijos Medrano, «Sector metalmecánico mueve a varias industrias,» *Vistazo*, vol. 44, n° 44, pp. 26-28, 17 jun. 2022.
- [4] B. Loor Sandoval, Artist, *Estudio de la evolución del sector metalmecánico cuya actividad es la fabricación de metales comunes en el Ecuador en el período 2010-2015*. [Art]. Universidad Andina Simón Bolívar, 2018.
- [5] J. Veliz, «CONSECUENCIAS DEL MAL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL,» MILL`S, 1 noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://milma.cl/consecuencias-del-mal-mantenimiento-industrial/>. [Último acceso: 20 junio 2023].
- [6] ADIMRA, Guía para una producción sustentable (Sector metalmecánico), Primera ed., S. d. A. y. D. S. d. l. Nación, Ed., Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019, pp. 8-92.
- [7] J. Chávez Medina, A. Santiesteban López, J. Carmona Silva y I. Montero, «Efecto del mantenimiento industrial, maquinaria y equipo, mano de obra, métodos de trabajo y materia prima con respecto al nivel de Six Sigma en una Pyme: Caso bloquera medina del municipio de San Pedro Cholula, Puebla,» *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 2, n° 6, pp. 34-44, 2018.

- [8] C. Arroyo Vaca y R. Obando Quito, «Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos.,» *E-IDEA Journal of Engineering Science*, vol. IV, n° 10, pp. 59-69, 2022.
- [9] G. Herrera Sánchez, L. d. C. Morán Bravo, J. Gallardo Navarro y A. Silva Juárez, «Gestión del mantenimiento y la industria 4.0,» *Revista de Ingeniería Innovativa*, vol. 4, n° 15, pp. 18-28, 2020.
- [10] V. González Ajuech, Á. Medrano Márquez y . Días, *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*, Grupo Editorial Patria., 2017.
- [11] F. A. Pérez Rondón, *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*, Primera ed., vol. I, USTA, Ed., Bucaramanga: Universidad Santo Tomás, 2021, pp. 17-99.
- [12] C. A. Montilla, *Mantenimiento Industrial y su Administración*, Primera ed., vol. I, U. T. d. Pereira, Ed., Pereira, Risalda: Universidad Tecnológica de Pereira, 2019, pp. 19-479.
- [13] D. Prada, «¿Cuál es la importancia del mantenimiento industrial?,» SUMICALI, 9 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.sumicali.com/cual-es-la-importancia-del-mantenimiento-industrial/>. [Último acceso: 27 Septiembre 2023].
- [14] O. García Palencia, *Beneficios de la aplicación de actividades de mantenimiento en la industria*, Primera ed., vol. I, E. d. l. U, Ed., Bogotá: Ediciones de la U, 2012, pp. 19-154.
- [15] C. Montilla Montaña, *Fundamentos de mantenimiento industrial*, Primera ed., Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2016, pp. 30-38.
- [16] IRIM, «Indicadores de disponibilidad,» 2023. [En línea]. Available: <https://renovetec.com/irim/14-revista-irim-6/304-indicadores-de-disponibilidad>. [Último acceso: 29 octubre 2023].
- [17] M. Medina Romero, D. Hurtado Tiza , J. MuñozMurillo, D. Ochoa Cervantez y G. Izundegui Ordóñez, *Método mixto de iverstgación*, Primera ed., Puno: nstituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2023.

- [18] C. Tancara Q, «LA INVESTIGACION DOCUMENTAL,» *SciELO Analytics*, pp. 91-106, 1993.
- [19] M. Gracia Sanz y P. Martínez Clares, Guía práctica para la realización de trabajos fin de grado y trabajos fin de máster, Murcia: Universidad de Murcia, 2012.
- [20] Z. R. Vargas Cordero, «La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.,» *redalyc.org*, vol. 33, nº 1, pp. 155-165, 2009.
- [21] D. A. Neili y L. Cortez Suárez, Procesos y fundamentos de la investigación científica, Machala, El Oro: UTMACH, 2018.
- [22] R. Quecedo Lecanda y C. Castaño Garrido, «Introducción a la metodología de investigación cualitativa,» *Revista Psicodidáctica*, pp. 5-39, 2002.
- [23] R. Rojas Soriano, Guía para realizar Investigaciones sociales, Octava ed., México: Plaza y Valdés, 2013, pp. 215-217.
- [24] L. Díaz Bravo, M. Valera Ruiz, M. Martínez Hernández y U. Torruco García, «La entrevista, recurso flexible y dinámico,» *SciELO Analytics*, vol. 2, nº 7, 2013.
- [25] M. Maldonado, «ilab,» 15 Agosto 2023. [En línea]. Available: <https://ilab.net/arbol-del-problema/>. [Último acceso: 12 Marzo 2024].
- [26] C. Blanco, Encuesta y Estadística (Métodos de Investigación Cuantitativa en Ciencias Sociales y Comunicación), Primera ed., Córdoba: Editorial Brujas, 2011.
- [27] A. Castillo Serpa y E. Fraga Guerra, «Análisis de criticidad personalizados,» *redalyc.org*, vol. 12, nº 3, pp. 1-12, 2009.
- [28] T. Alvarado, «Guía para realizar el análisis de criticidad,» Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2020.
- [29] S. García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Primera ed., vol. I, S. A. Díaz de Santos, Ed., Madrid: Díaz de Santos, S. A., 2003.

- [30] I. Gallará y D. Pontelli, *Mantenimiento industrial*, Segunda ed., J. Sarmiento, Ed., Córdoba: Universitas, 2020.
- [31] J. González Sosa, J. Loyo Quijada, M. López Ontiveros, P. Pérez Montoya y A. Cruz Hernández, «Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE,» *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 17, n° 3, pp. 1-18, 2018.
- [32] Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI, *Principios de gestión, planeación y programación de mantenimiento*, Lima: SENATI, 2007.
- [33] Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos "EMGIRS-EP", *Baja de bienes e inventarios*, Quito, Pichincha: EMGIRS-EP, 2019.
- [34] S. Aguilar Barojas, «Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud,» *Redalyc*, vol. 11, pp. 333-338, 2005.

Anexos

Empresas encuestadas: 7 empresas del sector metalmecánico de la ciudad de Cayambe.



Universidad Técnica del Norte
Facultad de ingeniería en Ciencias Aplicadas
Ingeniería Industrial



Estimado/a participante,

Agradecemos tu colaboración en esta encuesta académica, la cual tiene como objetivo recopilar información sobre el Mantenimiento Industrial. Tu opinión es fundamental para comprender mejor la importancia de un plan de mantenimiento en la industria. Todas las respuestas son anónimas y confidenciales.

| Preguntas | | Si | No |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| • Pregunta 1: ¿Considera usted importante contar con un programa de mantenimiento? | | | |
| • Pregunta 2: ¿La empresa cuenta con un programa de mantenimiento para sus activos? | | | |
| Conteste en el caso de que haya respondido afirmativamente a la pregunta 2 , caso contrario continúe a la pregunta 9 . | | | |
| • Pregunta 3: ¿Cuáles son los principales desafíos o barreras que enfrenta una empresa al implementar un plan de mantenimiento? | | | |
| Falta de recursos financieros | | Complejidad en la implementación | |
| Resistencia al cambio | | Falta de herramientas y tecnologías adecuadas | |
| Falta de conocimiento sobre el mantenimiento | | Cultura empresarial que no está orientada hacia la búsqueda constante de mejora | |
| • Pregunta 4: ¿Se han experimentado pérdidas significativas debido a fallas de activos en el pasado? | | | |
| Nunca | <input type="checkbox"/> | Raramente | <input type="checkbox"/> |
| Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> | A menudo | <input type="checkbox"/> |
| Frecuentemente | <input type="checkbox"/> | | |
| • Pregunta 5: ¿Qué actividades implementaba para asegurar la disponibilidad de sus activos? | | | |
| Se procedía exclusivamente en respuesta a la ocurrencia de un fallo o avería | <input type="checkbox"/> | Se realizaban inspecciones regulares para prevenir fallas | <input type="checkbox"/> |
| Se realizaban acciones correctivas | <input type="checkbox"/> | No contábamos con ningún método | <input type="checkbox"/> |
| Otra (por favor, especificar): | | | |
| • Pregunta 6: ¿Qué tipo de plan de mantenimiento se emplea en la organización? | | | |
| Preventivo | <input type="checkbox"/> | Predictivo | <input type="checkbox"/> |
| Correctivo | <input type="checkbox"/> | | |
| • Pregunta 7: ¿Cuáles considera que han sido los beneficios más significativos derivados de la implementación del plan de mantenimiento en su empresa? | | | |
| Mejorar la eficiencia operativa | <input type="checkbox"/> | Incrementando la disponibilidad de activos | <input type="checkbox"/> |
| Aumento en la vida útil de activos | <input type="checkbox"/> | Mejora la seguridad laboral | <input type="checkbox"/> |
| Reduciendo costos de reparaciones | <input type="checkbox"/> | Optimización en la gestión de recursos | <input type="checkbox"/> |
| Otra (por favor, especificar): | | | |
| • Pregunta 8: ¿Se llevan a cabo capacitaciones para el personal de la empresa como parte de su gestión de mantenimiento? | | | |
| Sí, se realizan regularmente capacitaciones para el personal | | | |
| Se han implementado ocasionalmente programas de capacitación | | | |
| No se llevan a cabo programas de formación relacionados con el tema. | | | |



Universidad Técnica del Norte
Facultad de ingeniería en Ciencias Aplicadas
Ingeniería Industrial



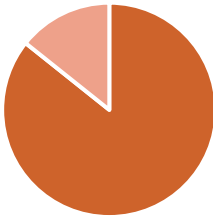
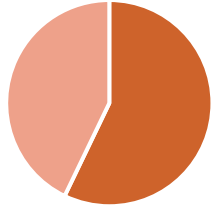
| | | | |
|---|--------------------------|---|-----------------------------|
| Conteste exclusivamente si su respuesta a la pregunta 2 fue negativa. | | | |
| • Pregunta 9: ¿Cómo maneja actualmente el mantenimiento en sus instalaciones? | | | |
| Solución de problemas a medida que surgen, sin previa planificación | <input type="checkbox"/> | Se realiza inspecciones periódicas para identificar fallas. | <input type="checkbox"/> |
| Contamos con servicios externos para atender las necesidades de mantenimiento | <input type="checkbox"/> | No existe un procedimiento establecido; se ajusta conforme a la necesidad de realizar reparaciones. | <input type="checkbox"/> |
| Otra (por favor, especificar): | | | |
| • Pregunta 10: ¿Cree que es importante implementar un plan de mantenimiento en su empresa? | Si | <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| • Pregunta 11: ¿Cuáles considera que han sido los desafíos que han obstaculizado la introducción de un plan de mantenimiento hasta la fecha? | | | |
| Falta de recursos económicos | <input type="checkbox"/> | Complejidad en la implementación | <input type="checkbox"/> |
| Resistencia al cambio | <input type="checkbox"/> | Falta de herramientas y tecnologías adecuadas | <input type="checkbox"/> |
| Falta de conocimientos técnicos | <input type="checkbox"/> | Cultura empresarial que no está orientada hacia la búsqueda constante de mejora | <input type="checkbox"/> |
| Otra (por favor, especificar): | | | |
| • Pregunta 12: De acuerdo a su criterio ¿cuáles cree que serían los beneficios más relevantes de contar con un plan de mantenimiento? | | | |
| Mejorar la eficiencia operativa | <input type="checkbox"/> | Incrementando la disponibilidad de activos | <input type="checkbox"/> |
| Aumento en la vida útil de activos | <input type="checkbox"/> | Mejora la seguridad laboral | <input type="checkbox"/> |
| Reduciendo costos de reparaciones | <input type="checkbox"/> | Optimización en la gestión de recursos | <input type="checkbox"/> |
| Otra (por favor, especificar): | | | |
| • Pregunta 13: ¿Su empresa ha enfrentado desafíos considerables como consecuencia de incidencias o fallos en sus activos? | Si | <input type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |
| • Pregunta 14: ¿Con qué frecuencia ocurren problemas o averías en sus activos? | | | |
| Regularmente (5-7 veces al mes) | <input type="checkbox"/> | Ocasionalmente (2-4 veces al mes) | <input type="checkbox"/> |
| | | Raramente (1 vez al mes) | <input type="checkbox"/> |
| • Preguntas 15: ¿Cómo afectan estos problemas o averías a las operaciones diarias de su empresa? | | | |
| Interrupciones significativas | <input type="checkbox"/> | Pérdida de productividad | <input type="checkbox"/> |
| | | Aumento de costos operativos | <input type="checkbox"/> |

Agradecemos sinceramente su participación en esta encuesta. Su valiosa información contribuirá significativamente a nuestro estudio.

