

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO
DE EQUIPO CRÍTICO DE KOMATSU REMAN CENTER CHILE**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero/a en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:

Fernando Absalón Silva Sanhueza

Profesor Guía:

Ing. Eduardo Vidal Paez

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Propuesta de mejora a plan de mantenimiento de equipo crítico de KOMATSU REMAN CENTER CHILE

Nombre del candidato(a): Fernando Silva Sanhueza

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial

Campus: Viña del mar Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Eduardo Antonio Vidal Paez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 06-01-2026 Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 05/01/25 Firma:

Agradecimientos

Al concluir esta importante etapa de mi formación profesional, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a quienes fueron mi guía y soporte a lo largo de este camino.

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi fortaleza y guía en todo momento. A mis padres, Iván y Marta, cuyo inquebrantable esfuerzo y sacrificio hicieron posible que pudiera completar este arduo camino. A mis hermanos Iván, Sergio y Lilian, que estuvieron presente en cada etapa de este proceso teniendo en ellos siempre un resguardo.

En el plano académico, extiendo mi más sincero agradecimiento a mi profesor guía, Eduardo Vidal Páez. Su invaluable orientación, paciencia y constante apoyo fueron fundamentales no solo para el desarrollo de este proyecto, sino para toda mi formación. Sus conocimientos y acertadas correcciones fueron clave para estructurar mis ideas y alcanzar los objetivos propuestos.

Finalmente, agradezco a cada una de las personas, profesores y compañeros que formaron parte de mi proceso universitario y que, de una u otra forma, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional.

RESUMEN

El presente estudio analiza la criticidad de los equipos en la empresa Komatsu Reman Center KRCC, identificando el dinamómetro marca Taylor serie DX30 como un equipo crítico. A través de matrices de criticidad, se determinó que este equipo es fundamental para las operaciones de la empresa, pero los planes de mantenimiento actuales no están diseñados para su correcto funcionamiento. Esto puede generar interrupciones en las operaciones y afectar negativamente la productividad y la eficiencia de la empresa. El objetivo de esta investigación es revisar y mejorar los planes de mantenimiento para el dinamómetro DX30, a fin de asegurar su funcionamiento continuo y evitar daños económicos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO 3

