

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINÍ EN EL ESTADO DE
CAMPECHE**

**“ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE
MÁQUINAS PESADAS”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EGRESADO:
CARLOS UZIEL PUC DZIB**

**DIRECTOR Y CO-DIRECTOR:
MAD. JUAN MANUEL MARTÍN FLORES
DR. JOSÉ ALFONSO CUEVAS BACAB**

Calkiní, Campeche, México 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche 45723

P/03/25/632

INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. CARLOS UZIEL PUC DZIB 7163
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director MAD. JUAN MANUEL MARTIN FLORES, y el co-director DR. JOSÉ ALFONSO CUEVAS BACAB, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS"**.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkiní@tecnm.mx | itescam.edu.mx



Dedicatoria.

A Dios por haberme brindado esa fuerza, sabiduría y perseverancia en este camino académico por fortalecer mi corazón, me ha demostrado que la fe es inmensamente poderosa y su bondad infinita, por ser mi fortaleza cuando sentía que ya no podía continuar, gracias a su amor hoy puedo concluir esta carrera llena de aprendizajes y experiencias

A mis padres, quienes han sido la fuerza y el corazón de mi camino. Su apoyo incondicional, sacrificios, amor y esfuerzo constante cuando más lo necesitaba, han sido el nacimiento sobre en el que construyó cada uno de mis logros. Este proyecto es una muestra de lo mucho que me han inspirado a buscar siempre más, a no conformarme y a seguir adelante, incluso en los momentos difíciles. Gracias por enseñarme que el aprendizaje y la dedicación son el motor para alcanzar cualquier sueño.

A mis queridos hermanos, cuyo entusiasmo y curiosidad por el mundo me han registrado la importancia de mantener vivo el deseo de aprender. Ustedes, con su alegría y preguntas constantes, me han dado motivos para esforzarme aún más, para que puedan ver que todo es posible si uno se lo propone.

A mi novia, por su gran apoyo y su fe en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. Tus palabras de ánimo y tu presencia han sido un refugio en los momentos difíciles y una fuente constante de inspiración para seguir adelante. Este logro también es tuyo, por estar a mi lado en este viaje.

A mis amigos, por ser compañeros de risas, desafíos y aprendizajes. Su compañía me ha demostrado que el camino es más ligero cuando se recorre junto a personas que comparten tus sueños y te impulsan a alcanzar tus metas. Gracias por estar allí siempre, en las buenas y en las malas.

A mis maestros, quienes no solo compartieron su conocimiento, sino también su pasión por enseñar. Su dedicación y esfuerzo me han demostrado que el aprendizaje no tiene límites y que siempre hay algo nuevo por descubrir.

Agradecimientos.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la institución que me abrió sus puertas y confió en mí para ser parte de este emocionante proyecto. Su visión y compromiso con la mejora continúa en el área de maquinarias no solo han permitido el desarrollo de este trabajo, sino también el crecimiento personal y profesional de quienes formamos parte de este esfuerzo. Gracias por brindarme la oportunidad de contribuir y aprender en un entorno tan enriquecedor.

Agradezco profundamente a mi tutor, MAD. JUAN MANUEL MARTIN FLORES, cuya orientación fue fundamental en el desarrollo de este proyecto. Su guía experta, sus valiosas observaciones y su disposición para acompañarme en cada etapa me ayudarán a enfrentar los retos con claridad y confianza. Su apoyo no solo me permitió mejorar el resultado final, sino también crecer como profesional.

Agradezco al Ingeniero Raúl Chi, quien me brindó información clave y compartió su experiencia de manera generosa para la realización de este trabajo. Su disposición para responder preguntas, aclarar dudas y compartir sus conocimientos fue esencial para darle forma a este proyecto. Gracias por ser un mentor comprometido y una fuente de inspiración.

A cada persona que, de una forma u otra, puso su granito de arena para que pudiera llegar hasta aquí, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Desde un consejo oportuno, una palabra de aliento o una simple sonrisa, cada gesto me ayudó a superar los retos y mantenerme enfocado en mis metas.

Concluir esta etapa no significa un final, sino el comienzo de nuevas oportunidades y desafíos. Me llevo conmigo no solo el aprendizaje técnico y profesional, sino también el recuerdo de todas las personas que hicieron de este camino una experiencia inolvidable.

Gracias a todos por ser parte de esta historia.

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
RESUMEN.....	ix
JUSTIFICACIÓN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	1
1.2.1. Misión.....	3
1.2.2. Visión.....	3
1.2.3. Propósito del programa.....	3
1.2.4. Croquis del departamento:.....	3
1.2.5. Dirección.....	4
1.2.6. Teléfono.....	4
1.2.7. Valores y políticas de calidad.....	4
1.2.8. Estructura organizacional.....	5
1.2.9. RFC de la empresa.....	6
1.3 ANTECEDENTES. Y/O MARCO TEÓRICO.....	6
1.3.1. Antecedentes históricos.....	6
1.3.2. Gestión de Mantenimiento Productivo Total (TPM):.....	6
1.3.3. Estrategias de Mantenimiento Predictivo.....	7
1.4. Marco conceptual.....	7
1.4.1. ¿Qué es el mantenimiento?.....	7
1.4.2. Historia del mantenimiento.....	8
1.4.3. Optimización de Equipos.....	9
1.4.4. Mantenimiento Predictivo y Preventivo.....	9
1.4.5. Mantenimiento Predictivo.....	9
1.4.6. Mantenimiento Preventivo.....	10
1.4.7. Teoría de la Confiabilidad Operacional (RCM).....	10
1.4.8. Metodologías de Mejora Continua.....	10
1.5. Uso de Maquinaria con Fines Educativos.....	10
1.5.1. Controles y Mantenimientos.....	10

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

1.5.2. Bitácoras de Mantenimiento.....	11
1.5.3. Listas de Verificación	12
1.5.4. Control de Capacitación del Personal	13
1.5.5. Control de Tiempos y Uso de Equipos	13
1.5.6. Beneficios de la Mejora Continua.....	14
1.6. Limitaciones del Proyecto.....	14
1.7. Alcances del proyecto	15
1.8. OBJETIVOS	15
1.8.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.8.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	16
CAPÍTULO II.....	17
2.1 MATERIALES Y MÉTODOS.	17
CAPÍTULO III.....	20
3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	20
3.1.1 Resultados.....	20
3.2. ESTADO ACTUAL DE LAS MAQUINAS	24
3.2.1. MAQUINARIA CNC	24
3.2.2. TORNO INDUSTRIAL.....	28
3.2.3. TALADRO DE RADIAL	31
3.2.4. PUNTEADORA MÉCANICA INDUSTRIAL	35
3.2.5. TROQUELADORA.....	43
3.2.6. SIERRA CINTA.....	49
3.2.7. MÁQUINA DE TALADRO/FRESADORA.....	54
3.2.8. SOLDADORA	59
CAPÍTULO IV.	62
4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
4.1.1. Conclusión.....	62
4.1.2. Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Distribución de edificios	2
Figura 1.1. Croquis del área.....	3
Figura 1.2. Ubicación de la instalación.....	4
Figura 1.3. Estructura organizacional.....	5
Figura 1.4. Evolución de las técnicas de mantenimiento.....	9
Figura 2.1. Máquina de desgaste CNC.	24
Figura 2.2. Sistema de control de la máquina	24
Figura 2.3. Prueba del correcto funcionamiento.....	24
Figura 2.4. Torno Industrial.	28
Figura 2.5. Mango del torno	28
Figura 2.6. Taladro Radial.	31
Figura 2.7. Voltaje del taladro	31
Figura 2.8. Punteadora mecánica industrial.	35
Figura 2.9. Ficha técnica de la punteadora mecánica industrial.	36
Figura 2.10. Troqueladora.....	43
Figura 2.11. Sierra cinta.....	49
Figura 2.12. Advertencias de uso.....	49
Figura 2.13. Fresadora/taladro.....	54
Figura 2.14. Soldadora.	59

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS
PESADAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Etapas del proyecto	19
Tabla 2.2. Máquinas pesadas	21
Tabla 2.3. Materia prima	23

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS
PESADAS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Bitácora de chequeos de máquinas diarios.....	65
Anexo 2. Implementación de Registro para el uso de máquinas.....	66
Anexo 3. Lista de Verificación de cumplimiento del personal.....	66
Anexo 4. Cuestionario final a personal a cargo de los talleres.....	67
Anexo 5. Evidencia de mantenimientos operativos.....	70

RESUMEN

El proyecto *"Estudio para la Optimización de Equipos en el Taller de Máquinas Pesadas"* en el ITESCAM busca mejorar la eficiencia y funcionalidad de la maquinaria utilizada en la formación de los estudiantes. A través de un análisis detallado, se pretende optimizar el rendimiento de los equipos, reducir costos de mantenimiento, mejorar la seguridad y garantizar el cumplimiento de normativas.

Esta iniciativa contribuirá a elevar la calidad educativa al proporcionar a los alumnos un entorno de aprendizaje más eficiente y seguro, fortaleciendo sus competencias técnicas. Además, impulsará la innovación y el desarrollo tecnológico dentro de la institución, fomentando una gestión más efectiva de los recursos disponibles.

JUSTIFICACIÓN

El Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche (ITESCAM) busca mejorar constantemente la calidad de su infraestructura y los recursos disponibles para la formación de sus estudiantes. En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo optimizar el uso y desempeño de los equipos en el taller de máquinas pesadas, lo que permitirá mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la eficiencia operativa del taller.

La justificación de este proyecto se sustenta en los siguientes puntos clave:

1. Mejoramiento del rendimiento y productividad

Actualmente, el taller de máquinas pesadas enfrenta desafíos en cuanto a la eficiencia de sus equipos debido al desgaste, mantenimiento inadecuado o falta de estrategias de optimización. Un estudio detallado permitirá identificar áreas de mejora, reducir tiempos muertos y aumentar la productividad en el uso de la maquinaria.

2. Optimización de recursos y reducción de costos

Una gestión eficiente del taller permitirá maximizar la vida útil de los equipos, reducir costos de mantenimiento correctivo y fomentar el mantenimiento preventivo, evitando gastos innecesarios y optimizando los recursos del ITESCAM.

3. Incremento en la calidad educativa

Un taller con equipos en óptimas condiciones y bien administrados garantiza que los estudiantes tengan acceso a prácticas con tecnología funcional, fortaleciendo su formación académica y sus competencias técnicas. Esto impactará positivamente en su preparación para el ámbito laboral.

4. Cumplimiento de normativas y seguridad

La optimización de equipos también conlleva la implementación de mejores prácticas en seguridad y normatividad. Mantener las máquinas en condiciones adecuadas disminuye los riesgos de accidentes y asegura el cumplimiento de las regulaciones en materia de seguridad industrial.

5. Fomento a la innovación y desarrollo tecnológico

Al mejorar el funcionamiento del taller, se abren oportunidades para el desarrollo de proyectos innovadores en ingeniería, fabricación y mantenimiento, promoviendo una cultura de mejora continua dentro del ITESCAM.

INTRODUCCIÓN.

La optimización de equipos en talleres de máquinas pesadas es una necesidad imperativa para garantizar la eficiencia operativa, maximizar la productividad y reducir los costos asociados al mantenimiento, reparación y reemplazo de maquinaria. En un entorno industrial altamente competitivo, donde sectores como la construcción, minería y agricultura desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico, la confiabilidad y el desempeño de la maquinaria pesada se convierten en factores estratégicos.

El taller de máquinas pesadas representa un espacio clave para el mantenimiento y reparación de equipos esenciales en el instituto tecnológico superior de Calkiní campeche. Sin embargo, muchos de estos talleres enfrentan desafíos relacionados con la obsolescencia tecnológica, la falta de estrategias de mantenimiento adecuadas y la dependencia de métodos correctivos en lugar de preventivos o predictivos. Estos problemas no solo afectan la rentabilidad y los tiempos de respuesta, sino que también limitan la capacidad de los talleres para atender las necesidades de sus clientes de manera eficiente y competitiva.

Este proyecto, titulado "Estudio para la Optimización de Equipos en el Taller de Máquinas Pesadas", tiene como objetivo analizar el rendimiento actual de los equipos en el taller del ITESCAM, identificar áreas críticas de mejora y proponer estrategias técnicas y de gestión para optimizar los procesos operativos. A través de este análisis, se busca incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reduciendo el impacto de las fallas inesperadas y minimizando los costos de mantenimiento y operación.

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

En el contexto educativo, el ITESCAM tiene un compromiso con la formación de profesionales altamente capacitados en la resolución de problemas técnicos y la implementación de soluciones innovadoras. Este proyecto no solo permitirá al taller alinearse con estándares industriales más altos, sino que también servirá como un espacio de aprendizaje práctico para los estudiantes, fomentando competencias clave como el análisis técnico, la toma de decisiones estratégicas y la gestión de recursos.

Además, la optimización de equipos no es solo un objetivo técnico, sino también un paso hacia la sostenibilidad operativa. Reducir el consumo energético, extender la vida útil de los equipos y minimizar los desechos generados durante las reparaciones contribuye a la responsabilidad ambiental del taller, alineándose con las exigencias actuales de sostenibilidad en las operaciones industriales.

En un mundo donde la innovación y la mejora continua son esenciales para mantenerse competitivo, este estudio tiene el potencial de posicionar al taller del ITESCAM como un referente regional en eficiencia operativa y como un modelo educativo para la formación de profesionales preparados para enfrentar los retos de la industria moderna.

CAPÍTULO I

1.1. Problemática

En la realización para este estudio lleva como finalidad, identificar si las máquinas pesadas presentes son predispuestas a los programas académicos del instituto, al igual, si las mismas se encuentran en condiciones óptimas de operación, o tuvieran alguna reparación y control de funcionamiento que coadyuven al desarrollo profesional de los estudiantes.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.

El Instituto Tecnológico Superior de Calkiní inició formalmente sus operaciones el 15 de octubre de 2001, con el propósito de ofrecer educación superior a las localidades del Camino Real Campeche. Su sede se encuentra en la periferia de la ciudad de Calkiní, Campeche, y actualmente cuenta con una oferta académica de nueve carreras profesionales de calidad: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Materiales, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Industrial, Licenciatura en Administración, Ingeniería Informática e Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Además, imparte dos programas de posgrado: Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Maestría en Administración Industrial.

Para el funcionamiento adecuado del instituto, se han establecido diversas áreas estratégicas, entre ellas Administración, Vinculación y Planeación, que apoyan el desarrollo académico y operativo de la institución.

En 2002, la carrera de Ingeniería Industrial se incorporó a la oferta educativa, consolidándose como una opción fundamental dentro de la institución. Esta carrera brinda a los estudiantes una formación integral que les permite desarrollar habilidades en la optimización de procesos, gestión de la producción y mejora continua en diversos sectores industriales.

Para complementar el aprendizaje teórico, el Instituto Tecnológico Superior de Calkiní dispone de infraestructura especializada, incluyendo tres centros de cómputo ubicados en los edificios A, B y D. Asimismo, cuenta con laboratorios y talleres que

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

permiten a los estudiantes realizar prácticas especializadas en diferentes áreas del conocimiento. Entre estos espacios destacan:

- Laboratorio de Ciencias Básicas
- Laboratorios Químicos Biológicos
- Laboratorio de Biotecnología
- Laboratorio de Biología Molecular
- Laboratorio de Mecánica
- Taller de Tecnología Alimentaria
- Laboratorio de Electrónica
- Laboratorio de Instrumentación Analítica
- Taller multidisciplinario
- Laboratorio de Simulación y Programación Industrial
- Laboratorio de Métodos
- Laboratorio de Automatización Industrial



Fuente: Google Maps

Figura 1.1. Distribución de edificios

En particular, para los estudiantes de Ingeniería Industrial, las áreas de importancia se limitarán a los laboratorios de Simulación y Programación Industrial, Métodos y Automatización Industrial, donde podrán aplicar y desarrollar sus conocimientos en entornos reales de trabajo, fortaleciendo así su formación académica y su preparación para el ámbito laboral.