Anexo 1 Formato de encuesta

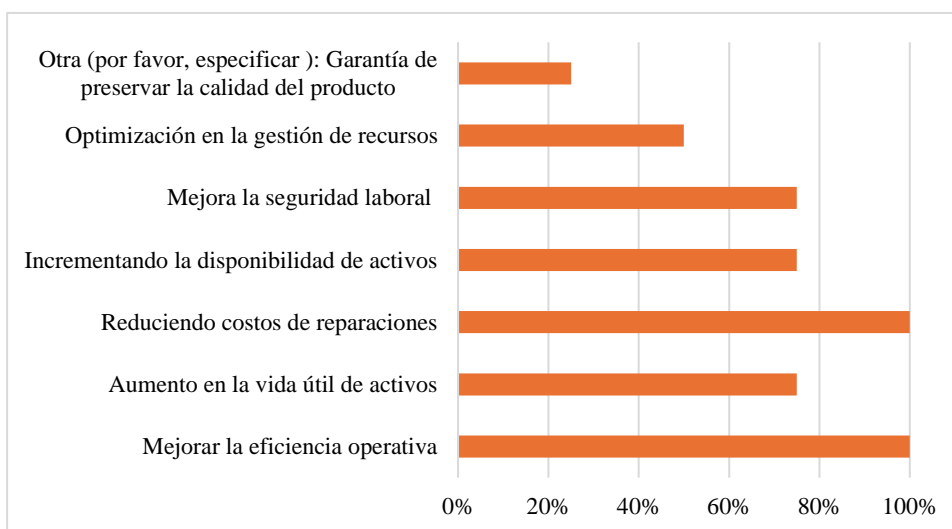
| Preguntas de entrevista | |
|-------------------------|---|
| P1 | ¿Cuáles crees que son los principales problemas que se presentan en el proceso de producción? |
| P2 | ¿Cómo se maneja el mantenimiento de los equipos en la organización? |
| P3 | ¿En la planta se realizan inspecciones rutinarias con la finalidad de identificar averías o fallas? |
| P4 | ¿Se dispone de un registro de los activos existentes en la organización? |
| P5 | ¿Qué actividades se realiza cuando una maquina o equipo se descompone? |
| P6 | De acuerdo con tu experiencia ¿Cuáles crees que serían los equipos o maquinas que presentan más fallas? |
| P7 | ¿El personal de trabajo se encuentra capacitado en cuanto al uso adecuado de los equipos y maquinas? |
| P8 | ¿Por qué crees que es importante el mantenimiento de activos? |
| P9 | ¿Qué expectativas tienes sobre el desarrollo de un plan de mantenimiento? |

Anexo 2. Preguntas de entrevista

| Resultados de encuesta | | | |
|--|--------|----|--|
| Preguntas | | | Resultado |
| Pregunta 1: ¿Considera usted importante contar con un programa de mantenimiento? | | |  ■ Si ■ No |
| Si | 85,71% | No | |
| Pregunta 2: ¿La empresa cuenta con un programa de mantenimiento para sus activos? | | |  ■ Si ■ No |
| Si | 57,14% | No | |

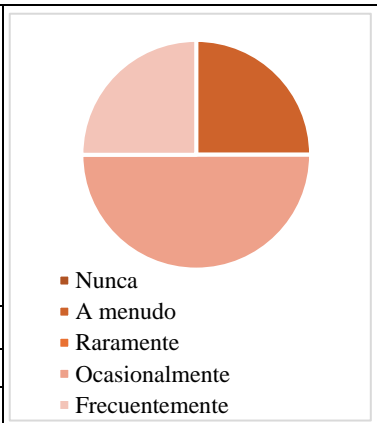
Pregunta 3: ¿Cuáles son los principales desafíos o barreras que enfrenta una empresa al implementar un plan de mantenimiento?

| | | | |
|--|------|---|-----|
| Falta de recursos financieros | 100% | Complejidad en la implementación | 25% |
| Resistencia al cambio | 100% | Falta de herramientas y tecnologías adecuadas | 25% |
| Falta de conocimiento sobre el mantenimiento | 50% | Cultura empresarial que no está orientada hacia la búsqueda constante de mejora | 75% |



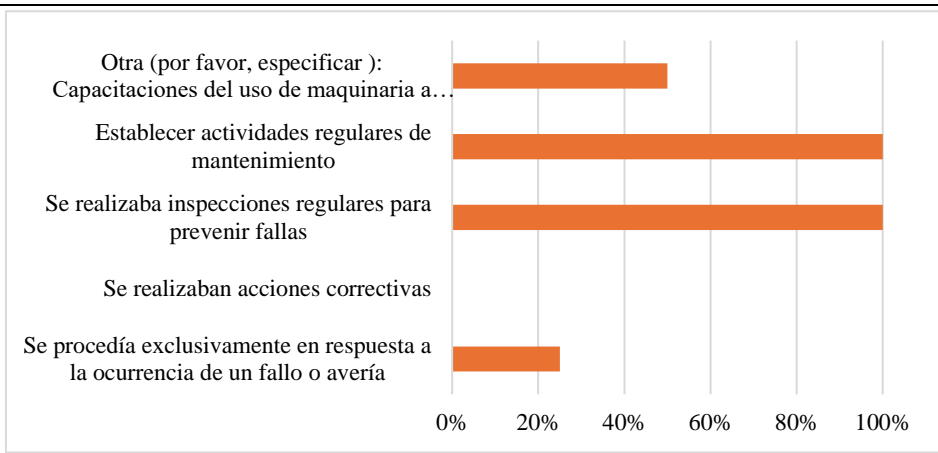
Pregunta 4: ¿Se han experimentado pérdidas significativas debido a fallas de activos en el pasado?

| | | | |
|-----------|-----|----------------|-----|
| Nunca | 0% | Ocasionalmente | 50% |
| A menudo | 25% | Frecuentemente | 25% |
| Raramente | 0% | | |



Pregunta 5: ¿Qué actividades implementaba para asegurar la disponibilidad de sus activos?

| | | | |
|---|-----|--|------|
| Se procedía exclusivamente en respuesta a la ocurrencia de un fallo o avería | 25% | Se realizaba inspecciones regulares para prevenir fallas | 100% |
| Se realizaban acciones correctivas | 0% | Establecer actividades regulares de mantenimiento | 100% |
| Otra (por favor, especificar): Capacitaciones del uso de maquinaria a equipo de personal. | | | 50% |



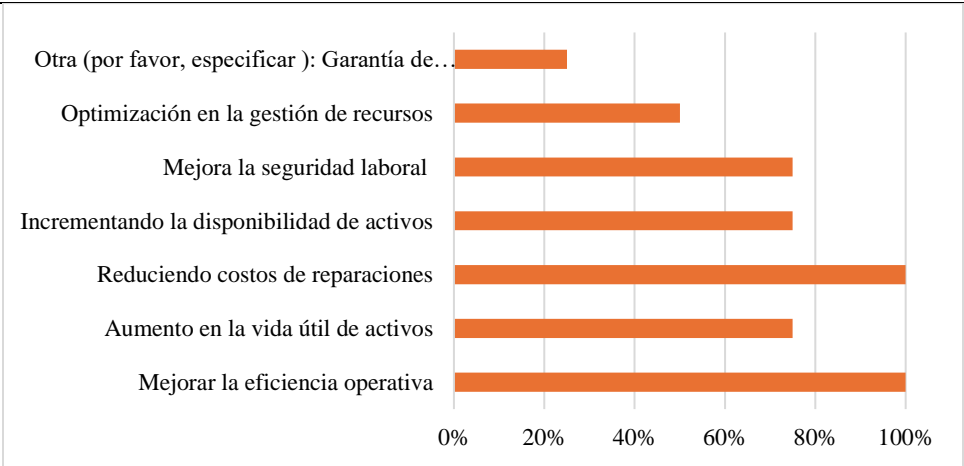
Pregunta 6: ¿Qué tipo de plan de mantenimiento se emplea en la organización?



| | | | | | |
|------------|------|------------|----|------------|----|
| Preventivo | 100% | Predictivo | 0% | Correctivo | 0% |
|------------|------|------------|----|------------|----|

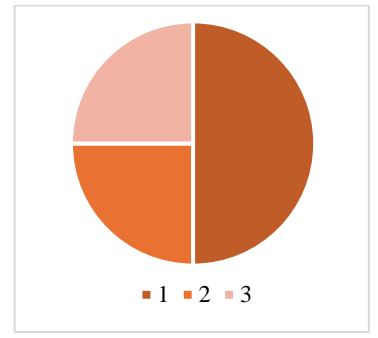
Pregunta 7: ¿Cuáles considera que han sido los beneficios más significativos derivados de la implementación del plan de mantenimiento en su empresa?

| | | | |
|--|------|--|-----|
| Mejorar la eficiencia operativa | 100% | Incrementando la disponibilidad de activos | 75% |
| Aumento en la vida útil de activos | 75% | Mejora la seguridad laboral | 75% |
| Reduciendo costos de reparaciones | 100% | Optimización en la gestión de recursos | 50% |
| Otra (por favor, especificar): Garantía de preservar la calidad del producto | | | 25% |



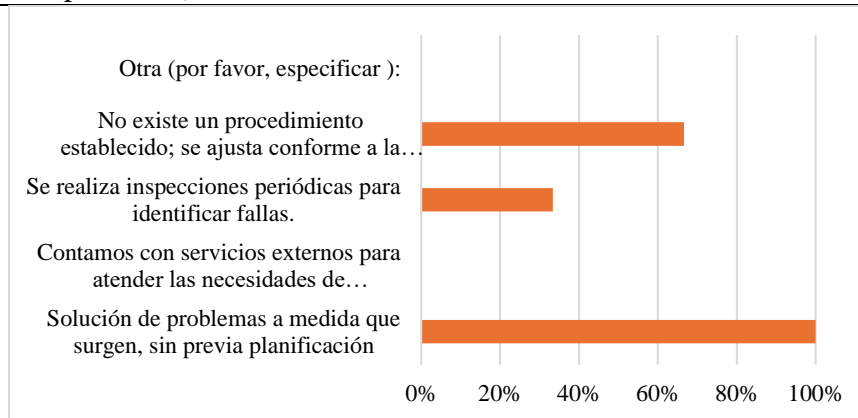
Pregunta 8: ¿Se llevan a cabo capacitaciones para el personal de la empresa como parte de su gestión de mantenimiento?