1 ANTECEDENTES GENERALES 4

1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....4

1.2 GERENCIA DE MANTENIMIENTO 4

1.3 DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO 5

1.4 PROBLEMATICA 6

1.5 ANALISIS DE CRITICIDAD.....6

1.5.1 Criterios 7

1.5.2 Analisis de criticidad para equipos planta 8

1.6 DESCRIPCION DEL EQUIPO CRITICO 9

2 CAPÍTULO 2. IDENTIFICACION DE FUNCION Y ELABORACION DE FMCA.....11

2.1 ANALISIS DE CRITICIDAD PARA COMPONENTES DEL EQUIPO CRITICO.....12

2.1.2. Sistema de Transmisión de Energía.....13

2.1.3 Componentes principales.....13

2.1.4 Sistema de Absorción de Energía 15

2.1.5 Componentes principales:.....15

2.2 DIAGRAMAS SIPOC.....17

2.2.1 SISTEMA de transmisión mecánica.....17

2.3 ANÁLISIS FUNCIONAL.....17

2.3.1 Análisis funcional sistema de absorción de potencia.....18

2.3.2 Sistema de transmision de potencia 18

2.4 ANALISIS MODO DE FALLA Y EFECTOS DE FALLA 19

2.4.1 FMCA SISTEMA DE TRANSMISION MECANICA 19

2.4.2 FMCA SISTEMA DE ABSORCION MECANICA.....20

2.5 JERARQUIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS SEGÚN NPR 21

2.5.1 Sistema De transmisión mecánica 24

2.5.2 Sistema De absorción De energía.....25

3 CAPÍTULO 3: PROGRAMAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 27

3.1 DIAGRAMA DE DECISIÓN HOJA RCM.....28

3.1.1 Fallas evidentes 29

3.1.2 Consecuencias Para La Seguridad Y El Medio Ambiente 29

3.1.3 Consecuencias Operacionales 30

3.1.4 Consecuencias no operacionales 30

3.1.5 Actividades de mantenimiento 30

3.1.6 Actividades de sustitución cíclicas.....30

3.1.7 Actividades Programadas Predictivas O Sujetas A Condición.....30

3.1.8 Actividades reactivas 30

3.1.9 Hoja De Decisión RCM 31

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS 31

3.2.1 Hoja De Decisión Rcm Sistema De Transmisión Mecánica 32

3.2.2 Hoja De Decisión Rcm Sistema De Absorción De Energía 33

3.3 PROCESO PARA PLANIFICAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 34

3.4 PLANIFICACION DE MANTENCION SISTEMA DE TRANSMISION MECANICA Y
ABSORCION DE ENERGIA 34

3.4.1 Planificación De Mantenimiento Sistema De Transmisión Mecánica 35

3.4.2 Planificación De Mantenimiento Sistema De Absorción De energía 37

3.5 CHECK LIST DEL SISTEMA 39

3.6 PLAN DE MANTENIMIENTO 40

3.7 IMPACTO ECONOMICO 41

3.7.1 Análisis de Falla y Disponibilidad: 42

3.7.2 Cuantificación del Impacto Económico 42

CONCLUSIÓN 44

BIBLIOGRAFÍA. 45

ANEXO

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1-1 Planta Komatsu Reman Center, LO BOZA, Américo Vespucio 3000. 4

Ilustración 1-2 Organigrama Gerencia planta Lo Boza.....5

Ilustración 1-3 Dinamómetro Taylor DX30, ... 10

Ilustración 2-1 Eje cardan y protección. 14

Ilustración 2-2 Acoplamiento torsional. 14

Ilustración 2-3 Placas adaptadoras. 15

Ilustración 2-4 Freno de agua. 16

Ilustración 2-5 Válvula de control de agua..... 16

Ilustración 3-1 Diagrama de decisión RCM.....29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Criterio de frecuencia de fallas. 7

Tabla 1-2. Criterio Impacto operacional. 8

Tabla 1-3. Criterio Flexibilidad. 8

Tabla 1-4. Criterio de seguridad..... 8

Tabla 1-5. Criterio Impacto Ambiental. 8

Tabla 1-6. Resultado Análisis de criticidad de los equipos planta. 9

Tabla 1-7 Matriz de riesgo de equipos críticos. 9

Tabla 2-1. Resultado Análisis de criticidad a componentes del equipo. 13

Tabla 2-2. análisis SIPOC sistema de transmisión mecánica.. 17

Tabla 2-3. análisis SIPOC sistema de absorción de energía. 17

Tabla 2-4. Análisis Funcional sistema de absorción de agua. 18

Tabla 2-5. Análisis funcional sistema de transmisión de potencia. 19

Tabla 2-6. Análisis modo y efectos de falla función principal sistema de transmisión de potencia.
..... 19

Tabla 2-7. Análisis modo de falla y efectos de falla función secundaria sistema de transmisión
de potencia..... 20

Tabla 2-8. Análisis modo de falla y efectos de falla función principal sistema de absorción de
potencia..... 20

Tabla 2-9. Análisis modo de falla y efectos de falla función secundaria sistema de Absorción de
potencia..... 21

Tabla 2-10. Grado de ocurrencia de la falla.. 22

Tabla 2-11 Grado de detección de la falla. 22

Tabla 2-12 Grado de severidad.....23

Tabla 2-13 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica.. 24

Tabla 2-14 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. 24

Tabla 2-15 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. 24

Tabla 2-16 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica.. 25

Tabla 2-17 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. 25

Tabla 2-18 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. 25

Tabla 2-19 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. 25

Tabla 2-20 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. 26

Tabla 3-1 Hoja de decisión RCM. 31

Tabla 3-2 Desarrollo hoja de decisión en base modos de fallo FMCA sistema de transmisión de potencia.....32

Tabla 3-3 Desarrollo hoja de decisión en base modos de fallo FMCA sistema de absorción de potencia.....33