Departamento origen del proyecto: Área de jefatura del programa académico en la ingeniería industrial

La carrera tiene su filosofía organizacional.

1.2.1. Misión

Formar Ingenieros Industriales con sentido de servicio y enfocados a solucionar problemas logísticos, de producción y de servicios distinguidos por el manejo inteligente de las tecnologías de la información y las herramientas de automatización, diseño y manufactura con certificaciones nacionales e internacionales, alcanzando logros académicos e investigativos.

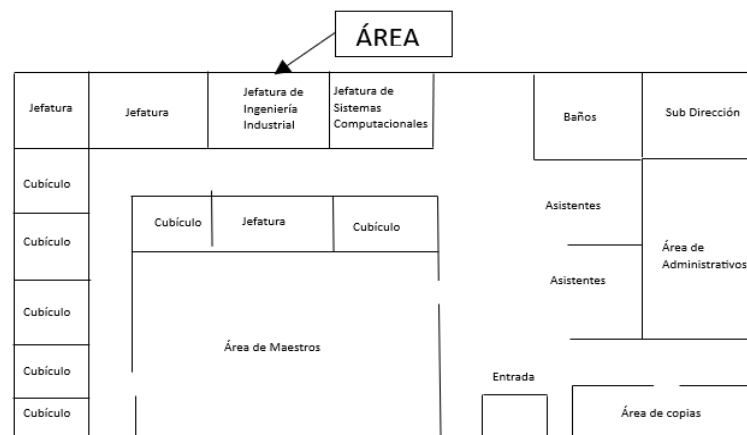
1.2.2. Visión

En el año 2025 la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní será una licenciatura con pertinencia en valores humanísticos, así como responsabilidad social, liderazgo, pensamiento reflexivo-critico, creativo comprometidos con el desarrollo sustentable y ser reconocido a nivel nacional e internacional por la calidad de sus programas.

1.2.3. Propósito del programa

Formar profesionistas que contribuyan al desarrollo sustentable, con una visión sistemática, que responda a los retos que presentan los constantes cambios, en los sistemas de producción de bienes y servicios en el entorno global, con ética y comprometidos con la sociedad.

1.2.4. Croquis del departamento:



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.1. Croquis del área.

En este apartado se incluyen todos los datos que ubican a la empresa dentro de un marco físico, económico y social en la comunidad en que se encuentra.

1.2.5. Dirección

Av. Ah Canul s/n por carretera federal



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.2. Ubicación de la instalación

1.2.6 Teléfono

9999655017

1.2.6. Dirección de correo electrónico: jmmartin@itescam.edu.mx

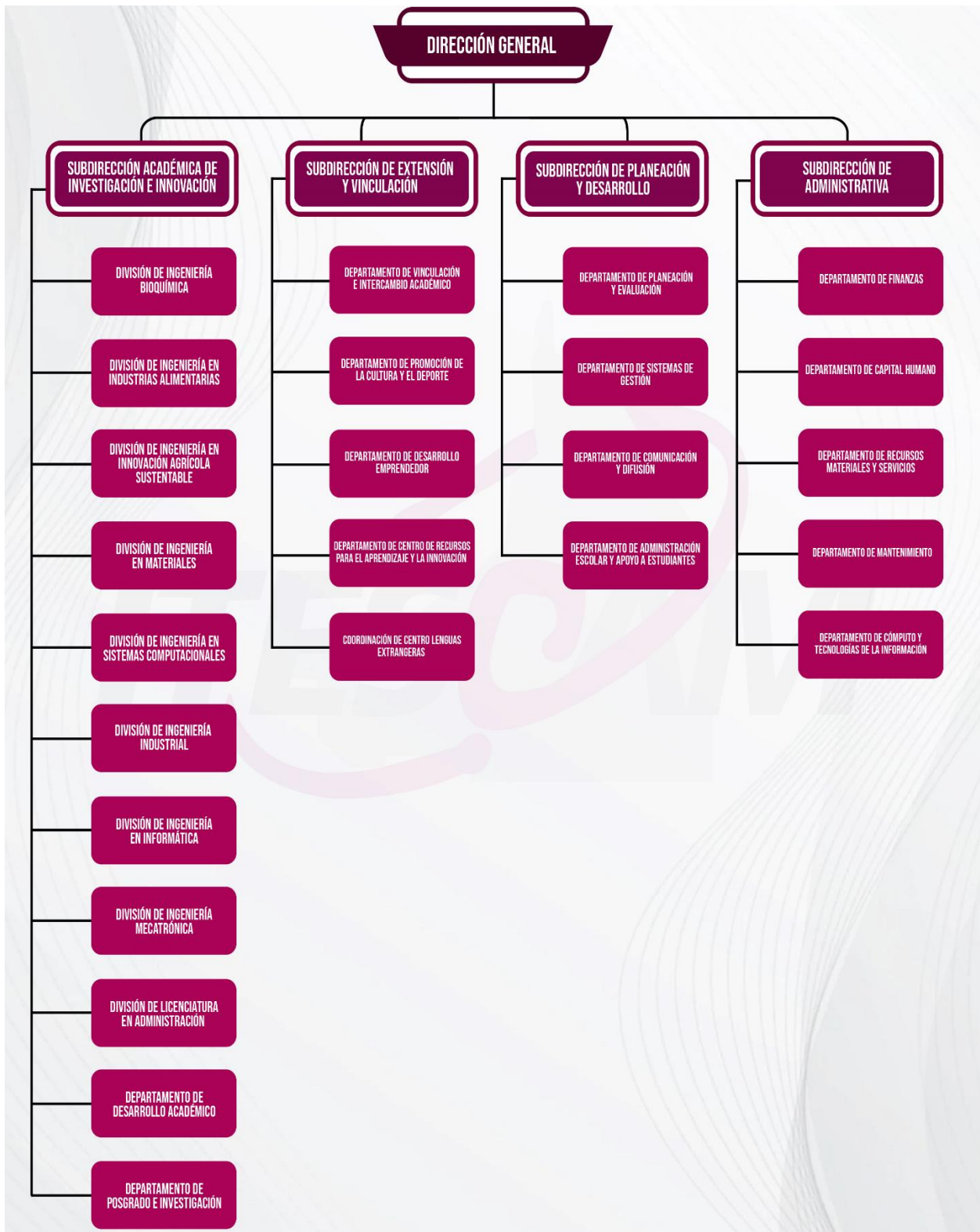
1.2.7. Valores y políticas de calidad

Es nuestro compromiso ofrecer servicios académico-administrativos de calidad que satisfagan los requisitos de nuestros clientes, de conformidad con el marco normativo institucional y otros requisitos.

Como parte de nuestro plan maestro de distribución territorial, somos una Institución que busca coexistir responsablemente con el medio ambiente.

Consolidar nuestro compromiso con la mejora continua y la eficacia del Sistema de Gestión Integrado, de acuerdo con las normas ISO 9001:2018 e ISO 14001:2015.

1.2.8. Estructura organizacional



Fuente: ITESCAM (2021).

Figura 1.3. Estructura organizacional

1.2.9. RFC de la empresa

ITS011012S33

1.3 ANTECEDENTES. Y/O MARCO TEÓRICO

1.3.1. Antecedentes históricos

La maquinaria industrial es esencial en diversos sectores productivos, ya que incrementa la eficiencia, productividad y calidad en los procesos de fabricación. Su implementación permite la automatización de tareas repetitivas, reduce tiempos de producción y optimiza el uso de recursos, lo que resulta en una producción más sostenible y rentable.

Además, la maquinaria industrial mejora la seguridad laboral al asumir tareas peligrosas o físicamente exigentes, disminuyendo el riesgo de lesiones y enfermedades ocupacionales. La incorporación de tecnologías avanzadas, como sensores inteligentes e inteligencia artificial, ha permitido una mayor precisión y adaptabilidad en los procesos productivos, facilitando la respuesta a las cambiantes demandas del mercado.

Es importante destacar que no existe una definición universal de "maquinaria industrial", ya que su significado puede variar según el contexto y la perspectiva de diferentes autores. Sin embargo, en términos generales, se refiere al conjunto de máquinas y equipos utilizados en la industria para llevar a cabo procesos de producción de bienes y servicios.

En el ámbito de los talleres de máquinas pesadas, diversos estudios y enfoques han destacado estrategias clave para la mejora de los equipos y procesos, con un enfoque en maximizar la eficiencia operativa, reducir costos y minimizar tiempos de inactividad. Estas estrategias incluyen:

1.3.2. Gestión de Mantenimiento Productivo Total (TPM):

El TPM se enfoca en maximizar la eficiencia de los equipos mediante la implementación de sistemas de mantenimiento autónomo y preventivo. Este enfoque, introducido por Seiichi Nakajima, busca eliminar las seis grandes pérdidas en el mantenimiento industrial: fallas, tiempos muertos, ajustes, pérdidas de velocidad, defectos de calidad y paradas menores. En el contexto de los talleres de máquinas pesadas, esta metodología ha demostrado ser eficaz para mejorar la disponibilidad de los equipos y reducir tiempos muertos asociados a fallas inesperadas (Nakajima, 1988).

1.3.3. Estrategias de Mantenimiento Predictivo

Con el avance de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de datos, el mantenimiento predictivo se ha convertido en una herramienta clave para anticipar fallas en maquinaria pesada. Sensores avanzados permiten monitorear parámetros críticos como vibración, temperatura y presión, generando alertas tempranas y evitando fallas catastróficas. Según Jardine, Lin y Banjevic (2006), el uso de técnicas predictivas puede extender la vida útil de los equipos, reducir los costos de mantenimiento y optimizar los tiempos de reparación.

Sistemas Lean en Talleres de Maquinaria Pesada:

Las metodologías Lean, desarrolladas inicialmente en la industria automotriz, han encontrado aplicaciones efectivas en talleres de maquinaria pesada. Estas metodologías buscan eliminar desperdicios en los procesos de reparación y mantenimiento, mejorando la productividad general. En talleres de maquinaria pesada, Lean permite optimizar la gestión de recursos, el flujo de trabajo y la organización del taller, lo que resulta en tiempos de reparación más cortos y costos operativos más bajos (Womack y Jones, 1996).

A nivel local, los talleres enfrentan desafíos específicos que hacen que la adopción de estas estrategias sea particularmente relevante. Entre estos desafíos se encuentran:

Antigüedad de los Equipos: Muchas veces, los talleres operan con maquinaria obsoleta, lo que aumenta la frecuencia de fallas y dificulta el acceso a repuestos.

Limitación de Recursos: Presupuestos ajustados y falta de acceso a tecnologías avanzadas restringen la capacidad para implementar sistemas de mantenimiento avanzados.

Falta de Capacitación Técnica: El personal suele carecer de entrenamiento especializado en metodologías modernas de mantenimiento, lo que limita la efectividad de las intervenciones.

Estas barreras refuerzan la importancia de un enfoque estratégico para optimizar los procesos y equipos, adaptando las mejores prácticas globales al contexto local.

1.4. Marco conceptual.

1.4.1. ¿Qué es el mantenimiento?

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para la toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

1.4.2. Historia del mantenimiento

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial eran los propios operarios quienes se encargaban de las reparaciones de los equipos. Conforme las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino además prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El término "mantenimiento" se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. En

Francia se fue imponiendo progresivamente el término "entretenimiento". El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (entretenimiento) hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global de mantenimiento. Los tiempos y necesidades cambiaron, en 1960 nuevos conceptos se establecieron, "Mantenimiento Productivo" fue la nueva tendencia que determinaba perspectiva más profesional. Se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de "Ingeniería de la Planta" en vez de "Mantenimiento", las tareas a realizar incluían un más alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares y procesos de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo, primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina o proceso de mejora en el departamento de mantenimiento. Esta era una filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propia esencia. Dado a que esto implica un mejoramiento continuo en todos los

aspectos y se le denominó TPM (Mantenimiento Productivo Total). En la siguiente figura se puede visualizar la evolución del mantenimiento.

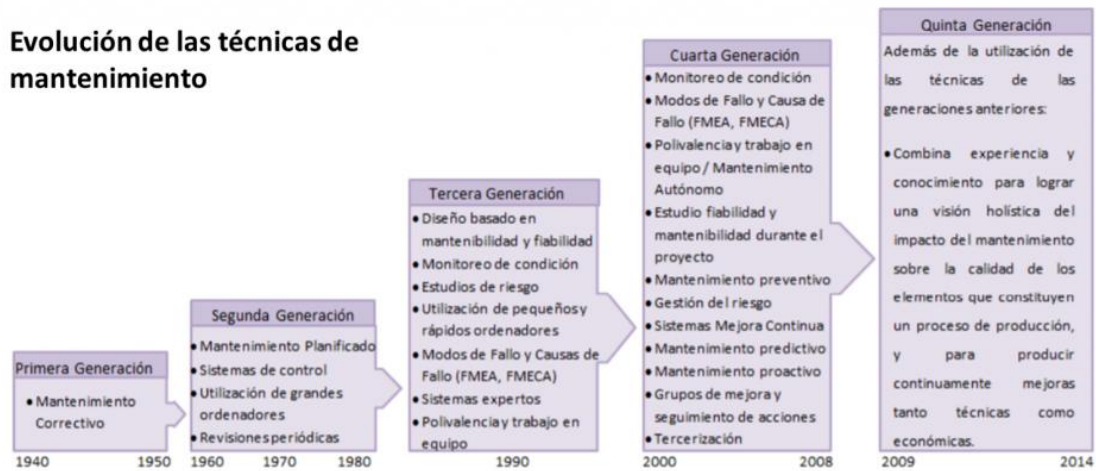


Figura 1.4. Evolución de las técnicas de mantenimiento.

1.4.3. Optimización de Equipos

La optimización de equipos busca maximizar el rendimiento operativo, reducir costos y extender la vida útil de los activos mediante la mejora de procesos técnicos y administrativos. Esto incluye acciones como la actualización de tecnología, la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real y el análisis continuo del desempeño de los equipos (Nakajima, 1988).

La optimización es un proceso dinámico que abarca desde la evaluación inicial de los equipos hasta la implementación de tecnologías avanzadas, como sensores de monitoreo IoT (Internet Of Things) y software de análisis predictivo. Estos elementos no solo permiten identificar áreas críticas de mejora, sino que también ayudan a tomar decisiones informadas para prevenir fallas inesperadas (Mobley, 2002).

1.4.4. Mantenimiento Predictivo y Preventivo

El mantenimiento es un factor clave para garantizar la continuidad operativa y minimizar costos asociados con fallas y reparaciones.

1.4.5. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en el análisis de datos históricos y en tiempo real para identificar patrones de deterioro que permitan anticipar fallas antes de que estas ocurran. Según Jardine, Lin y Banjevic (2006), este enfoque utiliza herramientas como

sensores de vibración, monitoreo de temperatura y análisis de presión para prever y mitigar problemas potenciales.

1.4.6. Mantenimiento Preventivo

Por otro lado, el mantenimiento preventivo se centra en la planificación y ejecución de inspecciones y servicios regulares para reducir la probabilidad de fallas inesperadas. Este tipo de mantenimiento es esencial para prolongar la vida útil de los equipos y garantizar su disponibilidad continua (Mobley, 2002).