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | Sí, se realizan regularmente capacitaciones para el personal | 50% |
| 2 | Se han implementado ocasionalmente programas de capacitación | 25% |
| 3 | No se llevan a cabo programas de formación relacionados con el tema. | 25% |



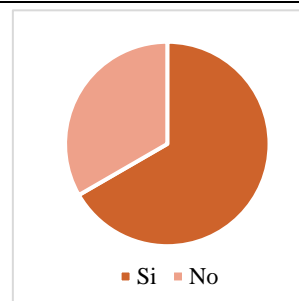
Pregunta 9: ¿Cómo maneja actualmente el mantenimiento en sus instalaciones?

| | | | |
|---|------|---|--------|
| Solución de problemas a medida que surgen, sin previa planificación | 100% | Se realiza inspecciones periódicas para identificar fallas. | 33,33% |
| Contamos con servicios externos para atender las necesidades de mantenimiento | 0% | No existe un procedimiento establecido; se ajusta conforme a la necesidad de realizar reparaciones. | 66,67% |
| Otra (por favor, especificar): | | | 0% |



Pregunta 10: ¿Cree que es importante implementar un plan de mantenimiento en su empresa?

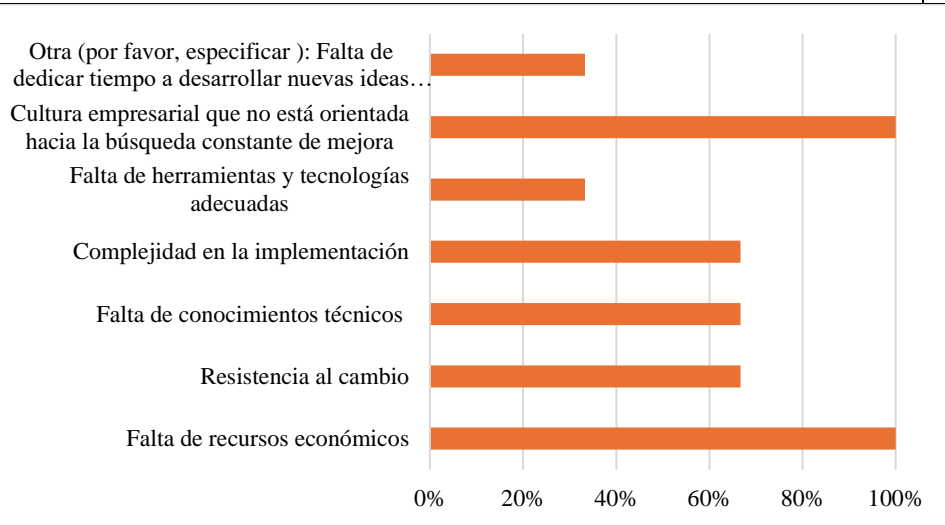
| | | | |
|----|--------|----|--------|
| Si | 66,67% | No | 33,33% |
|----|--------|----|--------|



Pregunta 11: ¿Cuáles considera que han sido los desafíos que han obstaculizado la introducción de un plan de mantenimiento hasta la fecha?

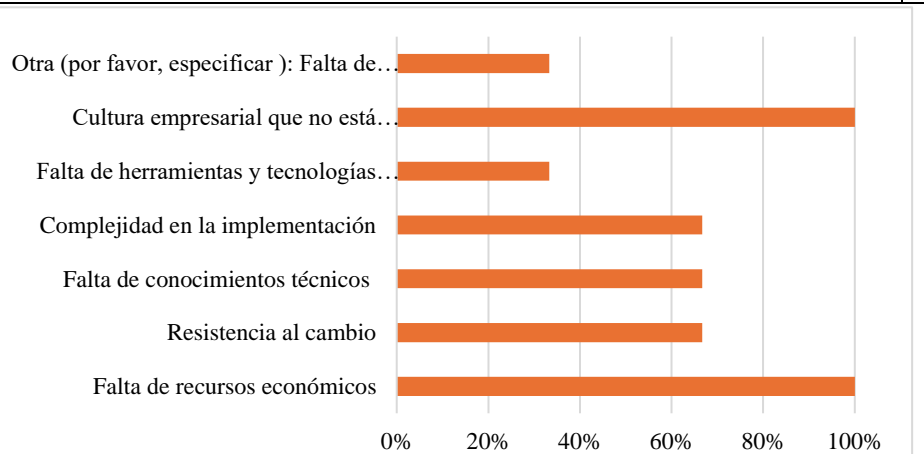
| | | | |
|------------------------------|------|----------------------------------|--------|
| Falta de recursos económicos | 100% | Complejidad en la implementación | 66,67% |
|------------------------------|------|----------------------------------|--------|


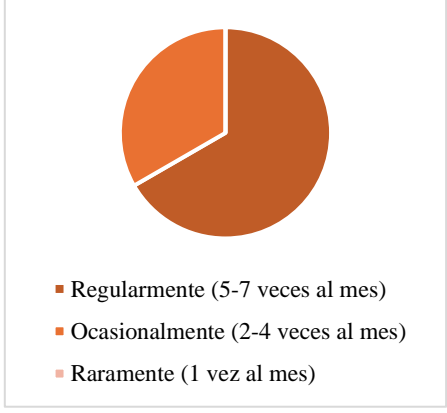

| | | | |
|--|--------|---|--------|
| Resistencia al cambio | 66,67% | Falta de herramientas y tecnologías adecuadas | 33,33% |
| Falta de conocimientos técnicos | 66,67% | Cultura empresarial que no está orientada hacia la búsqueda constante de mejora | 100% |
| Otra (por favor, especificar): Falta de dedicar tiempo a desarrollar nuevas ideas para mejorar la empresa. | | | 33,33% |



Pregunta 12: De acuerdo a su criterio ¿cuáles cree que serían los beneficios más relevantes de contar con un plan de mantenimiento?

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| Mejorar la eficiencia operativa | 66,67% | Incrementando la disponibilidad de activos | 33,33% |
| Aumento en la vida útil de activos | 100% | Mejora la seguridad laboral | 66,67% |
| Reduciendo costos de reparaciones | 100% | Optimización en la gestión de recursos | 33,33% |
| Otra (por favor, especificar): Reducción del tiempo de inactividad de máquinas a causa de averías. | | | 33,33% |



| | | | |
|---|--------|---|--------|
| <p>Pregunta 13: ¿Su empresa ha enfrentado desafíos considerables como consecuencia de incidencias o fallos en sus activos?</p> | |  | |
| Si | 100% | No | 0% |
| <p>Pregunta 14: ¿Con qué frecuencia ocurren problemas o averías en sus activos?</p> | |  | |
| Regularmente (5-7 veces al mes) | 66,67% | Ocasionalmente (2-4 veces al mes) | 33,33% |
| Raramente (1 vez al mes) | 0% | | |
| <p>Preguntas 15: ¿Cómo afectan estos problemas o averías a las operaciones diarias de su empresa?</p> | |  | |
| Interrupciones significativas | 66,67% | Pérdida de productividad | 100% |
| Aumento de costos operativos | 66,67% | | |

Anexo 3. Resultados de encuesta

| Código | Maquina | Marca | Criterios | | | | | Frecuencia de falla | Consecuencia | Criticidad | Tipo de criticidad |
|----------|--------------------|------------------|-----------|----|----|-----|----|---------------------|--------------|------------|--------------------|
| | | | FD | IO | FO | ISA | CM | | | | |
| SD-SL-01 | Soldadora | LINCOLN ELECTRIC | 4 | 6 | 4 | 6 | 2 | 4 | 32 | 128 | A |
| SD-SL-02 | Soldadora | WEID BOY | 4 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 16 | 64 | B |
| SD-SL-03 | Soldadora | LINCOLN ELECTRIC | 4 | 6 | 4 | 6 | 2 | 4 | 32 | 128 | A |
| SD-SL-04 | Soldadora | RONCH | 4 | 6 | 4 | 6 | 2 | 4 | 32 | 128 | A |
| SD-SC-01 | SuitCase | MILLER | 3 | 6 | 4 | 6 | 2 | 3 | 32 | 96 | A |
| SD-PM-01 | Plasma | Hypertherm | 2 | 4 | 4 | 6 | 2 | 2 | 24 | 48 | B |
| SD-MT-01 | Moto soldadora | LINCOLN ELECTRIC | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 16 | 48 | B |
| CT-TD-01 | Tronzadora | MAKITA | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | C |
| CP-EM-01 | Esmeriladora | DEWALT | 3 | 6 | 2 | 4 | 2 | 3 | 18 | 54 | B |
| CP-AR-01 | Amoladora | TOTAL | 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | 2 | 16 | 32 | C |
| IP-CM-04 | Compresor | TRUPER | 1 | 1 | 1 | 6 | 4 | 1 | 11 | 11 | C |
| PR-TP-01 | Taladro percutor | DEWALT | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5 | 5 | C |
| PR-TP-02 | Taladro percutor | ISKRA PERLES | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 6 | 6 | C |
| PR-TI-01 | Taladro de impacto | DEWALT | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 | 20 | C |
| PD-LP-01 | Lijadora palma | DEWALT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | C |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------|-------------|---|---|---|---|---|---|----|-----|---|
| GE-GE-01 | Generador eléctrico | STHEINER | 3 | 1 | 4 | 6 | 4 | 3 | 14 | 42 | B |
| PR-TD-01 | Taladro drilling | TOPTECH | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 14 | 28 | C |
| IP-CI-01 | Compresor industrial | TRAN-SELMEC | 4 | 6 | 4 | 8 | 4 | 4 | 36 | 144 | A |
| CT-CZ-01 | Cizalla | SN | 3 | 6 | 4 | 6 | 4 | 3 | 34 | 102 | A |
| TC-PG-01 | Puente Grúa | SN | 4 | 6 | 2 | 6 | 4 | 4 | 22 | 88 | A |
| DB-RD-01 | Roladora Industrial | AKYARAK | 4 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 34 | 136 | A |
| DB-RD-02 | Roladora | AKYARAK | 3 | 4 | 2 | 6 | 4 | 3 | 18 | 54 | B |
| TC-MC-01 | Montacargas | YALE | 4 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 34 | 136 | A |