Tabla 3-4 planificación de mantenimiento de sistema transmisión mecánica.....35

Tabla 3-5 planificación de mantenimiento de sistema transmisión mecánica.....36

Tabla 3-6 planificación de mantenimiento de sistema de absorción de energía 37

Tabla 3-7 planificación de mantenimiento de sistema de absorción de energía 39

Tabla 3-8 Check List de mantenimiento del equipo.....40

Tabla 3-9 Plan de mantenimiento del equipo crítico. 41

Tabla 3-10 Impacto operacional. 43

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

KRCC	:	Komatsu Reman Center
FMCA	:	Análisis de modo de falla, efecto y criticidad
OT	:	Orden de trabajo
RCM	:	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
NPR	:	Numero prioritario de riesgo

B. SIMBOLOGÍA

°C	:	Grados Celsius
L	:	Litros
m2	;	Metro cuadrado
m3	:	Metro cubico
N	:	Newton
N/m	:	Newton metro
Pulg	:	Pulgadas
Lpm	:	Litros por minuto

INTRODUCCIÓN

La eficiencia y productividad en la industria manufacturera dependen en gran medida del mantenimiento adecuado de los equipos críticos. En la empresa Komatsu Reman Center (KRCC), el dinamómetro Taylor serie DX30 constituye un equipo esencial para la prueba y verificación de motores diésel antes de su reparación. Por ello, se busca mejorar el plan de mantenimiento del equipo en base al catálogo técnico del fabricante, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, evitar interrupciones operativas y mantener la productividad y eficiencia de la empresa.

En este contexto, la presente investigación se centra en la implementación del método de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar el plan de mantenimiento del dinamómetro DX30. El objetivo es identificar y abordar las causas raíz de los problemas de mantenimiento y garantizar el funcionamiento continuo y seguro del equipo. La implementación del RCM permitirá a la empresa Komatsu Reman Center KRCC optimizar los procesos de mantenimiento, reducir los tiempos de parada y los costos asociados a la reparación, y mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

La presente investigación se basa en la hipótesis de que la implementación del RCM en el plan de mantenimiento del dinamómetro DX30 puede mejorar significativamente la eficiencia y productividad de la empresa. Para verificar esta hipótesis, se realizarán análisis de criticidad, se identificarán las causas raíz de los problemas de mantenimiento y se diseñarán y implementarán nuevos planes de mantenimiento basados en el RCM. Los resultados de esta investigación pueden ser de gran valor para la empresa Komatsu Reman Center KRCC, ya que permitirán mejorar la eficiencia y productividad de la empresa, reducir costos y mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo crítico

OBJETIVO GENERAL

- Proponer una mejora al plan de mantenimiento de equipo critico KOMATSU REMAN CENTER para la reducción de fallas por medio de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Describir función de la empresa para la determinación de equipo crítico mediante una matriz cualitativa de riesgo.
- Realizar análisis funcional para la identificación de los modos y efectos de fallo de equipo critico mediante el desarrollo de un FMECA
- Evaluar técnica y económicamente la propuesta del nuevo plan de mantenimiento.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Reman Center Chile (KRCC) es una empresa dedicada a la reparación, fabricación y remanufactura de componentes y equipos Komatsu para la industria minera, de construcción e industrial en Chile.

KRCC cuenta con instalaciones, infraestructura y técnicos especializados que utilizan repuestos originales, estándares definidos por la fábrica y procedimientos de trabajo basados en su experiencia. Su misión es satisfacer las necesidades de los clientes, excediendo sus expectativas, a través de un trabajo creativo y alianzas estratégicas con clientes y proveedores.

La empresa busca consolidarse como líder en innovación, agregando valor al brindar productos y servicios de remanufactura de componentes de alta calidad, orientados a la optimización de costos y la maximización de la satisfacción de los clientes mineros, de construcción e industriales.

KRCC cuenta con un equipo interdisciplinario que desde 2013 ha desarrollado bancos de pruebas para velar por la confiabilidad de sus productos.