1.4.7. Teoría de la Confiabilidad Operacional (RCM)

La confiabilidad operacional, introducida formalmente por Nowlan y Heap (1978), es un enfoque metodológico que busca garantizar que los sistemas y equipos funcionen de manera eficiente al menor costo posible. El análisis RCM permite identificar funciones críticas, modos de falla, causas raíz y estrategias de mantenimiento óptimas.

La implementación de RCM ayuda a priorizar actividades de mantenimiento con base en la criticidad de los equipos y en la probabilidad de ocurrencia de fallas, asegurando así una gestión más eficiente de los recursos y una mayor confiabilidad del sistema global (Nowlan & Heap, 1978).

1.4.8. Metodologías de Mejora Continua

La mejora continua es una filosofía basada en el ciclo de mejora de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), orientada a la optimización constante de procesos. En un entorno educativo, esto se traduce en la revisión y perfeccionamiento de herramientas, métodos y recursos para garantizar un aprendizaje efectivo.

1.5. Uso de Maquinaria con Fines Educativos

Definición: La maquinaria en este contexto no es utilizada para producir bienes o servicios comerciales, sino como un medio de enseñanza práctica.

Objetivo: Simular condiciones reales para que los estudiantes desarrollen competencias técnicas y operativas sin los riesgos o costos asociados a un entorno industrial.

Control y Mantenimiento: La maquinaria requiere procedimientos específicos de mantenimiento preventivo y correctivo, alineados con sus condiciones de uso educativo.

1.5.1. Controles y Mantenimientos

- **Control:** Supervisión constante del uso de maquinaria, verificando el estado físico, funcionalidad y adherencia a protocolos de seguridad.

Mantenimiento:

- Preventivo: Inspecciones y ajustes regulares para evitar fallos, ajustados al ritmo de uso y no a estándares industriales rígidos.
- Correctivo: Reparaciones cuando se identifican fallas, con prioridad en minimizar interrupciones al aprendizaje.

Efectos Educativos y Flexibilidad Operativa

Dado que el objetivo principal no es la productividad, sino el aprendizaje:

- Adaptación de Estándares: Los tiempos y criterios de uso pueden ajustarse para permitir que los estudiantes practiquen y asimilen conceptos.
- Flexibilidad en Aplicación: Los procedimientos de control y mantenimiento pueden personalizarse según las necesidades del programa educativo.
- Rol de la Mejora Continua en Mantenimiento y Controles
- Diagnóstico Inicial: Identificar áreas de mejora en los procedimientos de control y mantenimiento.
- Optimización de Procesos: Modificar frecuencias, procedimientos o criterios de control para ajustarse a las necesidades del entorno educativo.
- Retroalimentación Constante: Registrar experiencias y resultados para ajustar prácticas y asegurar que apoyen tanto el aprendizaje como la preservación de los equipos.

1.5.2. Bitácoras de Mantenimiento

Las bitácoras de mantenimiento son documentos que registran de manera sistemática todas las actividades de mantenimiento realizadas en un equipo, proporcionando información detallada sobre su historial de uso, fallos y reparaciones. Su objetivo principal es facilitar el seguimiento del estado de los equipos y anticiparse a posibles fallos que puedan afectar la producción (González, 2020).

1.5.2.1. Contenido de una Bitácora de Mantenimiento

Según López (2018), una bitácora de mantenimiento debe incluir los siguientes elementos:

- Fecha y hora de la intervención.
- Tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo o predictivo).
- Descripción de la actividad realizada.
- Refacciones o materiales utilizados.
- Técnico o mecánico responsable.
- Observaciones y recomendaciones para futuras intervenciones.

1.5.2.2. Beneficios de la Implementación

La correcta gestión de las bitácoras de mantenimiento permite:

- Reducir los tiempos de inactividad mediante la identificación temprana de fallas.
- Optimizar la planificación de mantenimiento para minimizar costos operativos.
- Mejorar la trazabilidad de los equipos, permitiendo evaluar su rendimiento a lo largo del tiempo (Fernández, 2021).

1.5.3. Listas de Verificación

Las listas de verificación son herramientas utilizadas para asegurar que los procedimientos de inspección y mantenimiento de los equipos se realicen de manera estandarizada. Su objetivo es minimizar los errores humanos y garantizar que cada máquina cumpla con los requisitos de seguridad y funcionamiento óptimo (Rodríguez & Pérez, 2017).

1.5.3.1. Tipos de Listas de Verificación

Existen distintos tipos de listas de verificación aplicables a un taller de máquinas pesadas:

1. **Lista de inspección diaria:** Evalúa las condiciones generales del equipo antes de su operación (estado de llantas, niveles de aceite y combustible, luces y frenos).
2. **Lista de mantenimiento preventivo:** Asegúrese de que se realicen las tareas de mantenimiento programadas, como el cambio de aceite y la revisión de componentes críticos.
3. **Lista de seguridad operativa:** Verifique que se cumplan los protocolos de seguridad, como el uso de equipo de protección personal (EPP) y la correcta señalización del área de trabajo.

1.5.3.2. Beneficios de la Implementación

La utilización de listas de verificación en la inspección de equipos proporciona los siguientes beneficios:

- Estandariza los procedimientos de mantenimiento, reduciendo errores operativos.
- Aumente la seguridad en el uso de maquinaria pesada, minimizando riesgos de accidentes.
- Facilitar el cumplimiento de normativas industriales (Martínez, 2022).

1.5.4. Control de Capacitación del Personal

El control de capacitación del personal consiste en un registro y evaluación sistemática de las habilidades y conocimientos de los operadores y técnicos encargados del mantenimiento de maquinaria pesada. Su objetivo es garantizar que el personal esté debidamente formado para operar y dar mantenimiento a los equipos de manera segura y eficiente (Díaz & Herrera, 2020).

1.5.4.1. Elementos Clave del Control de Capacitación

Según estudios recientes en la industria del mantenimiento industrial, este control debe incluir:

- Registro de cursos y entrenamientos realizados.
- Evaluaciones de conocimientos teóricos y prácticos.
- Certificaciones obtenidas y vigencia de estas.
- Fechas de actualización o recertificación del personal (Ruiz, 2023).

1.5.4.2. Beneficios de la Implementación

- Reducción de errores humanos y fallos operativos.
- Mayor eficiencia en la operación y mantenimiento de equipos.
- Cumplimiento de normativas laborales y de seguridad.

1.5.5. Control de Tiempos y Uso de Equipos

El control de tiempos y uso de equipos permite monitorear la cantidad de horas operativas de cada máquina, así como su rendimiento en función de la producción. Su objetivo es identificar inefficiencias en el uso de los equipos y optimizar su asignación dentro del taller (Sánchez, 2021).

1.5.5.1. Elementos Clave del Control de Tiempos

Este control se basa en:

- Registro de horas de operación por equipo.
- Identificación de periodos de inactividad y sus causas.
- Registro de operadores asignados a cada máquina.
- Análisis comparativo del rendimiento entre distintos equipos.

1.5.5.2. Beneficios de la Implementación

- Optimización del uso de recursos y reducción de tiempos muertos.
- Facilitación de la toma de decisiones sobre reemplazo o reparación de equipos.

- Incremento en la productividad del taller mediante una mejor distribución de cargas de trabajo.

La implementación de controles internos en la gestión de equipos en un taller de máquinas pesadas es esencial para optimizar su rendimiento y reducir costos operativos. Las bitácoras de mantenimiento, listas de verificación, control de capacitación del personal y control de tiempos y uso de equipos son herramientas clave que permiten mejorar la eficiencia, la seguridad y la planificación del mantenimiento. Estos mecanismos no solo garantizan la continuidad operativa, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de los procesos industriales mediante la reducción de fallos y la maximización del tiempo productivo de los equipos.

1.5.6. Beneficios de la Mejora Continua

Mayor Vida Útil de los Equipos: Adaptar los procedimientos de mantenimiento extiende la utilidad de las máquinas sin comprometer el aprendizaje.

Aprendizaje Integral: Los estudiantes no solo aprenden a operar máquinas, sino también a entender procesos de mejora y mantenimiento.

Seguridad: Mejora en controles reduce riesgos para los usuarios y protege la inversión educativa.

1.6. Limitaciones del Proyecto

1. **Recursos Técnicos Limitados:** La disponibilidad de herramientas de diagnóstico especializado para el análisis predictivo podría ser limitada, afectando la profundidad del análisis técnico.
2. **Capacitación del Personal:** La falta de capacitación especializada en el manejo de las maquinas que se encuentran en el taller de maquinas pesadas.
3. **Presupuesto Restringido:** Los recursos financieros disponibles para la adquisición de equipos nuevos, licencias de software o capacitación del personal podrían ser insuficientes.
4. **Datos Históricos Insuficientes:** La carencia de registros detallados y confiables sobre el desempeño pasado de los equipos podría limitar la efectividad del análisis predictivo y preventivo.
5. **Tiempo de Ejecución:** Las restricciones de tiempo debido al calendario académico o compromisos de los involucrados podrían reducir la amplitud del análisis y la implementación de las soluciones propuestas.

1.7. Alcances del proyecto

1. **Diagnóstico Integral:** Realizar un análisis completo del estado actual de los equipos del taller, identificando sus principales áreas de mejora y posibles causas de ineficiencias.
2. **Propuesta de Estrategias de Optimización:** Diseñar soluciones prácticas y escalables que mejoren el desempeño de los equipos, considerando el contexto académico y presupuestario del ITESCAM.
3. **Capacitación Inicial:** Proporcionar capacitación básica al personal o estudiantes en metodologías de mantenimiento preventivo, predictivo y herramientas de mejora continua.
4. **Implementación de Soluciones Piloto:** Ejecutar al menos una estrategia de optimización a pequeña escala, como la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para equipos seleccionados.
5. **Generación de un Modelo de Referencia:** Desarrollar un modelo o metodología que pueda ser replicado en otros talleres académicos o adaptado a diferentes contextos industriales.
6. **Vinculación Académica:** Fomentar la colaboración entre estudiantes, docentes y personal del taller, promoviendo el aprendizaje práctico y el desarrollo de competencias relevantes para la industria.
7. **Propuesta de Mejora Continua:** Documentar las recomendaciones para la implementación de un sistema de mejora continua en el taller, basado en los hallazgos del estudio.

1.8. OBJETIVOS

La Evaluación de los equipos en un taller de máquinas pesadas busca abordar el funcionamiento operacional asociados al mantenimiento y gestión de maquinaria esencial para diversas industrias. Este proyecto pretende establecer un enfoque integral que permita mejorar la eficiencia operativa del taller mediante el análisis del rendimiento actual, la implementación de estrategias de mantenimiento avanzadas y la aplicación de metodologías de mejora continua. A través de un proceso estructurado, se busca no solo reducir tiempos muertos y costos operativos, sino también garantizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.

Con base en esta perspectiva, se plantean los siguientes objetivos que guiarán el desarrollo del estudio.

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar los equipos en el taller de máquinas pesadas mediante la implementación de estrategias técnicas y de gestión que permitan mejorar su rendimiento, reducir tiempos muertos, minimizar costos de mantenimiento.

1.8.2 OBJETIVO ESPECIFICO

1. Evaluar el estado actual de los equipos y procesos del taller:

- Realizar un diagnóstico técnico y funcional de los equipos en uso.
- Identificar los principales problemas operativos y sus impactos en la productividad del taller.

2. Implementar estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo:

- Diseñar un plan de mantenimiento adaptado a las necesidades específicas del taller.
- Integrar herramientas tecnológicas como sensores IoT y software de monitoreo para anticipar fallas.

3. Aplicar metodologías de mejora continua para optimizar procesos:

- Utilizar herramientas como Six Sigma y Lean Management para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa.
- Analizar los tiempos de reparación y procesos relacionados para identificar cuellos de botella.

4. Diseñar e implementar un sistema de control para la gestión de equipos:

- Crear protocolos para documentar y monitorear el estado de los equipos y las actividades de mantenimiento.
- Capacitar al personal del taller en el uso de nuevas tecnologías y estrategias de optimización.

5. Evaluar los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras:

- Comparar los indicadores clave antes y después del proyecto para medir el impacto real.
- Proponer mejoras adicionales basadas en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

2.1 MATERIALES Y MÉTODOS.

Método

El método principal para utilizar es cuantitativo y analítico, dado que el enfoque del proyecto es medir, analizar y optimizar los procesos del taller de máquinas pesadas. Sin embargo, también se incorporará un enfoque cualitativo para evaluar factores subjetivos como la percepción del personal sobre las mejoras propuestas y la satisfacción del cliente.

Metodología

La metodología seguirá un enfoque estructurado basado en las siguientes etapas:

1. **Recolección de Información Inicial (Definir):** Identificar problemas actuales en los equipos y procesos del taller.

Acciones:

- Información sobre los inventarios
- Analizar registros históricos de mantenimiento y reparaciones.
- Identificar los requerimientos específicos de los clientes.

Medición (Medir): Obtener datos cuantitativos sobre el rendimiento actual de los equipos y los procesos.

Acciones:

- Medir indicadores clave como Tiempo medio entre fallos (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR) y la tasa de disponibilidad.
- Recolectar datos operativos mediante herramientas de monitoreo

Herramientas: Hojas de recolección de datos, histogramas, gráficos de control.

2. **Análisis (Analizar):** Identificar causas raíz de los problemas detectados.

Acciones:

- Aplicar análisis de Pareto para priorizar problemas críticos.
- Utilizar diagramas de Ishikawa (causa-efecto) para identificar factores clave.
- Evaluar la eficiencia de los procesos mediante herramientas Six Sigma.

Herramientas: Análisis estadístico, diagramas causa-efecto.

3. **Propuesta e Implementación de Soluciones (Mejorar):**

Objetivo: Diseñar e implementar estrategias que optimicen los equipos y procesos.

Acciones:

- Probar soluciones mediante pilotos (e.g., nuevos procedimientos de mantenimiento).
- Implementar metodologías de mejora continua como Lean y Six Sigma.

Herramientas: Diseño de experimentos (DOE), pruebas piloto, simulaciones.

4. Monitoreo y Evaluación (Control):

Objetivo: Asegurar la sostenibilidad de las mejoras realizadas.

Acciones:

- Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real.
- Evaluar los resultados mediante KPIs establecidos previamente.

Herramientas: Gráficas de control, auditorías periódicas.

5. Recolección de Datos

Fuentes de Datos Primarias:

- Observación directa de las operaciones en el taller.
- Encuestas y entrevistas al personal técnico y administrativo.
- Registros de mantenimiento e inventarios.

Fuentes de Datos Secundarias:

- Informes y documentación histórica del taller.
- Estudios previos relacionados con la gestión y mantenimiento de maquinaria pesada.
- Bases de datos internas y externas sobre mantenimiento industrial.