Anexo 4 Resultado del análisis de criticidad

| Código | Maquina | Criterios | | | | | Frecuencia de falla | Consecuencia | Criticidad | Tipo de criticidad |
|--------|---------|-----------|----|----|-----|----|---------------------|--------------|------------|--------------------|
| | | FD | IO | FO | ISA | CM | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Anexo 5. Formato de Matriz de criticidad

| | | | | | | | |
|------------------------------------|--|---------------|--|--|--|--------------|--|
| Nombre de la empresa | | | | Logo de la entidad | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | | | | Ubicación | | | |
| Fabricante | | | | Sección | | | |
| Modelo | | | | Código | | | |
| Marca | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | | Altura | | Ancho | | Largo | |
| | | | | | | | |
| Características técnicas | | | | Fotografía de la máquina-equipo | | | |
| | | | | | | | |
| Función | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Complementos | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Anexo 6. Formato de ficha técnica

| Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) | | | | |
|---|--|------------|--|------------------------------|
| Equipo: | | AMFE N° | | Fotografía del equipo |
| Código: | | Elaborado: | | |
| Responsable: | | | | |
| Participantes: | | | | |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora | Responsable | Situación de mejora | | | | | | | |
|------------|---------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|---|---|---|-----|------------------|-------------|---------------------|---|---|---|-----|--|--|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | | | Control | P | G | D | IPR | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 7. Formato de matriz AMFE

| Logo de la entidad | Orden de trabajo de mantenimiento | | Nº de orden | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|--|
| | | | Fecha de solicitud | | |
| | | | Fecha de finalización | | |
| Información general | | | | | |
| Equipo/máquina | | | Prioridad | | |
| Código | | | Emergencia | Importante | |
| Responsable | | | Urgente | Secundario | |
| Tipo de mantenimiento | Preventivo | Correctivo | | | |
| Actividad | | | | | |
| Descripción de actividad | | | | | |
| Mano de obra interna | | | Costo | | |
| Mano de obra externa | | | Costo | | |
| Materiales | | | | | |
| ítem | Material | Cantidad | Disponibles en bodega | | |
| | | | Si | No | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| Herramientas que utilizar | | | | | |
| ítem | Material | Cantidad | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| Responsable | | Aceptado y revisado por: | | | |
| | | | | | |

Anexo 8. Orden de trabajo de actividades de mantenimiento

| | | | |
|------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|
| Logo de entidad | Reporte de averías | | Nº de reporte |
| | | | |
| | | | Ubicación de equipo/máquina |
| | | | |
| Información general | | | |
| Equipo/máquina | | Tipo de avería | |
| Código | | Muy grave | |
| Responsable de reporte | | Grave | |
| Fecha de reporte | | Moderada | |
| Hora de detección | | Leve | |
| Datos de avería | | | |
| Tipo de avería | | | |
| Causa de avería | | | |
| Descripción de avería | | | |
| | | | |
| | Aceptado y revisado por: | | |
| Responsable | | | |

Anexo 9. Formato para reportar averías.

| | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------|
| Logo de entidad | Solicitud para disposición final de maquinaria | | Fecha de solicitud |
| | | | Fecha de autorización |
| | | | |
| Información general | | | |
| Responsable de solicitud | | | |
| Equipo/maquina | | | |
| Código | | | |
| Fecha de solicitud | | | |
| Motivo o necesidad de baja | | | |
| Fin de vida útil | | Sustitución por nueva maquina | |
| Obsolescencia tecnológica | | Otros (especifique): | |
| Falla irreparable | | | |
| Evaluación técnica | | | |
| Condición general | | | |
| Funcionamiento mecánico | | | |
| Funcionamiento eléctrico | | | |
| Nivel de desgaste | | | |
| Disponibilidad de repuestos | | | |
| Observaciones | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | Aprobado y revisado por: | |
| Responsable | | | |

Anexo 10. Formato de solicitud para disposición final de maquinaria

| | | | |
|----------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------|
| Logo de entidad | Solicitud para reemplazo de maquinaria | | Fecha de solicitud |
| | | | |
| | | | Fecha de autorización |
| Información general | | | |
| Responsable de solicitud | | | |
| Equipo/maquina | | | |
| Código | | | |
| Fecha de solicitud | | | |
| Motivo o necesidad de reemplazo | | | |
| Costos de mantenimiento elevados | | Mejorar la calidad de producción | |
| Tiempos elevados de producción | | Otros (especifique): | |
| Falla irreparable | | | |
| Evaluación técnica | | | |
| Condición general | | | |
| Funcionamiento mecánico | | | |
| Funcionamiento eléctrico | | | |
| Nivel de desgaste | | | |
| Disponibilidad de repuestos | | | |
| Observaciones | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | Aprobado y revisado por: | |
| Responsable | | | |


Anexo 11. Formato de solicitud para reemplazo de maquinaria

| | | | | | | | |
|---|----------|------------------|--------|--|--------|----------------|---------|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | | Soldadora | | Ubicación | | Bodega | |
| Fabricante | | LINCOLN ELECTRIC | | Sección | | Área de suelda | |
| Modelo | | POWER MIG® 216 | | Código | | SD-SL-01 | |
| Marca | | LINCOLN ELECTRIC | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 113,4 kg | Altura | 827 mm | Ancho | 512 mm | Largo | 1014 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Rango de corriente en soldadura: 30 - 250 Amp - Rango de voltaje en soldadura: 13 - 24 Volt - Rango de temperatura de operación: -20 °C a + 40 °C - Cable eléctrico de 50 Amp, enchufe de tres dientes - Voltaje máximo de circuito abierto: 35 Volts - Rango de velocidad de alambre: 1.27 - 17.8 m/min | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| <p>Máquina completa semiautomática de soldadura que combina una fuente de poder de voltaje de transformador con toma de regulación con un alimentador de alambre de velocidad constante para formar un sistema de soldadura de desempeño robusto y confiable.</p> | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| - Suelda GMAW | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Pistola y cable Magnum Pro 250L - Antorcha Spool Gun | | | | | | | |

Anexo 12. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-01)

| | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------|--|----------------|--------------|--------|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Soldadora | | | Ubicación | Bodega | | |
| Fabricante | LINCOLN ELECTRIC | | | Sección | Área de suelda | | |
| Modelo | INVERTEC V350 PRO | | | Código | SD-SL-03 | | |
| Marca | LINCOLN ELECTRIC | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 36,6 kg | Altura | 373 mm | Ancho | 338 mm | Largo | 706 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Salida nominal: 350A/ 34V/ 60% ciclo de trabajo - Rango de salida de amperios: 5 - 425 Amp - Rango de corriente en soldadura: 30 - 250 Amp - Rango de voltaje en soldadura: 13 - 24 Volt - Rango de temperatura de operación: -20 °C a + 40 °C - Cable eléctrico de 50 Amp, enchufe de tres dientes - Voltaje máximo de circuito abierto: 35 Volts - Rango de velocidad de alambre: 1.27 - 17.8 m/min | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| Es una fuente de corriente multiproceso ligera y portátil. Es una máquina de diseño inteligente y construcción robusta que permite las aplicaciones de soldadura con electrodo, TIG y MIG. | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Suelda por electrodo revestido - Suelda TIG/MIG - Desbaste con electrodo de carbón | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Cable masa -Antorcha MIG/MAG | | | | | | | |

Anexo 13. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-03)

| | | | | | | | |
|--|-------|---------------|--------|--|--------|----------------|--------|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | | Soldadora | | Ubicación | | Bodega | |
| Fabricante | | RONCH | | Sección | | Área de suelda | |
| Modelo | | Weld 250 TIG | | Código | | SD-SL-04 | |
| Marca | | RONCH | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 10 kg | Altura | 447 mm | Ancho | 189 mm | Largo | 350 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo  | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Corriente de entrada: 220 - 240 V - Rango de corriente AC: 10 - 200 Amp - Rango de corriente DC: 10 - 170 Amp - Voltaje en vacío: 52 V - Frecuencia de pulso: 0.5 - 200 Hz | | | | | | | |
| Función | | | | | | | |
| Equipo utilizado en suelda equipado con sistemas de protección de temperatura, voltaje y sensor de corriente. | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Suelda TIG - Suelda STICK - Suelda MMA (Soldadura por arco con electrodos revestidos) | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Antorcha TIG - Porta electrodo - Cable grapa a tierra - Flujómetro de argón | | | | | | | |

Anexo 14. Ficha técnica (Soldadora SD-SL-04)

| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
|--|--------------|---------------|--------|--|----------------|--------------|--------|
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | SuitCase | | | Ubicación | Bodega | | |
| Fabricante | MILLER | | | Sección | Área de suelda | | |
| Modelo | X-TREME 12VS | | | Código | SD-SC-01 | | |
| Marca | MILLER | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 15.9 kg | Altura | 533 mm | Ancho | 229 mm | Largo | 394 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Potencia de entrada: 14 - 110 V CD - Entrada nominal al 60% de ciclo de trabajo: 425 Amp - Voltaje máx. a circuito abierto 110 V CD | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| <p>Maleta de soldadura o equipo portátil de soldadura. Estas maletas o equipos portátiles son utilizados por soldadores y profesionales de la soldadura para llevar y transportar todo lo necesario para realizar trabajos de soldadura en diferentes lugares.</p> | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Suelda MIG - Suelda con alambre tubular - Suelda FCAW (Soldadura por arco con núcleo fundente Flux Cored Arc Welding) | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Cable a tierra - Antorcha - Abrazadera de percepción de voltaje | | | | | | | |


Anexo 15. Ficha técnica (SuitCase SD-SC-01)

| | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|---------|---|--------|--------------|---------|
| Nombre de la entidad | | Logo | | | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Compresor industrial | Ubicación | | Planta de producción | | | |
| Fabricante | TRAN-SELMEC | Sección | | Área de producción | | | |
| Modelo | SN | Código | | IP-CI-01 | | | |
| Marca | TRAN-SELMEC | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | SN | Altura | 1200 mm | Ancho | 900 mm | Largo | 1500 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Potencia: 4 – 450 kW - Flujo: 0,36 – 84,9 m³/min - Presión: 100 – 200 psi - Nivel de sonido: 76 dBA a 7 metros - Sistema eléctrico: 12 V - Eficiencia Energética: Clase A | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| Comprimir aire u otros gases para aumentar su presión y proporcionar un flujo continuo de aire comprimido a diversas aplicaciones industriales. | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de limpieza y pintura - Suministro de energía neumática | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| SN | | | | | | | |


Anexo 16. Ficha técnica (Compresor industrial IP-CI-01)

| | | | | | | | |
|---|---------|---------------|---------|--|----------------------|--------------|---------|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Cizalla | | | Ubicación | Planta de producción | | |
| Fabricante | SN | | | Sección | Área de producción | | |
| Modelo | SN | | | Código | CT-CZ-01 | | |
| Marca | SN | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | SN | Altura | 1900 mm | Ancho | 1700 mm | Largo | 4700 mm |
| | | | | | | | |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Voltaje de alimentación: 220V / 400V - Longitud de corte: 3200 mm - Capacidad de corte: Hasta 6 mm (Laminado en frio) Hasta 4 mm (Acero inoxidable) - Angulo de corte: 1° - 1,5° - Potencia motor: 10 - 15 kW - Golpes por minuto: 16 mínimo - Capacidad Hidráulica: 10 a 50 Tn | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| <p>Maquina capaz de realizar cortes precisos y eficientes en una variedad de materiales, desde láminas metálicas hasta plásticos, utilizando cuchillas afiladas y un sistema hidráulico de accionamiento.</p> | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| - Corte de materiales metálicos | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| SN | | | | | | | |
| | | | | | | | |


Anexo 17. Ficha técnica (Cizalla CT-CZ-01)

| | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|----|--|----------------------|--------------|----|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Puente Grúa | | | Ubicación | Planta de producción | | |
| Fabricante | SN | | | Sección | Área de producción | | |
| Modelo | SN | | | Código | TC-PG-01 | | |
| Marca | SN | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | SN | Altura | SN | Ancho | SN | Largo | SN |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de carga: 5-50 Tn - Tramo: 10.5~31.5 m - Altura de elevación: 6~16 m - Velocidad de elevación: <ul style="list-style-type: none"> 5Tn; 11.5 m/min 10Tn; 8.5 m/min 20Tn; 7.9 m/min 30-50 Tn; 6 m/min - Velocidad de desplazamiento del carro: <ul style="list-style-type: none"> 5Tn; 37.2 m/min 10Tn; 37.4 m/min 20Tn; 35.1 m/min 30-50 Tn; 31.3 m/min - Velocidad de desplazamiento de la grúa: <ul style="list-style-type: none"> 5 - 10 Tn; 75.6 m/min 20Tn; 70.1 m/min 30-50 Tn; 58.5 m/min | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| Dispositivo industrial diseñado para levantar y mover cargas pesadas de manera horizontal y vertical dentro de un área específica. | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| - Transporte de materiales | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Eslingas - Grilletes | | | | | | | |