Ilustración 1-1 Planta Komatsu Reman Center, LO BOZA, Américo Vespucio 3000. Fuente: Pagina oficial Komatsu Latino America

1.2 GERENCIA DE MANTENIMIENTO

La organización del área de mantenimiento se puede ver que está establecida como en la gerencia de servicios generales, la cual está encabezada por el gerente de servicio el cual para planificar y designar labores de mantenimiento esta designado el planificador mecánico de la planta el cual también es el encargado de genera ordenes de trabajo y reportes de mantenimiento.

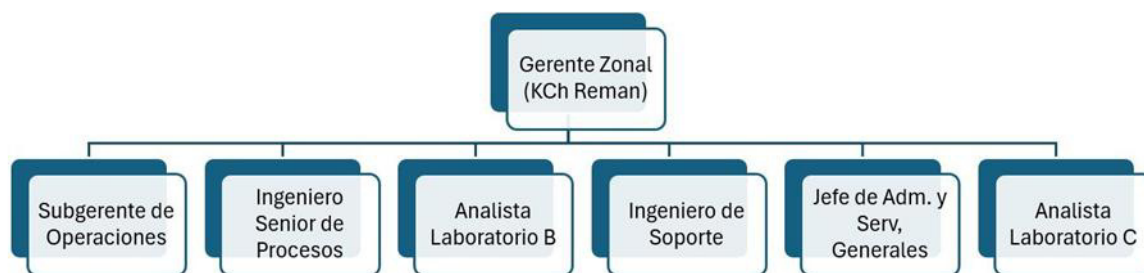


Ilustración 1-2 Organigrama Gerencia planta Lo Boza. Fuente: Komatsu Reman Center.

La mantención de la planta de Lo boza esta dividida es distintas empresas las cuales tran encargadas de llevar a cabo de mantenciones que requieran una mayor especialización de los equipos. El departamento de mantención trabaja con un portal informático para la gestión de órdenes de trabajo preventivo y correctivo (SAP Maintenance), esteportal permite guardar la información técnica digital de cada equipo, la información puede ser consultada por los usuarios habilitados de mantención. Cuando se produce una falla en un equipo, se realiza un mantenimiento llamado correctivo en el cual el técnico interviene ese equipo, terminada la intervención el técnico respalda los datos de la OT en el software.

1.3 DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO

Komatsu Reman Center Chile es una empresa que se enfoca en la reparación y renovación de motores diésel. La planta de Lo Boza, ubicada en Santiago de Chile, es una de las sucursales de la empresa que ofrece servicios de mantenimiento y reparación de motores diésel. A continuación, se describen los procesos de trabajo que se realizan en esta planta:

- **Recepción y Evaluación de Motores:** Los motores diésel que llegan a la planta son evaluados y clasificados según su condición y necesidad de reparación. Los técnicos de la empresa realizan un análisis detallado de los motores para determinar qué partes necesitan ser reemplazadas o reparadas.
- **Desmontaje y Análisis:** Los motores son desmontados y analizados para identificar los componentes que necesitan ser reemplazados o reparados. Los técnicos utilizan herramientas y tecnología especializada para realizar este proceso.
- **Reparación y Reemplazo de Componentes:** Los componentes dañados o desgastados son reemplazados por nuevos o de segunda mano, según sea necesario. Los técnicos de la

empresa realizan reparaciones y ajustes precisos para asegurar el funcionamiento óptimo de los motores. Pruebas y Verificaciones:

- Los motores reparados son sometidos a pruebas y verificaciones en el Equipo Dinamómetro Taylor para asegurar que funcionen correctamente y cumplan con los estándares de calidad de la empresa.
- Embalaje y Envío: Los motores reparados son embalados y enviados a los clientes, que pueden ser empresas mineras, constructoras, o cualquier otro sector que requiera mantenimiento de sus motores de la marca Komatsu.