Herramientas para la Recolección de Datos:

- Formularios de observación y hojas de registro.
- Software de gestión de mantenimiento (CMMS)

6. Análisis de Datos

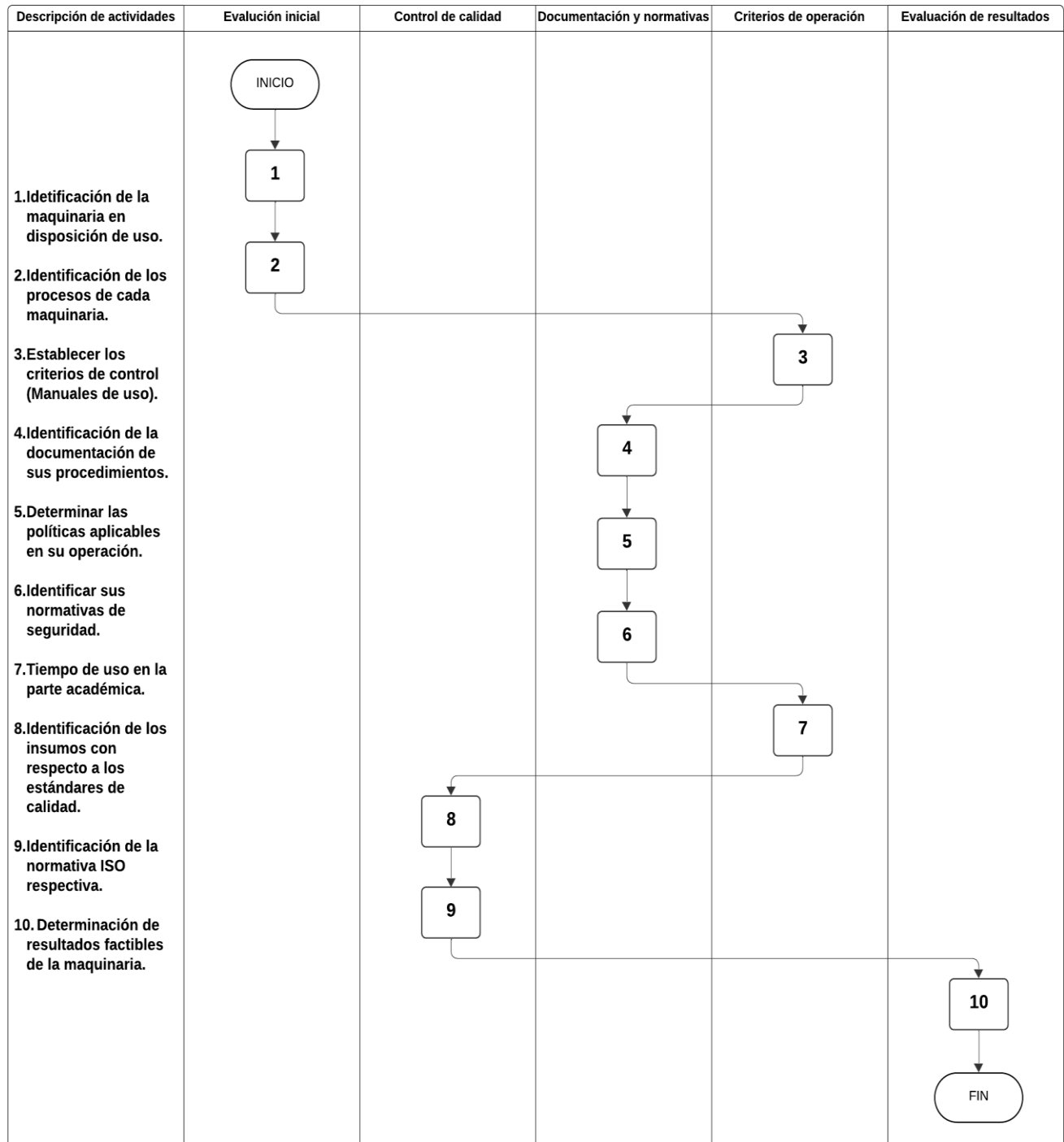
Técnicas Cuantitativas:

- Análisis estadístico descriptivo para evaluar el estado actual de los equipos.
- Análisis de correlación para identificar relaciones entre variables clave.
- Aplicación de Six Sigma para reducir la variabilidad y optimizar procesos.

Técnicas Cualitativas:

- Observación directa para identificar patrones en el comportamiento operativo.

Tabla 2.1. Etapas del proyecto



Fuente: elaboración propia

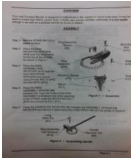
CAPÍTULO III

3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1.1 Resultados.

Inventario actual: Se realizó un levantamiento de información para identificar con lo que se cuenta en las máquinas pesadas registradas en el ITESCAM. Durante el análisis, se recopilaron datos que incluye lo siguiente

Tabla 2.2. Máquinas pesadas

MÁQUINAS PESADAS										
NOMBRE	IMAGEN	FOLIO	MARCA	DESCRIPCIÓN	SERIE	CANTIDAD	OBSERVACIONES	UBICACIÓN	WATSS REQUERIDO	MANUAL TÉCNICO
Cizalla dobladora		E0285	Metal	Corta y dobla metales	39546	1	No está instalado	Área de trabajo del taller		
Dobladora		E0284	Compact Bender	Sirve para doblar metales	53484	1	Las piezas están dentro del almacén	Área de trabajo del taller	NA	
Fresadora		E0278	OTMT	Desbasta material en los ejes X, Y, Z.	NA	2	A los 2 les hace falta mantenimiento correctivo.	Área de trabajo del taller		
Prensa hidráulica		E0061	Carver	Funciona con aire comprimido	0613J679	1	Es del Dr Alejandro Ortíz	Área de trabajo del taller		
Sierra cinta		E0281	Jet	Corta metal, madera y plástico	3966441	1	Se le dio mantenimiento preventivo	Área de trabajo del taller		
Soldadora		E0283	Infra	Utilizado para soldadura con electrodo	88889	1	Se inspeccionó el funcionamiento	Área de trabajo del taller		
Soldadora		E0282	Ramiro	Utilizado para soldadura con electrodo	88888		Es del Dr Raúl Santos y no tiene cables	Área de trabajo del taller		

Taladro radial		E0273	Metal	Utilizado para barrenar metales, plásticos y madera.	11122	1	Le falta mantenimiento correctivo. No funciona botón de encendido.	Área de trabajo del taller		
Tornillos de banco profesionales		E0286	Tornillos hijos	Utilizado para sujetar piezas a trabajar	49741 49742	3	En buenas condiciones	Área de trabajo del taller	NA	
Torno 1		E0272	Takoma	Uso mecánico. Es de 16" X 40"	866-C6241	1	Se le dio mantenimiento preventivo. Le hace falta mantenimiento correctivo	Área de trabajo del taller		
Torno 2		E0274	Jet	Uso mecánico	12052150 12052158 12052155 12031975	4	Él maestro Lázaro del ITSSY, dio mantenimiento correctivo a uno, y es el único que está en condiciones de uso.	Área de trabajo del taller		
Troqueladora			Mc.LANE		1160065					
Punteadora			RAYOMEX		2690					
Sierra cinta			NA			1				

Fuente: elaboración propia

En la imagen anterior se puede visualizar todas las maquinas con las que se cuenta en el laboratorio de máquinas pesadas, así mismo se encuentra sus características, su uso, y sus cantidades.

Tabla 2.3. Materia prima

MATERIA PRIMA						
NOMBRE	IMAGEN	FOLIO	DESCRIPCIÓN	SIRE	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Angular de 1-1/2" x 3/16"		M0162	Metal ferroso		4	
Angular de 1" x 1/8"		M0161	Metal ferroso		12	6 m de longitud cada uno
Banda de repuesto 3/8" x 28"		M0118	Para el torno JET		0	
Barra circular de acero de 1"		M0168	Metal ferroso		0	
Barra circular de acero de 5/8"		M0169	Metal ferroso		0	
Barra circular de acero inoxidable de 1"		M0170	Metal ferroso		3	2.10 m de longitud
Barra circular de aluminio de 1"		M0171	Metal no férreo		0	3.04 m de longitud
Barra cuadrada de acero de 5/8" x 5/8"		M0181	Metal ferroso		1	4.21 m de longitud
Barra cuadrada de acero inoxidable de 1" x 1"		M0175	Metal ferroso		1	3.64 m de longitud
Barra cuadrada de aluminio de 1" x 1"		M0182	Metal no férreo		1	3.47 m de longitud
Disco de diamante de borde continuo de 7"		M0129	QEP		1	Para cortar en húmedo losetas de cerámica, porcelana y mármol
Disco para corte de metal de 4 1/2" x 1/25"		M0127	Oronco		2	2 están usados
Disco para corte de metal de 14"		M0125	Austronox		4	nuevos
Disco para desbaste de metal de 4 1/2" x 1/4" x 7/8"		M0128	Oronco		2	4 están usados
Electrodo 6013		M0119	Para soldar metal		10 Kg	
Encendedor		M0117	Cartucho intercambiable		0	Se gastó el tanqueto de gas
Estafío para soldar		M0143	Para electrónica		0 rollo	Se usó para recuentos del aniversario de nuestro instituto
Uja de 1000		M0135	FANDELI		0	
Uja de 220		M0132	FANDELI		0	
Uja de 180		M0133	FANDELI		0	
Uja de 600		M0134	FANDELI		0	
Nylacero de 3"					5	5 de 62 cm de longitud
Nylacero de 1 1/2"		M0147	Barra circular plástica		1	1 de 61 cm y 1 de 36 cm de longitud
Nylacero de 1 1/4"			Barra circular plástica		3	1 en uso
Nylacero de 1"		M0149	Barra circular plástica		4	2 de 61 cm y 1 de 27 cm de longitud
Nylacero de 2"		M0144	Barra circular plástica		1	1 de 36 cm de longitud
Nylacero de 3/4"		M0150	Barra circular plástica		2	2 de 61 cm y 1 de 47 cm de longitud
Pasta para soldar		M0137	Para electrónica		0	
Placa de aluminio de 1/2" x 3" x 5-3/4"		M0151	Metal no férreo		7	Habían 20, 10 se le entregó al Ing. Gustavo Serrano
PFR de 1" x 1"		M0188	Metal ferroso		0	
Solera de 1" x 1/8"		M0152	Metal ferroso		9	6 m de longitud
Solera de 3/4" x 1/4"		M0153	Metal ferroso		0	
Solera de acero de 2-1/2" x 1/4"		M0154	Metal ferroso		0	
Solera de acero inoxidable de 2-1/2" x 1/4"		M0156	Metal ferroso		2	2.83 m de longitud
Solera de aluminio de 1-1/2" x 3/8"		M0158	Metal no férreo		1	1 de 3.42 m de longitud
Solera de aluminio de 2-1/2" x 1/4"		M0157	Metal no férreo		2	2 de 3.66 m de longitud
Solera de aluminio de 4" x 1/8"		M0159	Metal no férreo		0	
Tubo de aluminio de 3/4"		M0155	Metal no férreo		6	5 de 1 m y 1 de 57 cm
Tubo de cobre de 1/2"		M0190	Metal no férreo		0	2 de 2.99 m y 1 de 2.03 m de longitud
Tubo de cobre de 3/4"		M0189	Metal no férreo		0	6 m de longitud

En las máquinas pesadas también se hizo el inventario de materia prima, ya que es fundamental en la gestión de operaciones y producción, porque asegura la disposición de los materiales necesarios para cuando se usen las máquinas y sus principales funciones incluyen:

- Garantizar la Continuidad del uso de máquinas, porque proporciona los insumos básicos para que funcionen de manera continua.
- Reducir el Riesgo de paros: actúa como un colchón frente a variaciones en la demanda o retrasos en el suministro de proveedores.
- Mejorar la Planificación y la Programación: Permite planificar el uso de máquinas que cuenten con sus insumos para que sea más eficiente al contar con los materiales necesarios en los momentos adecuados.

3.2. ESTADO ACTUAL DE LAS MAQUINAS

3.2.1. MAQUINARIA CNC

Las máquinas CNC (Control Numérico por Computadora) son herramientas automatizadas controladas mediante una computadora que ejecutan comandos preprogramados para realizar tareas de fabricación con alta precisión y repetibilidad, CNC significa "Control Numérico por Computadora" y se refiere a un sistema de automatización que controla herramientas de corte, perforación, fresado, torneado, entre otras, a través de códigos de programación. Estas máquinas son esenciales en la fabricación moderna por su eficiencia y precisión.



Fuente: propia

Figura 2.1. Máquina de desgaste CNC.



Fuente: propia

Figura 2.2. Sistema de control de la máquina



Fuente: propia

Figura 2.3. Prueba del correcto funcionamiento

Las máquinas CNC tienen características que las hacen esenciales para la fabricación moderna. A continuación, te detallamos las principales:

Automatización

Operan de manera automática siguiendo instrucciones preprogramadas (como G-code y M-code).

Requieren mínima intervención humana durante su operación, lo que mejora la eficiencia y seguridad.

Alta precisión y repetibilidad

Capaces de trabajar con tolerancias extremadamente pequeñas (en micrones).

Producen piezas idénticas, incluso en lotes grandes, gracias a la repetibilidad de los movimientos.

Versatilidad

Pueden trabajar con una amplia gama de materiales: metales, plásticos, madera, cerámica, y más.

Realizamos múltiples operaciones: fresado, torneado, perforado, corte, grabado, etc.

Interfaz controlada por computadora

Utilizan software CAD/CAM para diseñar piezas y generar códigos de programación.

Los programas pueden almacenarse y reutilizarse, ahorrando tiempo en la producción.

Movimiento controlado en múltiples ejes

Trabajan en ejes lineales (X, Y, Z) y, en algunos casos, también en ejes rotativos (A, B, C).

El mantenimiento de una máquina CNC es crucial para garantizar su rendimiento óptimo, prolongar su vida útil y minimizar el tiempo de inactividad.

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo

Objetivo: Evitar fallos antes de que ocurran. Implica inspecciones regulares y limpieza.

Frecuencia: Diaria, semanal, mensual o anual, según las tareas.

Mantenimiento correctivo

Objetivo: Reparar fallas o problemas que ya se han presentado.

Ejemplo: Sustitución de componentes desgastados o reparación del husillo.

Mantenimiento predictivo

Objetivo: Monitorear el estado de los componentes usando herramientas avanzadas (como sensores) para predecir fallos antes de que ocurran.

Ejemplo: Uso de análisis de vibraciones o monitoreo de temperatura.

Tareas de Mantenimiento Preventivo

Tareas diarias

Limpieza de virutas y residuos:

- Retira virutas del área de trabajo y el husillo.
- Utilice aire comprimido o cepillos suaves.

Verificación del sistema de refrigeración:

- Revise los niveles de lubricante y líquido refrigerante.
- Inspección de posibles fugas.

Revisión de herramientas:

- Asegúrese de que las herramientas estén bien sujetas y sin desgaste excesivo.

Tareas semanales

Revisión de guías lineales y rieles:

- Limpie las guías y aplique lubricante si es necesario.

Inspección de la mesa de trabajo:

- Verifique que esté nivelada y sin daños.

Revisión de cables y conexiones:

- Compruebe que no haya cables sueltos o desgastados.

Tareas mensuales

- Revisión del husillo:
- Escuche ruidos inusuales que puedan indicar desgaste.
- Verifique la alineación y el estado del rodamiento.
- Inspección de los tornillos de bola:
- Asegúrese de que no haya acumulación de polvo o virutas.
- Lubrica según las especificaciones del fabricante.
- Pruebas de calibración:
- Utilice herramientas de medición para verificar la precisión de los ejes.

Tareas anuales

- Revisión general de componentes mecánicos:
- Inspecciona engranajes, rodamientos, y otros elementos de transmisión.
- Verificación del controlador CNC:
- Realiza pruebas de software y hardware para asegurarte de que el sistema funcione correctamente.
- Limpieza profunda:
- Limpie completamente todas las partes internas y externas de la máquina.

Herramientas y Productos Comunes para el Mantenimiento

Lubricantes específicos (basados en las especificaciones del fabricante).

Líquido refrigerante.

Aire comprimido.

Cepillos y trapos no abrasivos.

Herramientas de calibración (como micrómetros y comparadores).

Signos de Problemas Comunes

Ruidos anormales: Pueden indicar desgaste en el husillo o en los rodamientos.

Vibraciones: Señal de guías desalineadas o problemas con los motores.

Pérdida de precisión: Podría ser por descalibración de los ejes o desgaste en los tornillos de bola.