Anexo 18. Ficha técnica (Puente grúa TC-PG-01)

| | | | | | | | |
|--|---------------------|---------------|------------------|--|---------|--------------|---------|
| Nombre de la entidad | | | | Logo | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Roladora Industrial | | Ubicación | Planta de producción | | | |
| Fabricante | AKYARAK | | Sección | Área de producción | | | |
| Modelo | ASH 3050X25-3 | | Código | DB-RD-01 | | | |
| Marca | AKYARAK | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 1,3 Tn | Altura | 1200 mm | Ancho | 1250 mm | Largo | 4800 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de doblado: Placas con espesor entre 4 mm y 8 mm - Corriente alterna - Voltaje: 380 V - 3 rodillos motorizados, endurecidos por inducción - Calibres para rolar: 22 - 24 - velocidad: 40pies/min en calibre 24 - Diámetro de rodillos: 43 cm | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| Su principal función consiste en doblar o curvar láminas de metal para crear formas cilíndricas o cónicas para desarrollar componentes estructurales. | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Doblado de bordes - Rolado de placas | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Guía para perfiles | | | | | | | |

Anexo 19. Ficha técnica (Roladora industrial DB-RD-01)

| | | | | | | | |
|---|-------------|------------------|---------|---|---------|--------------|---------|
| Nombre de la entidad | | Logo | | | | | |
| FICHA TECNICA DE MAQUINARIA | | | | | | | |
| Máquina-Equipo | Montacargas | Ubicación | | Planta de producción | | | |
| Fabricante | YALE | Sección | | Área de producción | | | |
| Modelo | GP040-070VX | Código | | TC-MC-01 | | | |
| Marca | YALE | | | | | | |
| Características Generales | | | | | | | |
| Peso | 10357 kg | Altura | 2133 mm | Ancho | 1242 mm | Largo | 2291 mm |
| Características técnicas | | | | Foto de la máquina-equipo | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de carga: 1814 - 3175 kg - Altura de elevación: 5537 mm - Velocidad sin carga: 16 km/h - Potencia: 59 hp - Tipo de motor: Kubota 2.4L - Transmisión: Electronic Powershift | | | |  | | | |
| Función | | | | | | | |
| <p>Trasporta materiales pesados y voluminosos sin esfuerzos manuales, facilita el flujo material en el proceso de producción.</p> | | | | | | | |
| Procesos | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Transporte de materiales - Abastecimiento de producción - Gestión de desechos y reciclaje | | | | | | | |
| Componentes | | | | | | | |
| SN | | | | | | | |

Anexo 20. Ficha técnica (Montacargas TC-MC-01)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | |
|----------------|--|
| Equipo: | Soldadora MIG |
| Código: | SD-SL-01 |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |
| Participantes: | Operador |

| | |
|------------|-------------------------------|
| AMFE N° | 1 |
| Elaborado: | Departamento de mantenimiento |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------|--|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Pinza masa | Establecer una conexión eléctrica segura entre la máquina de soldar y la pieza de trabajo. | Corriente eléctrica inestable durante la soldadura. | Pérdida de corriente eléctrica y una eficiencia reducida en el proceso de soldadura. | Desgaste excesivo en la mandíbula de la pinza | Ninguna | 2 | 5 | 5 | 50 | Revestimiento de mandíbulas o reemplazo de pinza de masa |
| Generador | Proporcionar la energía eléctrica necesaria para el proceso de soldadura. | Interrupción en la generación de energía eléctrica necesaria para el proceso de soldadura. | Interrupción constante del funcionamiento del equipo. | Sobrecalentamiento o del generador. | Ninguna | 4 | 4 | 5 | 80 | Limpieza de filtros de aire, revisión del nivel de refrigerante o evitar el funcionamiento en espacios confinados. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-----------------------------------|--|---|--|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Manómetro | Medir y mostrar la presión del gas en el sistema de soldadura. | Fugas en el sistema de presión. | Inadecuada lectura de la presión y caudal del gas. | Deterioro por funcionamiento, golpes o abolladuras. | Ninguna | 2 | 3 | 2 | 12 | Realizar revisiones internas del objeto. |
| Manguera de suministro de gas | Transportar el gas desde la fuente de suministro hasta el equipo de soldadura. | Fuga de gas. | Reducción de la presión del sistema. | Conexiones inadecuadas, desgaste o daños físicos. | Ninguna | 3 | 3 | 2 | 18 | Realizar inspecciones periódicas, utilizar protectores de manguera y revisión de condiciones de almacenamiento . |
| Cables de masa | Establecer una conexión eléctrica segura entre la máquina de soldar, la pinza de masa o la antorcha. | Inestabilidad en el flujo de corriente. | Reducción de la eficiencia en la conducción de corriente eléctrica y disminución del rendimiento de soldadura. | Deterioro del revestimiento de cable, cortes, manipulación inadecuada. | Ninguna | 3 | 2 | 3 | 18 | Inspección visual regular, uso de protectores de cables y revisión y control de las condiciones de mantenimiento |
| Interruptor de encendido/a pagado | Controlar la activación y desactivación de la corriente | Ruptura de interruptor. | Incapacidad para encender o apagar la máquina. | Golpes, caídas o impactos. | Ninguna | 2 | 2 | 4 | 16 | Inspecciones regulares de condiciones de interruptor. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------------------|--|--|--|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| | eléctrica que alimenta la máquina. | | | | | | | | | |
| Antorcha | Encargado de dirigir la corriente eléctrica o el flujo de gas a un punto en específico para el proceso de soldadura. | Atasco en el alimentador de alambre. | Problema en la alimentación de alambre. | Acumulación de suciedad, restos de soldadura o mal ajuste del alimentador. | Ninguna | 4 | 4 | 5 | 80 | Realizar limpiezas periódicas en alimentador de alambre. |
| Selector de amperaje/voltaje | Controlar la cantidad de corriente eléctrica o el voltaje que se aplica durante el proceso de soldadura. | Ruptura o descomposición del componente. | Incapacidad para ajustar correctamente los parámetros de amperaje/voltaje. | Desgaste o daño mecánico interno. | Ninguna | 2 | 2 | 4 | 16 | Inspección periódica de interruptor. |

Anexo 21. Análisis de modo y efecto de falla (Soldadora SD-SL-01)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | |
|----------------|--|
| Equipo: | Soldadora |
| Código: | SD-SL-03 |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |
| Participantes: | Operador |

| | |
|------------|-------------------------------|
| AMFE N° | 2 |
| Elaborado: | Departamento de mantenimiento |




| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------------|---|--|--|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Fuente de alimentación | Proporcionar energía para llevar a cabo el proceso de solda. | Sobrecalentamiento de la fuente de alimentación. | Interrupción constante del proceso de solda. | Obstrucción de los ventiladores de enfriamiento. | Ninguna | 5 | 4 | 4 | 80 | Revisión constante del estado de los ventiladores de la máquina. |
| Pinza porta electrodos | Establecer una conexión eléctrica segura entre el electrodo y la fuente de alimentación de la soldadora. | Perdida de agarre del electrodo. | Conexión deficiente y reducción de la calidad de solda. | Desgaste o daño en los componentes de agarre de la pinza y resortes debilitados. | Ninguna | 2 | 5 | 5 | 50 | Revestimiento de mandíbulas de pinza de masa y cambio de resortes. |
| Cables de masa | Asegurar una conexión eléctrica firme entre la pieza de trabajo y la fuente de energía de la máquina de soldar. | Inestabilidad del flujo de energía en el proceso de solda. | Interrupción del flujo de corriente y deficiente calidad de solda. | Deterioro del revestimiento de cables. | Ninguna | 3 | 5 | 4 | 60 | Inspección visual regular, uso de protectores de cables y revisión y control de las condiciones de mantenimiento |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|----------------------------------|--|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Pinza de masa | Sujeta la pieza de trabajo a soldar. | Reducción de la capacidad de sujeción. | Desgaste debido a fricción contante de la mandíbula de la pinza de masa. | Uso prolongado de la pinza de masa. | Ninguna | 2 | 3 | 4 | 24 | Aplicar revestimiento resistente al desgaste. |
| Manija de regulación de amperaje | Ajustar y controlar la cantidad de corriente eléctrica. | Ruptura y desgaste del componente. | Incapacidad de regular el amperaje de la operación. | Inadecuada manipulación del componente. | Ninguna | 3 | 4 | 5 | 60 | Revisión constante del estado de la manija. |
| Interruptor de encendido/apagado | Controlar la activación y desactivación de la corriente eléctrica que alimenta la máquina. | Incapacidad de apagar y encender la máquina. | Desgaste o ruptura del interruptor. | Golpes, calidad, inadecuada manipulación. | Ninguna | 5 | 3 | 3 | 45 | Inspecciones regulares de condiciones de interruptor. |

Anexo 22. Análisis de modo y efecto de falla (Soldadora SD-SL-03)

| Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) | | | | |
|---|--|------------|-------------------------------|--|
| Equipo: | Soldadora | AMFE N° | 3 | |
| Código: | SD-SL-04 | Elaborado: | Departamento de mantenimiento | |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento | | | |
| Participantes: | Operador | | | |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-------------------------------|---|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Fuente de alimentación | Proporcional la energía suficiente para el proceso de suelda. | Inestabilidad del flujo de energía. | Funcionamiento inestable de la máquina. | Operaciones por largos perdidos de tiempo sin pausas. | Ninguna | 4 | 5 | 3 | 60 | Inspecciones regulares y, si se va a utilizar la máquina de forma prolongada, hacer pausas de al menos 30 minutos cada cierto tiempo. |
| Antorcha TIG | Proporcionar un flujo controlado del gas inerte. | Incapacidad de encender y mantener la estabilidad del mismo. | Reducción de la calidad de suelda TIG. | Manipulación de la antorcha sin realizar un mantenimiento adecuado. | Ninguna | 4 | 4 | 3 | 48 | Limpiar la suciedad, residuos o corrosión de la antorcha mensualmente. |
| Manguera de suministro de gas | Suministrar gas desde la fuente hasta la antorcha. | Fuga de gas en el proceso de suelda. | Genera una atmósfera peligrosa de trabajo y afecta a la calidad de la soldadura. | Degradación gradual de la manguera debido al uso continuo. | Ninguna | 3 | 3 | 4 | 36 | Remplazar la manguera, realizar inspecciones continuas del |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|----------------------------------|--|---|--|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| | | | | | | | | | | estado de la manguera. |
| Manómetro | Medir y mostrar la presión del gas. | Incapacidad de medir la presión del gas de soldadura. | Muestra lecturas inconsistentes o caídas repentinas en la presión del gas. | Golpes, caídas o impactos que dañan el manómetro. | Ninguna | 2 | 5 | 5 | 50 | Ajustar el manómetro según las especificaciones del fabricante. |
| Cables de masa | Proporciona un camino conductivo de electricidad. | Corriente inestable durante las actividades. | Interrupción y disminución de la calidad en el proceso de soldadura. | Desgasta gradualmente debido al uso repetido durante las operaciones. | Ninguna | 2 | 3 | 3 | 18 | Reemplazar el cable de masa, revisar las conexiones del cable, almacenar en un lugar adecuado. |
| Interruptor de encendido/apagado | Permite controlar el suministro de energía eléctrica del equipo. | Incapacidad de encender y apagar el equipo. | Retraso en el inicio de las actividades laborales. | Manipulación inadecuada del interruptor. | Ninguna | 4 | 3 | 5 | 60 | Reemplazar el interruptor, revisiones constantes, manipulación controlada del interruptor. |