1.4 PROBLEMÁTICA

El dinamómetro Taylor Serie DX30 es el único equipo de su tipo disponible en la planta Komatsu Reman Center (KRCC) y constituye un elemento crítico dentro del proceso de reparación de motores diésel. La planta procesa entre 9 y 12 motores mensualmente, los cuales deben ser sometidos a pruebas de desempeño, calibración y verificación antes y después de su reparación. En este contexto, el dinamómetro cumple un rol esencial, ya que permite evaluar la potencia, torque y eficiencia operativa de los motores, asegurando que cumplan con los estándares de calidad establecidos por el fabricante. Una falla o indisponibilidad de este equipo único podría interrumpir completamente la línea de reparación de motores, impidiendo la certificación de los trabajos realizados y generando retrasos, costos adicionales y pérdida de productividad. Por ello, se plantea mejorar el plan de mantenimiento del dinamómetro en base al catálogo técnico del fabricante, con el fin de garantizar su confiabilidad y asegurar la continuidad operativa del proceso productivo.

1.5 ANALISIS DE CRITICIDAD

El análisis cualitativo de criticidad es un proceso fundamental que permite asignar un nivel de criticidad a los activos según su riesgo potencial, considerando tanto la probabilidad de ocurrencia como el impacto de cada uno de los riesgos identificados. Este análisis, alineado con los lineamientos de la norma ISO 31000:2009 sobre gestión de riesgos, tiene como objetivo comprender los riesgos potenciales que pueden afectar la operación del equipo, y enfoca la toma de decisiones desde una perspectiva basada en el riesgo más que en juicios subjetivos.

En este caso particular, se realizó el análisis de criticidad sobre un universo de 354 equipos presentes en la planta KRCC. Para identificar los activos críticos, se aplicó una matriz cualitativa

que incluyó distintos parámetros definidos por su relevancia operativa dentro de la organización. Esta herramienta permitió priorizar los equipos que presentan una mayor probabilidad de falla con consecuencias significativas, facilitando así la focalización de esfuerzos de mantenimiento, confiabilidad y gestión de riesgos sobre los componentes más vulnerables del sistema.

Matriz cualitativa de Riesgo (Criticidad)

RIESGO=FRECUENCIA x CONSECUENCIA

- Frecuencia: Número de fallos en tiempo determinado.
- Consecuencia:

((Impacto operacional x flexibilidad operacional) + costo de mantenimiento correctivo + impacto SAH)

Riesgo= FF x ((IO x FO) + IA + SAH

1.5.1 Criterios

A continuación, se presentan las tablas que contienen los criterios utilizados para elaborar la matriz de riesgo, la cual fue desarrollada con el objetivo de identificar el equipo crítico dentro de la compañía

En la tabla 1.1 se aprecian los valores utilizados y la designación que se usó para el valor que de la frecuencia de falla.

Frecuencia de falla	Fallas por año	Valor
Mala	Mas de 4 fallas anuales	4
Regular	Entre 3 y 5 fallas anuales	3
Buena	1 o 2 fallas anuales	2
Excelente	0 fallas anuales	1

Tabla 1-1. Criterio de frecuencia de fallas.

En la tabla 1.2 se aprecian los valores que se designaron para categorizar que tan alto es impacto de la falla del equipo para la planta.

Impacto operacional	Concecuencias	Escala
Alto	Perdida de toda la produccion de un proceso	8
Regular	Perdidas parciales de un proceso de produccion	5
Bajo	Perdidas minimas de proceso de produccion	3
Sin impacto	No genera ningun impacto en la produccion	1

Tabla 1-2. Criterio Impacto operacional. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1-3 se presenta el criterio de flexibilidad operacional, el cual evalúa la capacidad de contar con repuestos disponibles en el caso de equipos. En cuanto a las líneas de proceso, se asume que no existe una opción de respaldo o servicio alternativo

Flexibilidad	Concecuencias	Escala
Alta	Minima capacidad e adaptarse a cambios y	4
Regular	Capacidad de regular de adaptacion	2
Baja	Alta disponibilad de respaldo y adaptacion a	1

Tabla 1-3. Criterio Flexibilidad. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1-4 se muestra el criterio de impacto tanto para la seguridad humana.