Sobrecalentamiento: Indica problemas en el sistema de refrigeración o motores.

Consejos adicionales

Registra el mantenimiento: Lleva un historial de las tareas realizadas para facilitar futuras intervenciones.

Capacitación del personal: Asegúrese de que los operadores sepan cómo realizar el mantenimiento básico.

3.2.2. TORNO INDUSTRIAL

Un torno industrial es una máquina herramienta diseñada para dar forma a materiales sólidos mediante un proceso de mecanizado en el que la pieza de trabajo gira alrededor de un eje, mientras una herramienta de corte se desplaza para remover material. Este equipo es ampliamente utilizado en la industria fabricante y mecánica para fabricar piezas cilíndricas, cónicas, esféricas y otros perfiles geométricos.



Fuente: propia

Figura 2.4. Torno Industrial.



Fuente: propia

Figura 2.5. Mango del torno

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL TORNO INDUSTRIAL.

- Principio de operación: La pieza de trabajo (generalmente un bloque cilíndrico o prismático) se fija en el torno y gira a alta velocidad. Una

herramienta de corte, fijada en el carro de la máquina, entra en contacto con la pieza y elimina material en forma de virutas.

- Versatilidad: Permite realizar varias operaciones como cilindrado, roscado, taladrado, refrentado, ranurado y pulido.
- Tipos de materiales trabajados: Metales (como acero, aluminio, cobre), plásticos, maderas y otros materiales sólidos.

PARTES PRINCIPALES

- Chasis o cama: Soporte estructural donde están montados todos los componentes.
- Cabezal fijo: Contiene el motor y los mecanismos para hacer girar la pieza.
- Contrapunto: Da soporte a la pieza desde el extremo opuesto del cabezal fijo.
- Carro longitudinal: Sostiene y desplaza la herramienta de corte.
- Plato o mandril: Dispositivo de sujeción que sostiene la pieza de trabajo.

El mantenimiento de un torno industrial debe realizarse de manera regular para garantizar su eficiencia, precisión, seguridad y vida útil prolongada, la frecuencia del mantenimiento depende del uso y del entorno de trabajo, pero se puede dividir en mantenimiento diario, periódico preventivo y correctivo.

MANTENIMIENTO DIARIO O RUTINARIO.

Al inicio y al final de cada jornada de trabajo.

Razones:

- Prevenir la acumulación de suciedad o virutas que puedan dañar los componentes.
- Detectar pequeños problemas antes de que se conviertan en fallas mayores.
- Tareas comunes:
 - Limpiar virutas y residuos acumulados en la máquina.
 - Revisar y rellenar los niveles de lubricante o aceite en guías y mecanismos.
 - Inspeccionar correas, cables y conexiones eléctricas para detectar desgaste o daños.
 - Verifique la alineación de piezas móviles.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cada 1 a 6 meses, según el nivel de uso y las recomendaciones del fabricante.

Razones:

- Evitar paradas inesperadas debido a fallas.

- Asegúrese de que la máquina funcione con precisión.
- Prolongar la vida útil de los componentes clave.
- Tareas comunes:
- Sustituir o rellenar lubricantes en husillos, cojinetes y guías.
- Ajustar y apretar tornillos, tuercas y pernos.
- Comprobar el estado del mandril, correas y poleas.
- Revisar el sistema eléctrico, motores y sensores en tornos CNC.
- Calibrar las herramientas de corte para mantener la precisión del mecanizado.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Solo cuando se detectan fallas o anomalías.

Razones:

- Reparar componentes dañados para restaurar el funcionamiento de la máquina.
- Evitar daños más graves o incluso accidentes de trabajo.
- Tareas comunes:
- Reemplazo de piezas desgastadas o rotas (cojinetes, engranajes, etc.).
- Reparación o actualización de sistemas eléctricos o electrónicos.
- Ajuste o alineación de partes críticas.

FALLAS EN UN TORNO INDUSTRIAL PUEDEN OCURRIR DEBIDO:

1 Vibraciones excesivas

Causas: Herramienta de corte desafilada o mal ajustada, pieza de trabajo mal fijada, desgaste en cojinetes o guías.

Consecuencias: Superficies mal acabadas, mayor desgaste de la máquina.

Solución: Reafilar o reemplazar herramientas, verifique la sujeción y alineación de la pieza e Inspeccionar y reemplazar cojinetes si es necesario.

2 Pérdida de precisión

Causas: Desgaste en las guías o tornillos de avance, mala alineación del cabezal o contrapunto, falta de lubricación en los sistemas de movimiento.

Consecuencias: Dimensiones fuera de tolerancia, producción de piezas defectuosas.

Solución: Ajustar y calibrar la máquina, lubricar y revisar componentes desgastados.

3 Sobrecalentamiento

Causas: Lubricación insuficiente en husillos y cojinetes, mal funcionamiento del sistema de refrigeración, uso prolongado sin pausas.

Consecuencias: Daño a componentes mecánicos y eléctricos.

Solución: Revisar niveles de lubricante y refrigerante, limpiar y reparar conductos o bombas del sistema de refrigeración.

4 Desgaste prematuro de herramientas de corte

Causas: Selección inadecuada de la herramienta para el material, velocidades y avances incorrectos, mala refrigeración durante el mecanizado.

Consecuencias: Mal acabado superficial, falla en la operación de corte.

Solución: Usar herramientas adecuadas para el material.

3.2.3. TALADRO DE RADIAL

Un taladro de banco es una máquina diseñada para realizar perforaciones precisas en diversos materiales, como metal, madera, plástico, entre otros, se llama "de banco" porque está montado sobre una base fija que generalmente se coloca en un banco de trabajo



Fuente: propia

Figura 2.6. Taladro Radial.



Fuente: propia

Figura 2.7. Voltaje del taladro

PARTES PRINCIPALES DE UN TALADRO DE BANCO

- Base: Proporciona estabilidad a la máquina y suele fijarse al banco de trabajo.
- Columna o mástil: Barra vertical que sostiene el resto de los componentes y permite ajustar la altura del cabezal.
- Cabezal: Contiene el motor, el husillo y el portabrocas, que es donde se fija la broca.
- Portabrocas: Dispositivo que sujeta la broca de forma segura.
- Mesa de trabajo: Superficie ajustable donde se coloca la pieza que se va a perforar.
- Manivela de avance: Controla el descenso y la subida del husillo, permitiendo perforar con precisión.
- Motor: Proporciona la energía para hacer girar la broca.

CARACTERÍSTICAS DEL TALADRO DE BANCO

- Precisión: Permite realizar perforaciones exactas y repetitivas gracias a su diseño fijo.
- Versatilidad: Puede usarse con diferentes tipos y tamaños de brocas para adaptarse a una variedad de materiales.
- Ajustabilidad: La mesa de trabajo y el cabezal suelen ser ajustables para facilitar perforaciones en distintos ángulos y alturas.
- Estabilidad: Gracias a su construcción robusta y su base fija, reduce las vibraciones durante la operación.
- Usos comunes
- Perforación de materiales sólidos: Creación de agujeros en madera, metal, plástico, entre otros.
- Avellanado: Realización de entradas cónicas en agujeros para alojar tornillos.
- Escariado: Ampliación de agujeros para mejorar su precisión.
- Roscado: Creación de roscas internas utilizando machuelos.

VENTAJAS DEL TALADRO DE BANCO

- Mayor control y precisión: A diferencia de los taladros manuales, permite perforaciones más exactas.
- Fácil operación: Ideal para principiantes y profesionales.
- Durabilidad: Construido para soportar trabajos continuos y exigentes.
- Seguridad: Generalmente incluye protectores para evitar accidentes.
- El mantenimiento de un taladro de banco es esencial para garantizar su buen funcionamiento, seguridad y vida útil prolongada, el mantenimiento del taladro de banco no solo mejora el rendimiento de la máquina, sino que

también protege al operador, ahorra recursos y asegura resultados consistentes.

MANTENIMIENTO DIARIO

Después de cada uso.

Objetivo: Mantener la máquina limpia y operativa.

Actividades:

- Retira el polvo y las virutas acumuladas en la base, mesa de trabajo, columna y portabrocas, utilice un paño limpio y seco o un soplador de aire para zonas difíciles de alcanzar.
- Lubricación ligera: Aplique lubricante en el husillo y las guías de movimiento si es necesario.
- Revisión visual: Verifique que no haya daños visibles en las correas, el portabrocas o la estructura y asegúrese de que la broca esté correctamente fijada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cada 1 a 3 meses, dependiendo del uso.

Objetivo: Prevenir el desgaste prematuro y asegurar el rendimiento óptimo.

Actividades

- Inspección del motor, limpie las entradas de ventilación del motor para evitar sobrecalentamiento, verifique que no haya ruidos anormales durante el funcionamiento.
- Lubricación completa: Aplique grasa o aceite en los puntos de movimiento como guías de la columna, husillo y articulaciones de la mesa.
- Revisión del portabrocas: Limpia y engrasa las mordazas internas. Asegúrese de que funcione sin obstrucciones.
- Alineación de la mesa de trabajo: Comprueba que la mesa esté nivelada.

UN TALADRO RADIAL PUEDE PRESENTAR DIVERSAS FALLAS COMUNES DEBIDO:

- 1) Vibraciones excesivas durante la operación

Causas: Broca desafilada o mal ajustada, pérdida de alineación en el portabrocas o la mesa de trabajo, base de la máquina mal nivelada.

Consecuencias: Mal acabado en los agujeros, daño a las brocas o componentes de la máquina.

Solución: Afila o reemplaza la broca, revisa y ajusta el portabrocas y la alineación de la mesa y asegúrese de que la base esté nivelada y bien fijada.

2) Pérdida de potencia en el motor

Causas: Motor sucio o sobrecalentado, conexiones eléctricas flojas o dañadas.

Consecuencias: Reducción en la velocidad de perforación, riesgo de daños permanentes al motor.

Solución: Ajusta o reemplaza las correas, limpie las entradas de ventilación del motor, revisa y ajusta las conexiones eléctricas.

3) Desgaste rápido de las brocas

Causas: Uso de brocas inadecuadas para el material, velocidad o presión de avance incorrecta, falta de refrigeración durante la perforación.

Consecuencias: Incremento en los costos de herramientas, mal acabado de los agujeros.

Solución: Utilice brocas adecuadas para el material, ajusta la velocidad y presión según las especificaciones del trabajo, utilice líquido refrigerante para reducir el sobrecalentamiento.

4) Broca se atasca o no perfora correctamente

Causas: Mala fijación de la broca en el portabrocas, material de trabajo demasiado duro o mal sujeto, acumulación de residuos en la broca.

Consecuencias: Daños en la broca o el portabrocas, riesgo de accidentes.

Solución: Ajusta correctamente la broca en el portabrocas, usa brocas diseñadas para materiales más duros, limpia los residuos acumulados con frecuencia.

5) La mesa de trabajo no se mantiene firme

Causas: Pernos de ajuste flojos o desgastados, desgaste en el mecanismo de sujeción.

Consecuencias: Perforaciones imprecisas, movimiento no deseado durante la operación.

Solución: Ajusta o reemplaza los pernos y el mecanismo de sujeción.

6) El portabrocas se afloja durante el trabajo

Causas: Portabrocas desgastadas o mal instaladas, vibraciones excesivas.

Consecuencias: Riesgo de que la broca se suelte, daño a la pieza de trabajo o al operador.

Solución: Revisa y ajusta el portabrocas. Si está desgastado, reemplázalo, reduzca las vibraciones ajustando las demás partes.

7) El taladro no enciende

Causas: Problemas eléctricos, como interruptores dañados o cables sueltos, fusible quemado, motor averiado.

Consecuencias: Interrupción en el trabajo, posible daño al sistema eléctrico.

Solución: Verifique el cableado y los interruptores, sustituya el fusible o consulte a un técnico para revisar el motor.

8) Ruido anormal en el funcionamiento

Causas: Falta de lubricación en las partes móviles, componentes sueltos.

Consecuencias: Mayor desgaste de la máquina, riesgo de fallas graves.

Solución: Lubrica las partes móviles según las especificaciones del fabricante, ajusta o reemplaza correas y poleas.

3.2.4. PUNTEADORA MÉCANICA INDUSTRIAL

Es una máquina utilizada principalmente en procesos de soldadura para unir piezas de metal mediante puntos de soldadura. Este equipo es común en aplicaciones industriales, especialmente en la fabricación de productos metálicos, automóviles, electrodomésticos y estructuras metálicas.



Fuente: propia

Figura 2.8. Punteadora mecánica industrial.



Fuente: propia

Figura 2.9. Ficha técnica de la punteadora mecánica industrial.

LAS PARTES PRINCIPALES DE UNA PUNTEADORA MECÁNICA INDUSTRIAL SUELEN SER LAS SIGUIENTES:

- Transformador

Convierte la corriente eléctrica de alto voltaje en un voltaje bajo con una intensidad de corriente alta, necesaria para la soldadura por resistencia.

- Electrodo

Están hechos de materiales conductores como cobre o sus aleaciones.

Aplican presión y transmiten la corriente eléctrica al punto de unión.

Su forma y tamaño varían según la aplicación y el tipo de trabajo.

- Brazo o Cuerpo de la Máquina

Estructura metálica que soporta los electrodos y el sistema mecánico.

Puede ser ajustable para adaptarse a diferentes tamaños y formas de trabajo.

Sistema de Presión (Neumático, Hidráulico o Mecánico)

Aplique presión entre las piezas a una unidad a través de los electrodos.

Puede ser activado por pedales, palancas o sistemas automatizados.

- Unidad de Control Eléctrico

Regule el tiempo, la corriente y la presión necesarias para el proceso de soldadura.

Puede incluir pantallas digitales o controladores programables en equipos modernos.

- Sistema de Enfriamiento

Generalmente es un circuito de agua o aire para evitar el sobrecalentamiento del transformador y los electrodos.

Prolonga la vida útil de los componentes.

- Interruptor de activación

Puede ser un pedal, botón o sensor, que activa la operación de soldadura.

Permite un control preciso del inicio y fin del ciclo de soldadura.

LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA PUNTEADORA MECÁNICA INDUSTRIAL ESTÁN DISEÑADAS PARA GARANTIZAR EFICIENCIA, PRECISIÓN Y DURABILIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA.

Tipo de soldadura

- Soldadura por resistencia: Utiliza corriente eléctrica y presión para unir materiales metálicos sin necesidad de materiales adicionales.
- Puntos de soldadura precisos: Adecuada para uniones localizadas de alta calidad.

Capacidad de Corriente

Genera una corriente de alta intensidad (millas de amperios) y bajo voltaje para fundir el material en el punto de contacto.

Ideal para metales como acero, acero inoxidable y aluminio.

Sistema de Presión Controlada

Aplique la presión adecuada entre los electrodos y las piezas metálicas para asegurar una buena unión.

Puede ser neumático, hidráulico o mecánico.

Velocidad y repetitividad

Capaz de realizar múltiples puntos de soldadura en segundos.

Ideal para aplicaciones de producción en masa.

Regulación de parámetros

Control del tiempo de soldadura, corriente y presión mediante paneles o sistemas programables.

Algunos modelos modernos incluyen control numérico computarizado (CNC).

Versatilidad

Compatible con diferentes tipos de piezas y grosores de metal.

Electrodos intercambiables según el diseño y tipo de soldadura.

Durabilidad y resistencia

Construcción robusta para soportar condiciones industriales exigentes.

Componentes resistentes al desgaste, como electrodos de cobre con aleaciones duraderas.

Sistema de Enfriamiento

Refrigeración por agua o aire para evitar el sobrecalentamiento del transformador y los electrodos, asegurando un funcionamiento continuo.