Anexo 23. Análisis de modo y efecto de falla (soldadora SD-SL-04)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | |
|----------------|--|
| Equipo: | SuitCase |
| Código: | SD-SC-01 |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |
| Participantes: | Operador |

| | |
|------------|-------------------------------|
| AMFE N° | 4 |
| Elaborado: | Departamento de mantenimiento |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------------|--|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Carrete de alambre | Proporciona y controla el suministro de alambre de soldadura. | Desgaste prematuro del carrete. | Incremento de costos operativos por reemplazos frecuentes. | Manipulación inadecuada durante la instalación, exposición a factores ambientales adversos. | Ninguna | 2 | 3 | 1 | 6 | Desarrollar un procedimiento de manipulación adecuado, almacenar la maquina en condiciones controladas. |
| Fuente de alimentación | Controla la intensidad de corriente y el voltaje para crear el arco de soldadura entre el alambre y el material. | Exceder las temperaturas recomendadas, provocando el sobrecalentamiento. | Reduce la eficiencia de la maquina | Obstrucción o fallo en los sistemas de enfriamiento. | Ninguna | 3 | 4 | 4 | 48 | Limpiar las rejillas de ventilación, operar la maquina en entornos limpios. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|----------------------------------|--|--|---|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Cable de masa | Asegura que la corriente fluya de manera controlada y segura. | Perdida de conductividad en el cable de masa. | Disminuye la efectividad del proceso de soldadura, generando cordones de soldadura débiles y dificultades en la penetración del material. | Rotura o desgaste de los hilos de conducción del cable. | Ninguna | 2 | 3 | 2 | 12 | Reemplazar el cable si presenta signos de daños internos, se recomienda optar por cables de alta calidad y proveedores confiables. |
| Pinza masa | Facilita una conexión eléctrica segura entre el cable de masa y la pieza de trabajo. | Reducción de la capacidad transferir energía a pieza y trabajo. | Calidad deficiente de la soldadura. | Corrosión en la superficie de contacto. | Ninguna | 3 | 3 | 2 | 18 | Limpiar regularmente la superficie de contacto de oxido o suciedad. |
| Interruptor de encendido/apagado | Permite al usuario activar o desactivar el suministro de energía. | El equipo experimenta interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico, lo que ocasiona su apagado. | Daño de componentes eléctricos de sistema. | Contactos internos del interruptor defectuosos, las vibraciones o impactos durante el transporte pueden aflojar las conexiones internas de la máquina. | Ninguna | 4 | 3 | 5 | 60 | Inspección regular de componentes y cableado interno de máquina. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|--|---|---|--|--|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Control de voltaje e intensidad de corriente | Permite ajustar y regular los parámetros eléctricos necesarios. | Presenta cambios repentinos en la cantidad de corriente suministrada. | Genera una soldadura inconsistente, presentado variaciones en la penetración y discontinuidad del cordón de suelda | Falla en el circuito de control de corriente y voltaje a causa de componentes defectuosos. | Ninguna | 3 | 4 | 5 | 60 | Revisión constante del estado de los componentes del sistema de control de corriente. |

Anexo 24. Análisis de modo y efecto de falla (SuitCase SD-SC-01)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | | | |
|----------------|--|------------|-------------------------------|
| Equipo: | Compresor Industrial | AMFE N° | 5 |
| Código: | IP-CI-01 | Elaborado: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento | | |
| Participantes: | Operador | | |




| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|--------------------------|---|--|---|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Motor eléctrico | Convierte la energía eléctrica en mecánica con la finalidad de proporcionar la potencia necesaria para comprimir aire u otro gas. | Desgaste de rodamientos del motor por deterioro de componentes internos. | Ruidos anormales o vibraciones excesivas. | Inadecuada lubricación de componentes internos, obstrucción de partículas extrañas en los rodamientos. | Ninguna | 2 | 5 | 4 | 40 | Planificar actividades de inspección y lubricación regular de rodamientos, colocar protecciones adecuadas para evitar el ingreso de partículas extrañas. |
| Tanque de almacenamiento | Almacena el aire comprimido producido por el compresor. | Degradación del revestimiento interno del tanque de almacenamiento | Liberación de partículas contaminantes en el aire comprimido. | Falta de actividades de mantenimiento e inspecciones regulares del revestimiento interno. | Ninguna | 1 | 5 | 3 | 15 | Realizar inspecciones y limpiezas regulares del revestimiento. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|----------------------------|---|--|---|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Enfriador intercooler | Reduce la temperatura del aire comprimido, protegiendo el sistema de posibles daños por sobrecalentamiento. | Sobrecalentamiento del compresor. | Disminución de la capacidad de reducir la temperatura del aire comprimido. | Obstrucción por suciedad o sedimentos presentes en el aire. | Ninguna | 2 | 2 | 5 | 20 | Establecer actividades de limpieza a componentes prescindibles del sistema de enfriamiento. |
| Filtros de entrada de aire | Elimina impurezas que tiene el aire antes de ingresar al compresor. | Reducción del flujo de aire hacia el compresor. | Disminución del rendimiento del compresor, aumenta el desgaste de componente internos y afecta la calidad de aire o gas comprimido. | Carencia de actividades de mantenimiento según recomendaciones de fabricantes. | Ninguna | 3 | 3 | 5 | 45 | Gestionar actividades para el monitoreo del estado del filtro. |
| Válvula de descarga | Libera la presión acumulada en el cabezal del compresor al finalizar un ciclo de compresión. | Perdida de presión durante el ciclo de compresión. | Reducción de la eficiencia del proceso de compresión. | Desgaste de los sellos de la válvula. | Ninguna | 2 | 3 | 5 | 30 | Inspeccionar y reemplazar los sellos desgastados o dañados según sea necesario. |
| Regulador de presión | Controla y regula la presión del aire comprimido que sale del compresor de acuerdo con las especificaciones de uso. | Presencia de vibraciones excesivas durante el proceso de compresión. | Deterioro del rendimiento de compresor, ruidos excesivos, presencia de fugas de presión. | Deterioro de componentes internos del regulador de presión. | Ninguna | 1 | 4 | 2 | 8 | Realizar inspecciones regulares del regulador de presión, reemplazar el regulador en caso de presentar defectos. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------------|---|--|---|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Panel de control | Supervisa y controla el funcionamiento del compresor según las necesidades de producción. | Incapacidad del panel de control en gestionar el funcionamiento del compresor. | Fluctuaciones en la presión del proceso de compresión, uso elevado de energía. | Componentes electrónicos defectuosos o descalibrados que proporcionan lecturas incorrectas. | Ninguna | 4 | 5 | 4 | 80 | Planificar actividades de mantenimiento regular en los componentes electrónicos del panel de control, considerar optar por componentes más confiables y modernos. |
| Drenaje de condensados | Elimina el agua condensada acumulada en el proceso de compresión de aire. | Insuficiente evacuación del agua generada como subproducto del proceso de compresión | Afecta el rendimiento del compresor, causa corrosión y deterioro en tuberías, tanque de almacenamiento y componentes metálicos del compresor. | Obstrucción del sistema de drenaje por residuos o sedimentos. | Ninguna | 3 | 4 | 5 | 60 | Instalación de filtros en el sistema de drenaje, capaces de evitar la entrada de partículas ajenas al sistema. |

Anexo 25. Análisis de modo y efecto de falla (Compresor industrial IP-CI-01)

| Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) | | | | |
|---|--|------------|-------------------------------|--|
| Equipo: | Cizalla | AMFE N° | 6 | |
| Código: | CT-CZ-01 | Elaborado: | Departamento de mantenimiento | |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento | | | |
| Participantes: | Operador | | | |




| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-------------------------|--|---|--|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Bastón de accionamiento | Proporciona la fuerza necesaria para realizar el corte en el material de forma controlada y precisa. | Deformación del bastón de accionamiento. | Produce que los cortes no sean precisos. | No se lleva a cabo un control adecuado sobre las fuerzas de corte que se deben aplicar. | Ninguna | 3 | 4 | 3 | 36 | Capacitar al personal en el manejo y operación de la máquina. |
| Caja de control | Permite activar y detener el funcionamiento de la máquina, ajusta la velocidad de corte y la precisión aplicada durante el proceso de corte. | La máquina no responde a las funciones programadas. | Ocasiona paros inesperados en el proceso productivo. | Desgaste de componentes existentes en la caja de control. | Ninguna | 4 | 5 | 5 | 100 | Realizar inspecciones del estado de los componentes y conexiones eléctricas de la máquina. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|---------------------------|---|---|---|--|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Cable eléctrico | Facilita la transferencia segura y eficiente de energía eléctrica entre la fuente de alimentación y el motor eléctrico de la cizalla. | Inestabilidad en la alimentación de corriente en la máquina. | Interrupción del funcionamiento o apagados imprevistos de la cizalla. | Desgaste del revestimiento del cable. | Ninguna | 3 | 3 | 2 | 18 | Planificar inspecciones regulares del estado del revestimiento de los cables en todas las conexiones. |
| Motor eléctrico | Transforma la energía eléctrica en energía mecánica para propulsar el desplazamiento del mecanismo de corte de la cizalla. | Problemas en el arranque del motor. | Retrasos en las operaciones de corte y aumentos excesivos en el consumo de energía. | Suministro de energía insuficientes a causa de conexiones inadecuadas o daños en componentes del circuito de arranque. | Ninguna | 2 | 5 | 4 | 40 | Inspeccionar las conexiones eléctricas y reemplazar componentes defectuosos del sistema de arranque. |
| Bomba hidráulica | Convierte la energía mecánica en energía hidráulica con la finalidad de aplicar una fuerza controlada y uniforme. | Incapacidad de controlar los niveles de presión hidráulica para desarrollar las actividades de corte. | Cortes incompletos o deficientes y aumento en el tiempo de trabajo. | Presencia de fugas de presión en conexiones de la bomba hidráulica. | Ninguna | 3 | 3 | 5 | 45 | Planificar inspecciones del sistema hidráulico. |
| Mangueras de alta presión | Canaliza la fuerza hidráulica hacia los cilindros hidráulicos, los cuales son responsables del movimiento de las | Disminución de presión hidráulica. | Reducción del rendimiento de funcionamiento de la cizalla. | Deterioro de las mangueras debido al paso del tiempo. | Ninguna | 4 | 4 | 3 | 48 | Llevar a cabo inspecciones regulares y sustituir las mangueras que presenten indicios de deterioro o daños. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------|--|---|--|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| | cuchillas de la cizalla. | | | | | | | | | |
| Cuchillas | Cortar los materiales admisibles. | Reducción en la eficiencia de corte | Cortes irregulares, presencia de bordes ásperos en piezas cortadas y uso de mayor esfuerzo en actividades. | Carencia de actividades de mantenimiento y afilado de cuchillas o realizar cortes en materiales mismas resistentes que las cuchillas. | Ninguna | 2 | 4 | 2 | 16 | Elaborar un plan de actividades para el mantenimiento que abarque la tarea de afilar las cuchillas. |
| Bancadas | Proporcionan un base sólida y estable para la cizalla, mantienen alineadas las cuchillas superiores e inferiores, además, absorben las vibraciones y las distribuyen uniformemente para minimizar el desgaste de la máquina. | Perdida gradual de la superficie de corte lo que afecta la precisión y estabilidad del material a cortar. | Afecta la calidad de funcionamiento de la maquina presentando: cotes desiguales, bordes deformados o cortes incompletos. | Realizar cortes en materiales mucho más resistente que los materiales de la cizalla. | Ninguna | 2 | 2 | 3 | 12 | Asegurarse de que la holgura entre las cuchillas esté ajustada correctamente según las especificaciones del fabricante. |