Facilidad de Operación

Interfaces intuitivas para configuración y uso.

Opciones manuales, semiautomáticas o completamente automáticas.

Seguridad Incorporada

Sistemas de protección contra sobrecargas eléctricas y fallos mecánicos.

Sensores y controles para evitar accidentes durante la operación.

EL MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ES CRUCIAL PARA GARANTIZAR SU RENDIMIENTO, PROLONGAR SU VIDA ÚTIL Y EVITAR FALLOS DURANTE LA PRODUCCIÓN, ESTE MANTENIMIENTO SE DIVIDE EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.

FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO

Diario: Limpieza básica y revisión visual.

Semanal: Comprobación del sistema de presión y conexiones eléctricas.

Mensual: Inspección detallada de electrodos, transformador y sistema de enfriamiento.

Anual: Mantenimiento integral, incluyendo desmontaje parcial para inspección de componentes internos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Se realiza de forma periódica para evitar averías y garantizar un funcionamiento óptimo.
- Revisión de Electrodo
- Limpieza regular para eliminar restos de material fundido.
- Sustitución de electrodos desgastados para asegurar un buen contacto eléctrico.
- Sistema de Refrigeración
- Verifique el nivel y flujo del agua o aire en el sistema de enfriamiento.
- Limpiar los conductos para evitar obstrucciones.
- Inspección del Transformador
- Revisar conexiones eléctricas y el aislamiento del transformador.
- Asegúrese de que no haya sobrecalentamiento ni vibraciones inusuales.
- Sistema de Presión
- Inspeccionar cilindros neumáticos o hidráulicos para detectar fugas.
- Lubrique los componentes mecánicos móviles según las recomendaciones del fabricante.
- Limpieza general
- Retire la suciedad, el polvo y las partículas metálicas de la máquina.
- Mantenga limpia la base de trabajo y las superficies de contacto.
- Revisión de Conexiones Eléctricas
- Comprobar que los cables no presentan desgaste o conexiones sueltas.
- Verifique la correcta puesta a tierra para evitar riesgos eléctricos.
- Comprobación de parámetros
- Revisar y calibrar los tiempos de soldadura, la corriente y la presión.
- Asegúrese de que el software de control funcione correctamente (si aplica).

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Se realiza cuando ocurre un fallo o se detectan problemas específicos.
- Reemplazo de componentes
- Cambiar electrodos, conectores, fusibles, válvulas o piezas dañadas.
- Reparación del Sistema Hidráulico o Neumático
- Detectar y reparar fugas, grietas o fallos en los pistones y sellos.
- Reparación del Transformador
- Revisar bobinas y terminales para corregir problemas de sobrecalentamiento o pérdida de potencia.
- Corrección de Problemas en el Sistema de Enfriamiento

- Desobstruir tuberías, reparar bombas o reemplazar componentes del sistema.
- Ajustes Mecánicos
- Corregir desalineaciones en los brazos de los electrodos o componentes móviles.

Recomendaciones adicionales

- Capacitar al personal en la operación y mantenimiento de la máquina.
- Documentar todas las actividades de mantenimiento en un registro.
- Utilice únicamente repuestos originales y siga las especificaciones del fabricante.

LAS FALLAS COMUNES EN UNA PUNTEADORA MECÁNICA INDUSTRIAL SUELEN ESTAR RELACIONADAS CON:

1. Baja Calidad de los Puntos de Soldadura

Causas:

- Desgaste de los electrodos (punta deformada o contaminada).
- Presión insuficiente entre los electrodos y las piezas.
- Corriente de soldadura inadecuada (muy baja o muy alta).
- Mala alineación de los electrodos.
- Superficie metálica con óxido, pintura o grasa.

Soluciones:

- Reemplazar o rectificar los electrodos.
- Ajustar el sistema de presión.
- Verificar y calibrar los parámetros eléctricos.
- Limpiar las superficies de las piezas antes de soldar.

2. Sobrecalentamiento de los Componentes

Causas:

- Mal funcionamiento del sistema de refrigeración (bomba o flujo de agua/aire bloqueado).
- Uso prolongado sin descanso adecuado.
- Cortocircuitos internos en el transformador o conexiones defectuosas.

Soluciones:

- Revisar y limpiar el sistema de enfriamiento.

- Operar la máquina según las especificaciones de carga y tiempos de trabajo.
 - Inspeccionar y reparar el transformador o las conexiones eléctricas.
3. Fugas en el Sistema de Presión (Neumático o Hidráulico)

Causas:

- Desgaste de sellos o juntas.
- Conexiones sueltas o dañadas en las mangueras.
- Baja presión en el sistema neumático o hidráulico.

Soluciones:

- Sustituir juntas y sellos desgastados.
- Verifique y ajuste las conexiones.

Revisar la fuente de presión y asegurar su correcto funcionamiento.

4. Fallos en el Encendido o Activación

Causas:

- Problemas en el interruptor de activación (pedal o botón).
- Fallo en los sensores de seguridad o sistema de control.
- Cortocircuito o desconexión en los cables de alimentación.

Soluciones:

- Inspeccionar y reparar el mecanismo de activación.
- Comprobar el estado de los sensores y controladores.
- Revisar las conexiones eléctricas y reemplazar cables dañados.

5. Electrodo Pegados o Dificultad para Separarlos

Causas:

- Exceso de corriente aplicada, que causa fusión de las piezas.
- Materiales no adecuados para el proceso.
- Mala alineación de los electrodos.

Soluciones:

- Ajustar los parámetros eléctricos, como tiempo y corriente.
- Asegúrese de que las piezas sean aptas para soldadura por resistencia.
- Corregir la alineación de los electrodos.

6. Vibraciones o Ruidos Anormales

Causas:

- Desgaste o desajuste en los componentes mecánicos.
- Transformador suelto o con piezas internas dañadas.
- Electrodo mal colocados.

Soluciones:

- Inspeccionar y ajustar componentes mecánicos y conexiones.
- Verifique el estado del transformador y fije cualquier pieza suelta.
- Asegurar la correcta instalación de los electrodos

7. Cortocircuitos o Fallas Eléctricas

Causas:

- Aislamiento defectuoso en el transformador o cables.
- Sobrecarga en el circuito eléctrico.
- Fusibles o relés quemados.

Soluciones:

- Revisar y reparar el aislamiento.
- Reduzca la carga y ajuste los parámetros eléctricos.
- Sustituir fusibles o relés dañados.

8. Sistema de Control No Responde

Causas:

- Fallo en el controlador electrónico o software.
- Parámetros mal configurados.
- Componentes eléctricos internos dañados.

Soluciones:

- Reiniciar o reprogramar el controlador.
- Inspeccionar y reparar la tarjeta de control.
- Consulte al fabricante para soporte técnico.

3.2.5. TROQUELADORA

Es una máquina diseñada para cortar, perforar, doblar o marcar materiales como papel, cartón, metal, cuero, plástico o tela, utilizando un molde o troquel. Su funcionamiento se basa en la aplicación de fuerza, generalmente mediante presión mecánica o hidráulica, para que el troquel (herramienta de corte) dé forma al material según un diseño específico.



Fuente: propia

Figura 2.10. Troqueladora.

PARTES PRINCIPALES DE UNA TROQUELADORA

Troquel

- Herramienta que realiza el corte o estampado, diseñada específicamente para el trabajo requerido.
- Fabricado generalmente en acero u otro material resistente.

Base de la Mesa de Trabajo

- Soporta el material que será procesado.
- Puede ser fijo o ajustable según el diseño de la troqueladora.

Sistema de Presión o Fuerza

- Proporciona la fuerza necesaria para accionar el troquel sobre el material.
- Tipos: manual, neumático, hidráulico o mecánico.

Estructura

- Chasis de la máquina que sostiene todos los componentes.
- Hecho de materiales resistentes para soportar grandes presiones.

Sistema de alimentación

- Mecanismo que guía o posiciona el material (lámina, cuero, plástico, etc.) en la máquina.
- Puede ser manual o automático.

Ventajas de Usar una Troqueladora

- Precisión: Realiza cortes y moldes uniformes y detallados.
- Eficiencia: Ideal para trabajos repetitivos y en grandes volúmenes.
- Versatilidad: Capaz de trabajar con diversos materiales y formas.
- Durabilidad: Diseñada para soportar largas jornadas de trabajo en entornos industriales.

El mantenimiento de una troqueladora es esencial para asegurar su buen funcionamiento, prolongar su vida útil y garantizar la calidad del trabajo realizado, este mantenimiento incluye acciones preventivas y correctivas que abarcan los sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos de la máquina.

FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO

- Diario: Limpieza básica del troquel, base y componentes externos.
- Verifique que no haya ruidos anormales o bloqueos.
- Semanal: Revisión de lubricación y ajustes menores.
- Inspeccionar alineación y condición de troqueles.
- Mensual: Inspección más profunda del sistema hidráulico, neumático o mecánico.
- Revisión de conexiones eléctricas y del motor.
- Anual: Mantenimiento integral, incluyendo desmontaje parcial para inspección interna y reemplazo de piezas críticas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Se realiza de forma regular para evitar fallas inesperadas.
- Inspección y limpieza
- Troquel: Limpie el troquel después de cada uso para evitar acumulación de material o residuos que puedan afectar el corte.
- Revisar si el filo está desgastado y, si es necesario, afilar o reemplazar.

- Base de la Mesa de Trabajo: Retire la suciedad, los restos de material y lubrique las superficies de contacto para evitar la corrosión.
- Rodillos y guías (si aplica): Limpie regularmente para evitar bloqueos por partículas acumuladas.
- Lubricación
- Aplique lubricante a las partes móviles, como engranajes, ejes y cojinetes.
- Utilice lubricantes recomendados por el fabricante para evitar el desgaste excesivo por fricción.
- Revisión del Sistema de Presión
- Hidráulico: Verificar niveles de aceite, posibles fugas y estado de las válvulas.
- Neumático: Inspeccionar mangueras, válvulas y compresores para asegurarse de que no haya pérdidas de presión.
- Mecánico: Ajustar tornillos y engranajes para evitar desalineaciones.
- Verificación Eléctrica
- Revisar el cableado, interruptores y conexiones para asegurar un suministro eléctrico estable.
- Comprobar el estado del motor eléctrico y sus componentes, como los relés o fusibles.
- Alineación y ajustes
- Inspeccionar la alineación del troquel con respecto a la base de trabajo para evitar cortes irregulares.
- Ajustar los sistemas de alimentación y guías según sea necesario.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Se realiza cuando se detectan fallas específicas.
- Reparación del Troquel
- Rectificar o reemplazar troqueles dañados o desgastados.
- Ajustar la sujeción del troquel para evitar movimientos indeseados.
- Reparación del Sistema Hidráulico o Neumático
- Sustituir mangueras, juntas o cilindros defectuosos.
- Reemplazar el aceite hidráulico si presenta contaminación o deterioro.
- Corrección de Fallos Eléctricos
- Reparar motores eléctricos dañados o reemplazar partes internas como bobinas o carbones.
- Sustituir cables o componentes quemados en el sistema eléctrico.
- Componentes mecánicos
- Sustituir piezas desgastadas como engranajes, ejes o cojinetes.
- Reparar mecanismos de alimentación o sistemas de posicionamiento.
- Recomendaciones adicionales

- Capacitación del personal: Asegúrese de que los operadores sepan detectar problemas básicos y operar la máquina correctamente.
- Uso de repuestos originales: Siempre utilice piezas recomendadas por el fabricante.
- Registro de mantenimiento: Lleva un historial detallado de las inspecciones.

LAS FALLAS COMUNES EN UNA TROQUELADORA PUEDEN DEBERSE AL:

1. Troquel Desgastado o Dañado

Causas:

- Uso prolongado sin mantenimiento adecuado.
- Exceso de presión en el proceso.
- Material de baja calidad o inadecuado para la troqueladora.

Efectos:

- Cortes irregulares o defectuosos.
- Daño físico al troquel, como roturas o deformaciones.

Soluciones:

- Afilar o rectificar el filo del troquel.
- Reemplazar el troquel si el daño es severo.
- Ajustar la presión de trabajo y usar materiales compatibles.

2. Desalinización del Troquel

Causas:

- Montaje incorrecto del troquel.
- Desgaste en guías o soportes de la máquina.

Efectos:

- Piezas troqueladas fuera de posición.
- Corte impreciso o incompleto.

Soluciones:

- Realignar el troquel y asegurarlo correctamente en su posición.
- Inspeccionar y reemplazar guías o componentes desgastados.

3. Ruido o Vibraciones Anormales

Causas:

- Cojinetes, engranajes o componentes internos desgastados.
- Tornillos y piezas sueltas en la estructura de la máquina.

Efectos:

- Reducción de la precisión de corte.
- Daños progresivos en los componentes mecánicos.

Soluciones:

- Ajustar tornillos y fijaciones.
- Sustituir cojinetes, engranajes u otras piezas desgastadas.

4. Problemas en el Sistema de Alimentación

Causas:

- Atascos debido a restos de material.
- Rodillos o guías dañados o desajustados.

Efectos:

- Detenciones frecuentes en el proceso de troquelado.
- Posicionamiento incorrecto de las piezas a troquelar.

Soluciones:

- Limpiar el sistema de alimentación y eliminar cualquier obstrucción.
- Reemplazar rodillos o guías defectuosas y calibrar el sistema.

5. Cortes Incompletas o Irregulares

Causas:

- Presión insuficiente o desajustes en los parámetros de operación.
- Materiales demasiado gruesos o duros para la capacidad de la máquina.

Efectos:

- Producción de piezas defectuosas o incompletas.

Soluciones:

- Ajustar la presión de corte y los parámetros de la máquina.
- Usar materiales dentro de las especificaciones de la troqueladora.

6. Falla en el Motor o Sistema Eléctrico

Causas:

- Sobrecarga eléctrica o cables en mal estado.
- Fusibles quemados o componentes electrónicos dañados.

Efectos:

- La máquina no enciende o se detiene de forma repentina.

Soluciones:

- Revisar y reemplazar cables, fusibles o componentes dañados.
- Asegúrese de que el suministro eléctrico sea estable y dentro del rango adecuado.

7. Atascos del Troquel

Causas:

- Restos de material en el troquel o en las guías.
- Alineación incorrecta entre el troquel y la base de trabajo.

Efectos:

- Detención de la producción y riesgo de daños en el troquel.

Soluciones:

- Limpie el troquel y las guías después de cada uso.
- Revisar la alineación del troquel antes de iniciar el trabajo.

3.2.6. SIERRA CINTA

Es una máquina utilizada para cortar diversos materiales, como madera, metal, plástico, mediante una hoja de sierra continua en forma de cinta sin aleta, esta hoja está montada sobre dos ruedas giratorias que mantienen la tensión y el movimiento constante, permitiendo realizar cortes precisos, uniformes y curvos o rectos, dependiendo de las necesidades.



Fuente: propia

Figura 2.11. Sierra cinta.



Fuente: propia

Figura 2.12. Advertencias de uso.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA SIERRA CINTA

Hoja de sierra

- Una cinta metálica dentada que realiza el corte puede variar en tamaño, material y número de dientes según el uso (madera, metal, etc.).

Ruedas de polea

- Dos ruedas principales (superior e inferior) que sostienen y mueven la cinta, a menudo están recubiertas para reducir el desgaste de la hoja.

Mesa de trabajo

- Superficie plana donde se coloca el material a cortar, generalmente ajustable en inclinación para cortes angulares.

Motor

- Proporciona la potencia para mover la hoja de sierra a través de las ruedas, su potencia varía dependiendo del tamaño y uso de la máquina.

Guías de la Hoja

- Componentes que mantienen la hoja alineada y estable durante el corte, ayudan a reducir la vibración y mejorar la precisión.

Tensores y Ajustadores

- Permiten ajustar la tensión y alineación de la hoja para un funcionamiento óptimo.

VENTAJAS DE UNA SIERRA CINTA

- Versatilidad: Puede cortar diferentes materiales y realizar cortes curvos o rectos.
- Precisión: Ideal para trabajos detallados y cortes limpios.
- Eficiencia: Capaz de realizar cortes continuos en piezas grandes.
- Seguridad: diseñada para minimizar riesgos si se opera correctamente.

El mantenimiento de una sierra cinta es crucial para garantizar su funcionamiento seguro, prolongar su vida útil y mantener la calidad de los cortes, este mantenimiento puede dividirse en preventivo, correctivo y diario.

FRECUENCIA RECOMENDADA

- Diario: Limpieza básica y revisión visual.
- Semanal: Verificación de tensión y alineación de la hoja.
- Mensual: Lubricación y revisión de componentes clave.
- Anual: Mantenimiento integral con inspección detallada de todas las partes.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Se realiza periódicamente para evitar fallas y reducir el desgaste de la máquina.
- Inspección y limpieza

- Hoja de la sierra: Limpiar los restos de material (aserrín, virutas metálicas, etc.) después de cada uso.
- Revisar que la hoja no tenga grietas, desgaste excesivo o dientes doblados.
- Ruedas y poleas: Limpiar las ruedas para evitar la acumulación de polvo o residuos.
- Inspeccionar el recubrimiento de las ruedas y reemplazar si está desgastado.
- Mesa de trabajo: Limpie regularmente para garantizar una superficie estable y precisa.
- Lubricar las guías si la mesa es inclinable.
- Ajustes y tensión
- Tensión de la hoja: Ajustar según las especificaciones del fabricante para evitar deslizamientos o cortes imprecisos.
- Alineación de la hoja: Verifique que la hoja esté centrada en las ruedas y ajustela si está desalineada.
- Lubricación
- Aplique lubricante en los rodamientos, guías de la hoja y otras partes móviles.
- Usar lubricantes recomendados por el fabricante para evitar daños en los componentes.
- Verificación del Sistema Eléctrico o Motor
- Inspeccione cables y conexiones para asegurarse de que no haya cortes o desgaste.
- Verifique el buen funcionamiento del motor y el interruptor de encendido.

MANTENIMIENTO DIARIO

- Revisión Visual: Inspeccionar rápidamente la hoja, la mesa y las ruedas antes de comenzar a trabajar.
- Limpieza Básica: Quitar restos de material acumulado en la hoja y la base.
- Prueba Operativa: Realizar un corte de prueba para confirmar que todo funciona correctamente.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Se da cuenta cuando se detecta una falla específica.
- Cambio de la Hoja de Sierra
- Reemplazar la hoja si está desgastada, rota o tiene dientes dañados.
- Asegúrese de que la nueva hoja sea compatible con la máquina y adecuada para el material a cortar.
- Reparación del Sistema de Transmisión
- Revisar y reemplazar correas desgastadas o flojas.

- Ajustar o sustituir componentes del motor si presenta ruidos anormales o pérdida de potencia.
- Sustitución de Componentes
- Cambie rodamientos, ruedas de polea o guías si están desgastados.
- Reemplazar piezas eléctricas dañadas como interruptores o cables.
- FRECUENCIA RECOMENDADA
- Diario: Limpieza básica y revisión visual.
- Semanal: Verificación de tensión y alineación de la hoja.
- Mensual: Lubricación y revisión de componentes clave.
- Anual: Mantenimiento integral con inspección detallada de todas las partes.
- RECOMENDACIONES ADICIONALES
- Capacitación del Personal: Asegúrese de que los operadores sepan ajustar, limpiar y manejar correctamente la sierra.
- Uso de Piezas Originales: Utiliza hojas y repuestos recomendados por el fabricante.

Las fallas comunes en una cinta de sierra pueden ser el resultado de:

1. La Hoja se Rompe con Frecuencia

Causas:

- Tensión incorrecta (muy alta o baja).
- Mala calidad o desgaste excesivo de la hoja.
- Uso de la hoja para materiales inapropiados.
- Vibraciones o desalineación de las ruedas.

Soluciones:

- Ajustar la tensión de la hoja según las especificaciones del fabricante.
- Usar hojas de buena calidad y adecuadas para el material a cortar.
- Inspeccionar y alinear las ruedas de la máquina.

2. Cortes Desalineados o Irregulares

Causas:

- Hoja desafilada o con dientes dañados.
- Mala alineación de la hoja en las ruedas.
- Sistema de guías de la hoja desgastado o mal ajustado.

Soluciones:

- Reemplazar o afilar la hoja si está desgastada.
- Verifique y ajuste la alineación de la hoja.

- Sustituir o ajustar las guías de la hoja para mayor estabilidad.

3. La Hoja Se Sale de las Ruedas

Causas:

- Tensión inadecuada en la hoja, desgaste o desalineación de las ruedas.
- Movimiento irregular del material durante el corte.

Soluciones:

- Ajustar la tensión de la hoja, realinear las ruedas y verificar el estado de sus recubrimientos.
- Asegúrese de que el material esté correctamente guiado y asegurado durante el corte.

4. La Máquina No Corta Correctamente

Causas:

- Hoja desafilada o con dientes inapropiados para el material.
- Velocidad inadecuada para el tipo de material.
- Baja potencia o falla en el motor.

Soluciones:

- Cambiar o afilar la hoja, ajustar la velocidad de corte según las especificaciones del material.
- Inspeccionar el motor y reparar o reemplazar si es necesario.

5. El Material Se Atasca Durante el Corte

Causas:

- Hoja insuficientemente tensada o desafilada, acumulación de residuos en las guías o en la mesa de trabajo.
- Movimiento incorrecto del operador al guiar el material.

Soluciones:

- Ajustar la tensión y reemplazar la hoja si está desgastada.
- Limpiar las guías y la mesa de trabajo.
- Capacitar al operador para mantener un movimiento constante y adecuado del material.

6. Problemas eléctricos

Causas:

- Sobrecarga o conexiones eléctricas defectuosas.
- Motor en mal estado o quemado.
- Interruptor de encendido/apagado desgastado.

Soluciones:

- Revisar las conexiones eléctricas y reemplazar cables dañados.
- Repare o reemplace el motor si es necesario.
- Cambie el interruptor de encendido si presenta fallos.

7. Sobrecalentamiento

Causas:

- Exceso de trabajo continuo sin pausas, falta de lubricación en las guías y partes móviles.
- Hoja de mala calidad que genera demasiada fricción.

Soluciones:

- Operar la máquina dentro de los intervalos recomendados para evitar el sobrecalentamiento.
- Lubrique regularmente las guías y los rodamientos.
- Use una hoja adecuada y bien afilada para el material.

3.2.7. MÁQUINA DE TALADRO/FRESADORA

Es una herramienta mecánica diseñada para perforar agujeros en diferentes materiales, como metal, madera, plástico o concreto, utilizando una broca rotativa. Su funcionamiento se basa en la rotación de la broca a altas velocidades, que penetra el material mediante fuerza y presión.



Fuente: propia

Figura 2.13. Fresadora/taladro.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA FRESADORA

- Herramienta de corte (Fresa): Es una herramienta rotativa con varios filos de corte.
- Puede tener distintas formas y tamaños según la operación.
- Mesa de trabajo: Superficie donde se fija la pieza a mecanizar.
- Se puede mover en varias direcciones (ejes X, Y y Z).
- Ejes de Movimiento: Determinan la capacidad de la máquina para realizar cortes en diferentes direcciones.
- En general, las fresadoras tienen al menos tres ejes (X, Y, Z), aunque las avanzadas pueden incluir hasta 5 o más.

PARTES PRINCIPALES

- Husillo: Es el componente que gira la fresa, su velocidad puede ajustarse según el material y el tipo de corte.
- Base o estructura.
- Husillo y portafresas.
- Mesa de trabajo.
- Tornillos de ajuste para los ejes.
- Motores eléctricos o sistema hidráulico.
- Sistema de refrigeración (en fresadoras industriales).

APLICACIONES COMUNES

- Fabricación de Moldes y Matrices: Creación de piezas de precisión para herramientas y maquinarias.
- Corte de Ranuras y Engranajes: Creación de espacios específicos para ensamblajes mecánicos.
- Superficies Planas o Inclinadas: Mecanizado de piezas planas o con ángulos específicos.
- Perforaciones: Realización de agujeros precisos en distintos materiales.
- Modelado y Prototipos: Producción de formas complejas en diseño industrial o ingeniería.

VENTAJAS DE LAS FRESADORAS

- Versatilidad: Capacidades de realizar múltiples operaciones con una sola máquina.

- Precisión: Ideal para trabajos que requieren altos estándares de calidad.
- Adaptabilidad: Puede trabajar con una amplia variedad de materiales.
- El mantenimiento de una fresadora es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente, prolongar su vida útil y prevenir fallas.

MANTENIMIENTO DIARIO

- Estas son tareas rápidas que deben realizarse antes o después de usar la fresadora.
- Limpieza básica
- Retirar virutas y restos de material de la mesa, husillo y herramientas.
- Limpiar el sistema de sujeción (mordazas, soportes).
- Inspección visual
- Revisar el estado de las herramientas (fresas) para asegurarse de que no estén desgastadas o dañadas.
- Comprobar que no haya fugas de aceite o refrigerante.
- Prueba operativa
- Realice un corte de prueba para confirmar que la máquina funciona correctamente.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Este tipo de mantenimiento se realiza de manera periódica para evitar problemas mayores.
- Limpieza de la máquina: Retirar virutas, polvo y residuos de material después de cada uso.
- Prestar especial atención a la mesa, guías y husillo.
- Filtro del Sistema de Refrigeración: Limpiar o reemplazar los filtros según las indicaciones del fabricante.
- Lubricación
- Guías y tornillos: Aplique lubricante en las guías lineales y tornillos de avance para evitar fricción y desgaste.
- Usar lubricantes específicos recomendados por el fabricante.
- Husillo: Verifique y lubrique el husillo si es necesario, para garantizar una rotación suave.
- Verificación de ajustes
- Alineación de la Mesa: Comprobar regularmente que la mesa esté perfectamente alineada y nivelada.
- Tensión de correas y poleas: Inspeccionar las correas de transmisión y ajustarlas si están flojas.

- Sistema Eléctrico
- Inspeccionar los cables, conectores y paneles de control para detectar signos de desgaste o daño.
- Limpiar y revisar los contactos eléctricos para evitar fallos.
- Revisión del Sistema CNC (si aplica)
- Verificar los parámetros y calibraciones del software de control.
- Actualizar el firmware o software de la máquina si es necesario.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Se lleva a cabo cuando se detecta un problema o falla específica.
- Reemplazo de componentes
- Fresas y Herramientas de Corte: Sustituir las herramientas que estén desgastadas, rotas o desafiladas.
- Rodamientos y Cojinetes: Cambie las piezas desgastadas que generen ruido o vibraciones excesivas.
- Reparación del Sistema de Refrigeración
- Reparar fugas de refrigerante o sustituir bombas dañadas.
- Ajuste del Sistema de Movimiento
- Repare o ajuste los tornillos de avance y guías si hay holguras o dificultades en el movimiento.
-

Las fallas comunes en una fresadora pueden deberse:

1. Vibraciones excesivas

Causas:

- Desgaste de los rodamientos o guías lineales.
- Holgura en los tornillos de avance.
- Herramienta de corte desafilada o mal fijada.
- Configuración inadecuada de los parámetros de corte (velocidad y avance).

Soluciones:

- Reemplazar los rodamientos o ajustar las guías lineales.
- Ajustar los tornillos de avance para eliminar la holgura.
- Asegúrese y/o reemplace la herramienta de corte.
- Revisar y optimizar los parámetros de corte según el material y la operación.

2. La Máquina No Corta con Precisión

Causas:

- Mala alineación de la mesa de trabajo. desgaste en las herramientas de corte.
- Holguras en el sistema de movimiento.

Soluciones:

- Revisar y alinear la mesa de trabajo, cambiar o afilar las herramientas de corte.
- Ajustar las guías y tornillos para eliminar las holguras.

3. La Herramienta de Corte se Rompe Frecuentemente

Causas:

- Uso de una herramienta inadecuada para el material, velocidades o avances incorrectos.
- Exceso de carga sobre la herramienta.
- Vibraciones durante el corte.

Soluciones:

- Seleccione herramientas adecuadas para el material a trabajar.
- Ajustar la velocidad de corte y el avance según las especificaciones.
- Reduzca la profundidad de corte si es necesario.
- Revisar y eliminar las vibraciones de la máquina.

4. La Máquina Se Detiene o Pierde Potencia

Causas:

- Sobrecarga del motor, problemas eléctricos, como conexiones flojas o cables dañados.
- Obstrucción en los componentes móviles por acumulación de virutas o residuos.

Soluciones:

- Reduzca la carga de trabajo en el motor, revisar y reparar las conexiones eléctricas.
- Limpiar las virutas y residuos acumulados en las guías y la mesa.

5. Ruido Anormal en el Husillo

Causas:

- Rodamientos del husillo desgastados, falta de lubricación.
- Exceso de carga en el husillo.

Soluciones:

- Reemplazar los rodamientos del husillo si están desgastados, aplique lubricante adecuado en el husillo.
- Reduzca la carga y ajuste la profundidad de corte.

3.2.8. SOLDADORA

Es una máquina o dispositivo utilizado para realizar el proceso de soldadura, que consiste en unir dos o más piezas de metal (o en algunos casos de plástico) mediante la aplicación de calor, presión, o ambas, logrando una unión permanente, la soldadora genera la energía necesaria para fundir los materiales o un material de aporte, creando un enlace sólido al enfriarse.



Fuente: propia

Figura 2.14. Soldadora.

El mantenimiento de una soldadora es fundamental para asegurar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de la máquina

MANTENIMIENTO DIARIO

- Estas son tareas rápidas que deben realizarse antes o después de cada uso.
- Limpieza de la Soldadora
- Retirar virutas y residuos de soldadura.
- Limpie el interior y exterior de la máquina para prevenir la acumulación de suciedad.

- Revisar y limpiar el portaelectrodos y la pistola después de cada uso.
- Revisión de los electrodos
- Verifique el desgaste de los electrodos.
- Cambie los electrodos gastados o dañados antes de empezar una nueva sesión de soldadura.
- Prueba operativa
- Realice una prueba para asegurarse de que la máquina funcione correctamente antes de iniciar una nueva tarea de soldadura.
- Comprobar que todos los parámetros estén configurados correctamente y que la soldadora esté generando la intensidad de corriente adecuada

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Este tipo de mantenimiento se realiza de manera periódica para evitar problemas mayores.
- Inspección General
- Limpieza: Limpie el exterior de la máquina y las áreas de trabajo después de cada uso para eliminar la suciedad y las partículas de metal.
- Verifique que no haya acumulación de polvo o residuos cerca de la máquina que puedan afectar su funcionamiento.
- Revisión de los conectores: Revisar y limpiar todas las conexiones eléctricas para asegurar que no haya corrosión o conexiones flojas.
- Inspeccionar los cables y conectores para asegurar que no estén dañados o desgastados.
- Revisión de las Filtraciones de Gas (MIG/MAG y TIG):
- Verifique los filtros del gas de protección y cámbielos si están sucios o desgastados.
- Lubricación y ajustes
- Lubricación: Lubrique las partes móviles como los motores de la pistola de soldadura y los carretes de alambre (en MIG/MAG) según las recomendaciones del fabricante.
- Lubrique las guías de alambre para asegurar un funcionamiento suave y sin problemas.
- Ajustes de precisión: Comprobar la configuración de los parámetros de la soldadora, como la intensidad de corriente y la velocidad del alambre, para asegurar que sean adecuados para el material y la operación de soldadura.
- Ajustar la presión de los rodillos (en soldadoras de alambre continuo) para asegurar que el alambre no se deslice ni se atasque.