Anexo 26. Análisis de modo y efecto de falla (Cizalla CT-CZ-01)

| Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) | | | | |
|---|--|------------|-------------------------------|--|
| Equipo: | Puente Grúa | AMFE N° | 7 | |
| Código: | TC-PG-01 | Elaborado: | Departamento de mantenimiento | |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento | | | |
| Participantes: | Operador | | | |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------|--|---|--|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Carro | Transportar cargas de un lugar a otro dentro de la zona de trabajo cubierta por el puente grúa | Fallo en los sistemas de frenado. | Incapacidad del carro para detenerse de manera controlada ocasionando colisiones, daños a las cargas o accidentes. | Desgaste excesivo de las pastillas de freno o problemas eléctricos en el sistema de frenado. | Ninguna | 4 | 4 | 5 | 80 | Implementar sistemas o dispositivos de frenado de emergencia, inspeccionar y cambiar regularmente las pastillas desgastadas. |
| Botonera | Permite controlar el transporte de manera precisa y segura. | Lectura ineficiente de las acciones ejecutadas. | Retraso en actividades laborales, riesgo de accidentes, interrupción de las señales eléctricas. | Presencia de desgaste mecánico debido al uso prolongado, deterioro del cableado. | Ninguna | 3 | 5 | 3 | 45 | Realizar inspecciones visuales periódicas del cableado para detectar señales de desgaste o daño, realizar limpiezas de los componentes del sistema de control. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-------------------|--|---|---|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Cables eléctricos | Permiten la conducción de energía hacia los sistemas eléctricos asociados en la máquina, además, transportan señales de control. | Inestabilidad del flujo de energía durante el proceso de transportes. | Presencia de cortos circuitos, reducción de la productividad y paradas completas del proceso de producción. | Desgaste excesivo del revestimiento de los cables eléctricos. | Ninguna | 4 | 3 | 4 | 48 | Realizar inspecciones visuales del estado de las conexiones eléctricas de la máquina, programar el reemplazo de cables en periodos de tiempo establecidos. |
| Motores | Proporcionan la potencia necesaria para impulsar las ruedas a lo largo de los rieles y proporciona la fuerza necesaria para elevar o bajar la carga. | Perdida de eficiencia energética de los motores. | Las actividades de transporte se realizan en intervalos de tiempo más largos. | Sobrecalentamiento del motor. | Ninguna | 4 | 4 | 5 | 80 | Operar el puente grúa dentro de sus límites de capacidad de carga, realizar limpieza del sistema de ventilación. |
| Transmisores | Facilitan que el operador controle el desplazamiento del puente y la carga desde una ubicación segura y cómoda. | Movimiento erráticos o bruscos durante el transporte. | Produce operaciones inseguras e ineficientes, ocasionando daños a la carga transportada y aumentado el nivel de riesgo de accidentes. | Componentes electrónicos afectados por sobrecargas, vibraciones o deterioro por el paso del tiempo. | Ninguna | 3 | 4 | 5 | 60 | Realizar inspecciones rutinarias de los elementos electrónicos del transmisor para identificar y corregir posibles problemas |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-----------------------|--|---|---|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Polipasto | Es la sección móvil encargada de llevar a cabo tanto la elevación como el descenso de las cargas. | Incapacidad de sostener la carga en el aire. | Provocar la caída de la carga, aumento del riesgo de accidentes. | Desgastes o contaminación de los componentes de freno. | Ninguna | 4 | 5 | 5 | 100 | Mantener los componentes libres de aceite u otros contaminantes, realizar inspecciones rutinarias del sistema de frenos y reemplazar las zapatas o pastillas de freno en intervalos de tiempo específicos. |
| Luces de señalización | Alerta a las personas sobre las actividades desarrolladas por el puente grúa, se as utiliza por seguridad. | Baja visibilidad de las luces de señalización durante el desarrollo de operaciones. | Incremento en el peligro de accidentes y disminución en la efectividad de las señales visuales. | Acumulación de polvo o suciedad en las lentes de las luces o deterioro natural debido al paso del tiempo. | Ninguna | 1 | 5 | 5 | 25 | Definirás intervalos de tiempo para cambiar las bombillas y llevar a cabo limpiezas regulares de los lentes de las luces. |

Anexo 27. Análisis de modo y efecto de falla (Puente grúa TC-PG-01)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | |
|----------------|--|
| Equipo: | Roladora Industrial |
| Código: | DB-RD-01 |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |
| Participantes: | Operador |

| | |
|------------|-------------------------------|
| AMFE N° | 8 |
| Elaborado: | Departamento de mantenimiento |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------------|---|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Rodillos | Ejercen presión sobre el material para doblarlo o modelarlo de acuerdo con las especificaciones requeridas. | Presencia de irregularidades en las superficies de las láminas procesadas. | Disminución de la calidad de los resultados de las operaciones. | Acumulación de residuos en los rodillos. | Ninguna | 2 | 4 | 2 | 16 | Programar actividades de limpieza para eliminar residuos acumulados. |
| Sistema de transmisión | Transmite y controla la potencia generada por el motor hacia los rodillos. | Problemas de desequilibrio o desalineación de la máquina. | Desgaste prematuro de engranajes y reducción de precisión de laminado. | Vibraciones excesivas en el sistema de transmisión debido a la desalineación de los ejes de transmisión o al desequilibrio de los rodillos, engranajes u otros componentes. | Ninguna | 2 | 3 | 5 | 30 | Revisar y ajustar los ejes de transmisión para corregir cualquier desalineación. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-----------------------------|---|---|---|--|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Botón de paro de emergencia | Detiene inmediatamente el funcionamiento de la maquina en caso de emergencia. | Reinicio ineficiente del sistema de parada de emergencia. | Paradas prolongadas de producción. | Problemas en el circuito de control del sistema de paro de emergencia o bloqueo del mecanismo debido a suciedad. | Ninguna | 1 | 5 | 5 | 25 | Llevar a cabo inspecciones regulares del circuito y los componentes del sistema de paro de emergencia, y programar actividades de limpieza para el mecanismo de reinicio. |
| Caja de control | Permite controlar y ajustar la velocidad y dirección de rotación de los rodillos de acuerdo con los parámetros de proceso establecidos. | Interrupciones no planificadas en el proceso de producción. | Tiempos de inactividad significativos, retrasos de actividades de producción. | Desgaste de componentes electrónicos o conexiones eléctricas inestables. | Ninguna | 3 | 5 | 5 | 75 | Organizar revisiones periódicas para detectar y sustituir partes electrónicas deterioradas, verificar que las conexiones eléctricas estén protegidas con sellos y recubrimientos adecuados. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-----------------|--|---|--|---|---------------|---|---|---|-----|---|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Motor eléctrico | Genera energía mecánica necesaria para el accionamiento de los rodillos. | Paradas inesperadas en las operaciones de la maquina ocasionadas por sobrepasar la capacidad de fuerza del motor. | Provoca daños en el interior del motor, sobrecalentamiento o conduce a su fallo total. | Utilizar materiales mucho más resistentes a los admitidos, variaciones en el suministro eléctrico. | Ninguna | 2 | 4 | 4 | 32 | Ajustar las condiciones laborales para prevenir el funcionamiento excesivo del motor, e implementar dispositivos de protección que desconecten automáticamente el motor y caso de sobrecarga. |
| Tensor | Mantiene al material firmemente con la finalidad de evitar desplazamientos involuntarios del material. | Actividades de rolados deficientes por desalineación del tensor. | Irregularidades en la deformación de los productos terminados, desgaste de los componentes de la roladora. | La falta de alineación apropiada del tensor debido a vibraciones o desgaste de los componentes de alineación. | Ninguna | 1 | 3 | 4 | 12 | Realizar inspecciones visuales del tensor antes de usar la máquina, y contemplar la instalación de amortiguadores para reducir las vibraciones. |

Anexo 28. Análisis de modo y efecto de falla (Roladora industrial DB-RD-01)

Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

| | |
|----------------|--|
| Equipo: | Montacargas |
| Código: | TC-MC-01 |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |
| Participantes: | Operador |

| | |
|------------|-------------------------------|
| AMFE N° | 9 |
| Elaborado: | Departamento de mantenimiento |



| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|---------------------|--|--|--|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Mástil | Soporta y controla el movimiento vertical de elevación y descenso de la carga. | Se evidencia problemas en el deslizamiento y movimientos irregulares del mástil. | Afecta la capacidad de levantar y bajar las cargas de manera eficiente y segura. | Desgaste de los rodillos del mástil, inadecuada lubricación de los rodillos. | Ninguna | 2 | 4 | 4 | 32 | Realizar limpieza y lubricación de forma periódica a los rodillos, utilizar lubricantes de buena calidad o recomendados por los fabricantes. |
| Cilindro hidráulico | Proporciona el esfuerzo necesario para elevar y bajar la carga. | Incapacidad de cargar cargas y señales de fuga de aceite. | Paradas de producción no planificadas, problemas de contaminación ambiental. | presencia de grietas en los cilindros hidráulicos, conexiones hidráulicas deterioradas. | Ninguna | 3 | 3 | 5 | 45 | Planificar actividades de inspección y reemplazo de componentes de sistema hidráulico que presenten señales de daño o deterioro. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|------------------|---|--|---|--|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Horquilla | Diseñadas con el propósito de introducirse debajo de pallets, cajas o cualquier otra carga a transportar. | Se visualiza pequeñas fracturas de las horquillas. | Reducción en la eficiencia de la máquina, incremento del nivel de riesgo de accidentes y posibilidad de que las cargas se caigan. | Levantar cargas que sobrepasan la capacidad de las horquillas o golpes contra objetos resistentes. | Ninguna | 1 | 1 | 1 | 1 | Programar sesiones de formación para el personal sobre el manejo seguro del montacargas. |
| Eje de tracción | Proporciona tracción y potencia para lograr que el montacargas se desplace hacia delante o atrás. | Inestabilidad y reducción del rendimiento del montacargas. | Desgaste irregular de los neumáticos, daños a componentes de transmisión. | A causa de golpes o colisiones fuertes durante su operación, sobrepasar la capacidad de carga del montacargas. | Ninguna | 3 | 4 | 5 | 60 | Verificar el peso de la carga antes de operar el montacargas, capacitar al personal de trabajo para el manejo seguro del vehículo. |
| Eje de dirección | Brinda la capacidad de controlar la dirección de movilidad del montacargas- | Disminución de la precisión del movimiento de la máquina. | Resistencia al cambio de dirección y aumento en el tiempo necesario para transportar cargas. | Desalineación o desgaste gradual del eje de dirección. | Ninguna | 3 | 5 | 5 | 75 | Alinear el eje según sea requerido dentro de los intervalos de tiempo programados. |

| Componente | Función | Modo de fallo | Efecto de falla | Causas de falla | Estado actual | | | | | Acción de mejora |
|-----------------------|--|---|---|---|---------------|---|---|---|-----|--|
| | | | | | Control | P | G | D | IPR | |
| Tanque de combustible | Almacena combustible necesario para el funcionamiento del motor. | Reducción en la eficiencia del montacargas y detección de fugas de combustible. | Contaminación ambiental, aumento del riesgo de incendios, gastos elevados por combustible, paradas inesperadas, pérdida de potencia y fallos del motor. | Perforaciones a causa de golpes o desgaste natural del material del tanque, los problemas de reducción de rendimiento pueden ser a causa de acumulación de residuos en el filtro o líneas de combustible. | Ninguna | 1 | 5 | 3 | 15 | Programar tareas para limpiar y reemplazar filtros y conexiones de combustible, así como para reparar filtraciones menores o cambiar el tanque de almacenamiento si las filtraciones no pueden ser arregladas. |