- Revisión de la masa: Verifique la conexión de la masa para asegurar que esté limpia y bien conectada. Una mala conexión puede causar problemas de calidad en la soldadura.
- Control de Temperatura y Protección
- Revisión del Sistema de Refrigeración:
- En soldadoras industriales, asegúrese de que el sistema de refrigeración esté funcionando correctamente para evitar el sobrecalentamiento.
- Verificar y mantener el sistema de enfriamiento del transformador y la fuente de energía para asegurar un flujo de aire adecuado.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Se lleva a cabo cuando se detecta un problema específico o falla.
- Reparación de Componentes Defectuosos
- Reemplazo de Cables o Conectores:
- Cambie cables y conectores dañados.
- Reparar o reemplazar componentes eléctricos defectuosos.
- Cambio de filtros: Reemplazar filtros de gas o aire si están obstruidos o dañados.
- Reemplazo de Rodamientos o Guías de Alambre:
- Cambiar rodillos de alambre desgastados o dañados en soldadoras MIG/MAG.
- Sustituir las guías de alambre si están desgastadas o corroídas.
- Reparación del Sistema de Refrigeración:
- Repare fugas de refrigerante o ajuste el sistema de enfriamiento si no está funcionando correctamente.

CAPÍTULO IV.

4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1.1. Conclusión

El proyecto titulado “Estudio para la Optimización de Equipos en el Taller de Máquinas Pesadas” tiene un impacto significativo en la mejora de la calidad educativa y el mantenimiento sostenible de los recursos disponibles en el Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, Campeche. La optimización de equipos permite maximizar su vida útil, reducir costos operativos y garantizar la seguridad de los usuarios, promoviendo un entorno de aprendizaje práctico y eficiente.

Al implementar estrategias de mejora continua y aplicar metodologías técnicas para diagnosticar y corregir problemas en los equipos, se asegura un uso más racional y efectivo de los recursos disponibles. Esto, a su vez, fortalece las competencias técnicas de los estudiantes, alineándolas con los estándares del sector industrial.

El éxito del proyecto reside en haber identificado áreas clave para la mejora y en proponer soluciones prácticas y sostenibles que benefician tanto a los estudiantes como a la institución en general.

4.1.2. Recomendaciones

Recomendaciones para la Optimización de Equipos en el Taller de Máquinas Pesadas

Para el Torno:

- **Implementar un mantenimiento preventivo estructurado:** Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya la limpieza y lubricación de guías, husillos y rodamientos, así como la alineación del cabezal y la verificación de la bancada para evitar desgastes irregulares. Esto asegurará que el torno mantendrá su precisión y prolongará su vida útil.
- **Llevar un registro detallado de inspecciones y reparaciones:** Documentar cada mantenimiento realizado permitirá anticipar posibles fallas y programar mantenimientos sin afectar la producción. Este registro también ayuda a analizar patrones de desgaste y programar cambios de piezas antes de que caigan.
- **Capacitar al personal en detección temprana de fallas:** Es recomendable que los operadores reciban formación para identificar signos de desgaste, vibraciones inusuales o anomalías en el funcionamiento del torno. La detección

temprana de problemas puede evitar costosos mantenimientos correctivos y tiempos muertos.

- **Cumplir con normativas de seguridad y calidad:** La NOM-004-STPS establece medidas de seguridad para el uso y mantenimiento de maquinaria, mientras que la ISO 9001 garantiza que los equipos estén en condiciones óptimas para la producción sin comprometer la calidad de las piezas mecanizadas. Implementar estos estándares mejora la seguridad y eficiencia operativa.
- **Evaluar la obsolescencia del equipo:** Los tornos pueden volverse obsoletos cuando sus sistemas mecánicos presentan desgastes severos, las refacciones dejan de estar disponibles o sus capacidades no cumplen con los estándares actuales de precisión. Es recomendable analizar la viabilidad de un **retrofit**, que implica modernizar componentes mecánicos o electrónicos, o evaluar la adquisición de un nuevo equipo si la inversión en mantenimiento correctivo supera su valor.

Para las Máquinas CNC:

- **Diseñar un plan de mantenimiento preventivo con monitoreo en tiempo real:** Las máquinas CNC requieren revisiones periódicas de sus motores, servomecanismos, sistemas de lubricación y husillos para evitar errores de precisión. La instalación de sensores que detectan vibraciones, temperatura y desalineaciones ayuda a prevenir fallas antes de que afecten la producción.
- **Revisar y actualizar el software del control numérico:** Muchas fallas en máquinas CNC no son mecánicas, sino derivadas de software obsoleto o incompatibilidades con nuevos sistemas de programación. Se recomienda verificar periódicamente las actualizaciones del fabricante y capacitar al personal en su uso.
- **Llevar un historial de mantenimiento y cambios de piezas clave:** Documentar la vida útil de elementos críticos como husillos, motores y sistemas de transmisión permite programar reemplazos antes de que caigan. Un control adecuado de mantenimiento reduce costos operativos y mejora la productividad.
- **Asegurar el cumplimiento de normativas de seguridad y eficiencia:** La ISO 45001 establece estándares de seguridad para prevenir riesgos laborales en el uso de máquinas CNC, mientras que la NOM-025-STPS garantiza condiciones de iluminación adecuadas para los operadores. Cumplir con estas normativas mejora la seguridad en el taller y reduce accidentes.

- **Evaluar la obsolescencia tecnológica y planificar su actualización:** La tecnología de las máquinas CNC avanza rápidamente, lo que puede volver obsoletos sus sistemas de control, motores o interfaces de programación. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas para determinar si la actualización del software, la modernización de componentes o la adquisición de una nueva máquina es la mejor opción para mantener la competitividad.

Optimizar los equipos en un taller de máquinas pesadas mediante un mantenimiento preventivo bien estructurado y alineado con normativas como las NOM e ISO permitirá reducir costos operativos, minimizar tiempos muertos y garantizar la calidad del mecanizado. Además, evaluar constantemente la obsolescencia de los equipos ayudará a tomar decisiones estratégicas sobre su actualización o reemplazo, asegurando la productividad y competitividad del taller.

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

Anexo 1. Bitácora de chequeos de máquinas diarios

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINÍ									
Clave:	04EIT0001W	Fecha:	dic-24	Página:	1 DE 1	Versión:	Primera	Tipo:	Formato
CHECK-LIST DE MÁQUINAS									

Centro de Trabajo ITESCAM
Responsable: Carlos Uziel Puc Dzib

Fecha 5 de octubre del 2024

CHECK-LIST DE VERIFICACIÓN DE MÁQUINAS DEL ITESCAM												
Mes Correspondiente: OCTUBRE 2024												
N°	Nombre de la máquina	Estado General de la máquina										
		Folio	Marca	Observación	Ubicación	Serie	Último Mantenimiento	Condición: B: Bueno M: Malo N/A: No aplica				
								Toma de corriente	Paro de emergencia	Estado de los componentes	Seguro	Limpieza
1	CIZALLA DOBLADORA	E0285	Metal	No está instalado	Área de trabajo del taller	39546	Mayo 2024	B	B	B	B	B
2	DOBLADORA	E0284	Compact Bender	Las piezas están dentro del almacén	Área de trabajo del taller	53484	Junio 2024	B	B	B	B	B
3	FRESADORA	E0278	OTMT	A los 2 les hace falta mantenimiento correctivo.	Área de trabajo del taller	N/A	Abril 2024	B	B	B	B	M
4	PRESA HIDRÁULICA	E0061	Carver	Es del Dr Alejandro Ortiz	Área de trabajo del taller	06131679	Febrero 2024	B	B	B	B	M
5	SIERRA CINTA	E0281	Jet	Se le dio mantenimiento preventivo	Área de trabajo del taller	3966441	Septiembre 2024	B	B	B	B	B
6	SOLDADORA	E0283	Infra	Se inspeccionó el funcionamiento	Área de trabajo del taller	88889	Mayo 2024	B	B	B	B	M
7	TALADRO RADIAL	E0282	Ramiro	Es del Dr Raúl Santos y no tiene cables	Área de trabajo del taller	88888	Junio 2024	B	B	B	B	M
8	PRESA DE BANCO	E0273	Metal	Le falta mantenimiento correctivo. No funciona botón de encendido.	Área de trabajo del taller	11122	Julio 2024	B	B	B	B	B
9	TORNO 1	E0286	Tornillos hijos	Se le dio mantenimiento preventivo. Le hace falta mantenimiento correctivo	Área de trabajo del taller	49741 49742	Abril 2024	B	B	N	B	B
10	TORNO 2	E0272	Takoma	El maestro Lázaro del ITSSY, dio mantenimiento correctivo a uno, y es el único que está en condiciones de uso.	Área de trabajo del taller	866-C6241	Junio 2024	B	B	B	B	B
11	TROQUELADORA	E0274	Jet	-	Área de trabajo del taller	12052150 12052158 12052155 12031975	Agosto 2024	B	B	B	M	B
12	PUNTEADORA		RAYOMEX	-	Área de trabajo del taller	1160065	Abril 2024	B	B	B	B	B

Firma del responsable:

Anexo 2. Implementación de Registro para el uso de máquinas

Anexo 3. Lista de Verificación de cumplimiento del personal

	DESCRIPCIÓN	CUMPLE	INCUMPLE
CAPACITACIÓN Y USO DEL EQUIPO	Cuenta personal con certificación y capacitación actualizada.		X
	Correcta aplicación de procedimientos operativos estándar (POE)		X
	Supervisión de operadores para evitar malos hábitos de uso	✓	
	Reporta cualquier condición insegura o incidentes		
	Capacitación reciente sobre nuevas tecnologías o mejoras en equipos		X
CONTROL DE MANTENIMIENTO	Evaluaciones periódicas de desempeño en el manejo del equipo		X
	Registro en bitácora de mantenimiento actualizado	✓	X
	Revisión de historial de fallas y reparaciones previas		
	Ejecución de mantenimiento preventivo según el plan establecido		X
	Disponibilidad de refacciones críticas para reparaciones inmediatas		X
BRIGADA DE EMERGENCIAS	Tiempo de inactividad registrado y comparado con el estándar esperado.	✓	
	Funcionamiento adecuado de frenos y sistemas de seguridad	✓	
	Estado de luces y señalización del equipo		X
	Verificación de extintores y medidas de seguridad contra incendios		
	Uso adecuado de equipo de protección personal (EPP) por parte del operador.		X
	Cumplimiento de normativas de mantenimiento y operación	✓	
	Limpieza y eliminación de residuos después de su uso	✓	
	Estado físico del equipo (sin grietas, abolladuras o partes sueltas)		X
	Verificación de indicadores clave (MTBF, MTTR, tasa de disponibilidad)	✓	X
BRIGADA DE EMERGENCIAS	Operación del equipo conforme a las especificaciones del fabricante	✓	
	Revisión de eficiencia energética y consumo de combustible		X

Anexo 4. Cuestionario final a personal a cargo de los talleres

	INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINI							
	Clave:	04EIT0001W	Fecha:	Noviembre 2024	Página:	1 DE 1	Tipo:	Formato
	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS MÁQUINAS							

CUESTIONARIO SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

Datos generales

Nombre del encuestado: Raul Alejandro Chi Mena
Cargo o puesto: Encargado del taller
Fecha: 29 / 9 / 2024

I. Diagnóstico del Estado Actual de los Equipos

1. ¿Con qué frecuencia se realizan mantenimientos preventivos a los equipos?

- ☐ Diario
☐ Semanalmente
☐ Mensualmente
☒ Sólo cuando hay fallas

2. ¿Qué tipo de mantenimiento se aplica con mayor frecuencia en el taller?

- ☐ Preventivo
☒ Correctivo
☐ Predictivo
☐ No se aplica mantenimiento regularmente

3. ¿Existen registros formales de mantenimiento en bitácoras?

- ☐ Sí, se llevan de manera organizada
☒ Sí, pero no siempre se actualizan
☐ No, pero se hace seguimiento verbal
☐ No, no se lleva registro alguno

4. ¿Cuáles son las fallas más comunes en los equipos?

- ☒ Desgaste de piezas
☐ Fallas eléctricas

☐ Problemas hidráulicos

☐ Otros: _____

II. Uso de controles internos en el taller

5. ¿El taller cuenta con listas de verificación antes y después del uso de los equipos?

☐ Sí, y se aplica siempre

☐ Sí, pero no se utilizan con regularidad

☒ No, pero se planea implementarlas

☐ No, no se consideran necesarias

6. ¿Existe un sistema para medir la eficiencia y productividad de los equipos (MTBF, MTTR, tasa de disponibilidad)?

☐ Sí, y se analiza periódicamente

☐ Sí, pero no se usa para tomar decisiones

☒ No, pero sería útil implementarlo

☐ No, no se mide la eficiencia de los equipos

7. ¿El personal que opera los equipos cuenta con certificaciones y capacitaciones actualizadas?

☐ Sí, todo el personal está certificado

☐ Algunos operarios tienen certificaciones

☒ No, pero se planea capacitar al personal

☐ No, no se ha considerado necesario

8. ¿Cómo se asignan los tiempos de uso de los equipos en el taller?

☒ Mediante un sistema de control digital o manual

☐ Por orden de llegada de los operarios

☐ De manera informal, sin registro de uso

III. Identificación de Áreas de Mejora

9. ¿Cuáles son los principales problemas que afectan la disponibilidad de los equipos?

☐ Falta de mantenimiento adecuado

☐ Escasez de refacciones y materiales

☒ Errores en la operación de los equipos

☐ Otros: _____

10. ¿Qué mejoras se consideran necesarias para optimizar los equipos en el taller?

☒ Implementación de bitácoras digitales

☒ Mayor capacitación del personal

☒ Uso de listas de verificación antes del uso de equipos

☐ Aplicación de mantenimiento predictivo

☐ Otros: _____

11. ¿Cree que la implementación de controles internos mejoraría la productividad del taller?

☒ Sí, mejoraría considerablemente

☐ Sí, pero dependería de su correcta aplicación

☐ No, no tendría un impacto significativo

☐ No, porque el problema es otro (falta de personal, recursos, etc.)

IV. Comentarios y sugerencias

12. ¿Tiene alguna recomendación adicional para mejorar la optimización de los equipos en el taller?

Que se renueven los mantenimientos en tiempo
& forma, al igual que destinen recursos
para el taller.

 Firma

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS EN EL TALLER DE MÁQUINAS PESADAS

Anexo 5. Evidencia de mantenimientos operativos



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Antony, J. (2006). Six Sigma for process improvement in manufacturing SMEs: A roadmap. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8), 703-730. <https://doi.org/10.1108/02656710610679855>
- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Wiley.
- Díaz, P., & Herrera, M. (2020). *Gestión del Mantenimiento Industrial*. Editorial Técnica.
- Fernández, L. (2021). *Optimización de Equipos Industriales*. Universidad de Ingeniería Mecánica.
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. McGraw-Hill.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (1978). *Reliability-Centered Maintenance*. United Airlines.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw-Hill.

Parmenter, D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. Wiley.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2018). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill Education.

Sánchez, R. (2021). *Gestión de Productividad en Talleres Industriales*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.