Anexo 29. Análisis de modo y efecto de falla (Montacargas TC-MC-01)

Programa de mantenimiento

| | |
|---------|-----------|
| Maquina | Soldadora |
| Código | SD-SL-01 |

| | |
|-----------|---------|
| Área | Suelda |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|----------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|----------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|---------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|---------|---------|--------|---|---------|---------|-------|---|---------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|------------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección y limpieza de la antorcha de soldadura. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de cables y mangueras. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y ajuste del alimentador de cable. | Semanal | [Yellow] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajustar los rodillos de alimentación. | Mensual | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | | | | |
| Limpieza de filtros de aire. | Mensual | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | | | | | | | |
| Lubricación de partes móviles. | Trimestral | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de componentes del mecanismo de enfriamiento. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [Red] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de conexiones eléctricas. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación del funcionamiento de controles | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza del panel de control. | Semanal | [Yellow] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de conexiones eléctricas internas | Trimestral | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección de los dispositivos de protección eléctrica. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración de componentes de medición y control eléctrico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificar el funcionamiento del manómetro. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de filtro de gas. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de válvulas de gas. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 30 Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-01)

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|-----------------------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección de conexiones eléctricas. | Diario | [Orange shaded cells] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de conexiones eléctricas internas | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza del sistema de enfriamiento. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspeccionar y ajustar los sistemas de control y monitoreo eléctricos y electrónicos. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración de componentes de medición y control eléctrico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 31. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-03)

Programa de mantenimiento

| | |
|----------------|-----------|
| Maquina | Soldadora |
| Código | SD-SL-04 |

| | |
|------------------|---------|
| Área | Suelda |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|-----------------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|----------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|---------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|---------|---------|---|---|---------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|---------|---------|---|---|------------|---------|--------|---|---------|---------|---|---|-----------|---------|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Revisión y limpieza de la antorcha de soldadura. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de cables y mangueras. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y calibración del dispositivo de alimentación de cable. | Semanal | [Yellow] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajustar los rodillos de alimentación. | Mensual | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | |
| Limpieza de filtros de aire. | Mensual | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | | | |
| Lubricación de componentes móviles. | Trimestral | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y limpieza de los elementos del sistema de refrigeración. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de conexiones eléctricas. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación del funcionamiento de controles | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|----------------|---|--------|---|---------|---|----------|---|---------|---|--------|---|---------|---|--------|---|---------|---|-------|---|---------|---|--------|---|---------|---|----------|---|---------|---|--------|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Limpieza del panel de control. | Semanal | [Yellow cells] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de conexiones eléctricas internas | Trimestral | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de los dispositivos de protección eléctrica. | Semestral | | | | | | | [Purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [Purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración de componentes de medición y control eléctrico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [Red] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificar el funcionamiento del manómetro. | Trimestral | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de filtro de gas. | Semestral | | | | | | | [Purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [Purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de válvulas de gas. | Mensual | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | [Green] | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 32. Cronograma de actividades de mantenimiento para soldadora (SD-SL-04)

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Limpieza de rejillas de ventilación. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de confección eléctricas y componentes internos. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de elementos de seguridad eléctrica. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración de elementos de medición y control eléctrico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación del estado y funcionamiento de controles. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza del case protector. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio del líquido refrigerante. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 33. Cronograma de actividades de mantenimiento para SuitCase (SD-SC-01)

Programa de mantenimiento

| | |
|----------------|----------------------|
| Maquina | Compresor industrial |
| Código | IP-CI-01 |

| | |
|------------------|------------|
| Área | Producción |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|-----------------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|---------------------------|---|---|-------------------------|---------|---|---|-------------------------|-------|---|---|-------------------------|-------|---|---|-------------------------|------|---|---|-------------------------|-------|---|---|-------------------------|-------|---|---|-------------------------|--------|---|---|-------------------------|------------|---|---|-------------------------|---------|---|---|-------------------------|-----------|---|---|-------------------------|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección visual de mangueras y conexiones eléctricas externas. | Diario | [Celda coloreada naranja] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de filtros de entrada de aire. | Mensual | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | |
| Inspección y limpieza del tanque de almacenamiento de aire. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lubricación de rodamientos del motor eléctrico. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de rejillas de ventilación. | Mensual | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | [Celda coloreada verde] | | | | |
| Inspección del funcionamiento de la válvula de descarga de aire comprimido. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de componentes eléctricos que | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | | | | | |
|---|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | |
| presenten estado de desgaste. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración del regulador de presión | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de filtros del sistema de drenaje. | Quincenal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de aceite y filtros de aceite. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y limpieza del enfriador intercooler. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comprobar el funcionamiento de los interruptores de control del tablero de control. | Semanal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de componentes y cableado interno del tablero de control. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de fusibles del sistema de protección eléctrico. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de sensores y presión y temperatura de la máquina. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prueba del rendimiento del motor eléctrico, revisión del estado de | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| rodamientos del motor. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eliminar los condensados producidos en el proceso de compresión de aire. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 34. Cronograma de actividades de mantenimiento para compresor industrial (IP-CI-01)

Programa de mantenimiento

| | |
|---------|----------|
| Maquina | Cizalla |
| Código | CT-CZ-01 |

| | |
|-----------|------------|
| Área | Producción |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|----------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | | | | | | | | | |
|---|------------|----------|---------------|---------|---|---------|---------|---------------|---|-------|---|---|---------|---------------|---|---|---|------|---------|---------------|---|-------|---|---|---|---------|---------|---------------|---|--------|---|---|---|------------|---------|---|---------------|---------|---|---|---|-----------|---------|---------|---|-----------|--|---------------|--|--|--|--|---------|---------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de mangueras y conexiones eléctricas. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de cuchillas. | Semanal | [Yellow] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lubricación de guías y ejes móviles. | Mensual | [Green] | | | | | [Green] | | | | | | [Green] | | | | | | | [Green] | | | | | | | [Green] | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | | [Green] | | | |
| Limpieza de residuos de corte de la bancada. | Diario | [Orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste de tornillos y pernos de las partes móviles. | Quincenal | | [Light Green] | | | | | [Light Green] | | | | | | [Light Green] | | | | | | [Light Green] | | | | | | | | [Light Green] | | | | | | | | | [Light Green] | | | | | | | | | | | [Light Green] | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de componentes del sistema de arranque. | Trimestral | | [Blue] | | | | | | | | | | | [Blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza y afilado de cuchillas. | Mensual | | [Green] | | | | | [Green] | | | | | [Green] | | | | | | [Green] | | | | | | | [Green] | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | | [Green] | | | | |
| Inspección y ajuste de guías de coste. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación del correcto funcionamiento de los | Mensual | | | [Green] | | | | [Green] | | | | | [Green] | | | | | | [Green] | | | | | | | [Green] | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | [Green] | | | | | | | | | | [Green] | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| interruptores y controles eléctricos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de rodamientos, juntas y sellos del sistema mecánico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de conexiones a tierra. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de componentes y cableado interno del tablero de control. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación y ajuste de contactos eléctricos. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza del motor eléctrico. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de componentes electrónicos que demuestren desgaste significativo. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de conexiones hidráulicas. | Diario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del aceite hidráulico y rellenar si lo requiere. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de filtros hidráulicos. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de filtros hidráulicos. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección y limpieza de cilindros hidráulicos. | Quincenal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración del sistema que regula la presión de corte. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prueba del rendimiento del sistema hidráulico. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección del funcionamiento de las válvulas hidráulicas. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 35. Cronograma de actividades de mantenimiento para cizalla (CT-CZ-01)

Programa de mantenimiento

| | |
|----------------|-------------|
| Maquina | Puente grúa |
| Código | TC-PG-01 |

| | |
|------------------|------------|
| Área | Producción |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|-----------------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|--------------------------------------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Verificación de la correcta operación de frenos. | Diario | [Orange blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de cables con signos de desgaste. | Semestral | [Purple blocks in June and December] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección del cableado del puente grúa. | Quincenal | [Green blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y reemplazo de las pastillas de freno. | Semestral | [Purple blocks in June and December] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de lentes de luces de emergencia. | Trimestral | [Blue blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de bobillas de las luces de emergencia. | Semestral | [Purple blocks in June and December] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lubricación de poleas y rodillos. | Mensual | [Green blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comprobar la tensión de cables y cadenas del puente grúa. | Quincenal | [Green blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de ganchos y eslingas. | Trimestral | [Blue blocks] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|---|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección, ajuste y lubricación de los mecanismos de transmisión y engranajes. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alineación e inspección de los rieles y rodillos de desplaz. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de rejillas de ventilación de los motores del puente grúa. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y ajuste de los componentes del motor de elevación. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificar el estado de tambor-guía de cable del motor. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de los controles de la botonera. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comprobar el funcionamiento del sistema de elevación y descenso. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chequeo de los niveles de aceite y grasa de os rodamientos. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de conexiones eléctricas. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reemplazo de cables de acero. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 36. Cronograma de actividades de mantenimiento para puente grúa (TC-PG-01)

Programa de mantenimiento

| | |
|---------|---------------------|
| Maquina | Roladora Industrial |
| Código | DB-RD-01 |

| | |
|-----------|------------|
| Área | Producción |
| Prioridad | Crítico |

| | |
|----------------|--|
| Elaborado por: | Departamento de mantenimiento |
| Responsable: | Jefe del departamento de mantenimiento |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Verificar y ajustar la holgura del rodillo. | Quincenal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de las conexiones eléctricas externas. | Diario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificar y ajustar la alineación de rodillos, engranajes y tensor. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de residuos acumulados de los rodillos. | Quincenal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lubricación de engranajes y ejes. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| inspección de desgaste de cables. | Quincenal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación de correcto funcionamiento de elementos del panel de control. | Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Frecuencia | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
|--|------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Inspección y ajuste de conexiones eléctricas. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de los terminales de la batería | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza del estado de los cilindros hidráulicos. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de filtros de combustible. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y ajuste del sistema de inyección de combustible. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección de los discos y pastillas de freno. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sustitución de pastillas de freno. | Anual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspección y limpieza de mangueras. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación de neumáticos y presión de aire. | Semestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de los niveles del líquido de freno. | Trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 38. Cronograma de actividades de mantenimiento para montacargas (TC-MC-01)