Seguridad	Concecuencias	Escala
Alto	Daño irreparable o accidente mortal	3
Promedio	Daño reversible al o accidentes con daños	2
Bajo	Accidentes leves	1
Sin impacto	No existen accidenetes laborales ni daños	0

Tabla 1-4. Criterio de seguridad. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1.5 se muestran los criterios que se utilizaron para medir el impacto ambiental.

Impacto Ambiental	Concecuencias	Escala
Alto	Daño irreparable al medio ambiente o	3
Promedio	Daño reversible al mdio ambiente o accidentes	2
Bajo	Accidentes leves	1
Sin impacto	No existen accidenetes laborales ni daños al	0

Tabla 1-5. Criterio Impacto Ambiental. Fuente Elaboración propia

1.5.2 Analisis de criticidad para equipos planta

A continuación, en la tabla se presentan los resultados del análisis de criticidad, llevado a cabo mediante la matriz cualitativa de riesgos. Este análisis permitió identificar como equipo crítico al Dinamómetro Taylor Serie DX30.

dentro del estator. El par resultante se transmite a través de un brazo de torsión y una celda de carga extenso métrica sellada herméticamente, lo que garantiza mediciones precisas y confiables. El calor generado por la absorción de energía se disipa mediante un flujo continuo de agua, que además lubrica y refrigera el sistema.

El modelo DX30 cuenta con una capacidad de absorción entre 50 y 3000 HP, con una velocidad máxima de 4000 rpm a plena carga, y requiere un flujo de agua de hasta 330 galones por minuto (1249 l/min) a una presión de 45 psi (310 kPa). Está diseñado con componentes reforzados en el eje y los cojinetes, otorgándole una alta resistencia y durabilidad para uso intensivo en bancos de prueba industriales.

El dinamómetro se complementa con el sistema de control y adquisición de datos DynPro de Taylor, que permite registrar parámetros como potencia, torque, consumo de combustible y temperatura, entre otros. Gracias a esto, es posible detectar fallas en motores (baja potencia, sobrecalentamiento o fugas) y verificar la calidad de las reparaciones antes de devolver los motores al servicio.

Por su precisión, robustez y carácter único en la planta Komatsu Reman Center Chile, el dinamómetro Taylor DX30 constituye un equipo crítico dentro del proceso de reparación de motores, ya que su falla o indisponibilidad podría interrumpir completamente la línea de producción, afectando la productividad y continuidad operativa.



Ilustración 1-3 Dinamómetro Taylor DX30, Fuente: Pagina oficial Taylor.

CAPÍTULO 2. IDENTIFICACION DE FUNCION Y ELABORACION DE FMCA

2.1 ANALISIS DE CRITICIDAD PARA COMPONENTES DEL EQUIPO CRITICO

En base al resultado obtenido en la tabla: se ha generado una nueva matriz de riesgo cualitativa para identificar los sistemas críticos del equipo a evaluar. Se determinaron los siguientes criterios para definir los componentes críticos.

Disponibilidad de repuestos y tiempo de reparacion	Concecuencias	Escala
Critico	Repuestos importados con mas de 30 dias de entrega; sin alternativa local, genera detencion prolongada del equipo.	10
Alto	Repuestos disponibles bajo pedido (entre 7 y 15 dias), afecta la continuidad operativa.	7
Regular	Repuestos en stock ilimitados o disponibles en menos de una semana, afecta parcialmente la operación	4
Bajo	Repuestos en bodega o de facil acceso, sin impacto en la operación	1

Disponibilidad de repuestos

Grado de redundancia	Concecuancia	Escala
Critico	Sin redundancia, su falla detiene completamente el proceso de prueba o certificacion de motores	9
Alto	Redundancia parcial; permite continuar con restricciones o menor rendimiento	6
Regular	Existe respaldo funcional o procedimiento alternativo temporal	3
Bajo	No afecta la operación o la redundancia es total	1

Grado de redundancia

Complejidad tecnica y requerimiento de mantenimiento	Concecuencia	Escala
Critico	Requiere especialistas certificados o soporte del fabricante; intervención incorrecta puede dañar componentes críticos.	8
Alto	Necesita personal técnico calificado y procedimientos detallados	5
Regular	Puede ser atendido por personal interno con capacitación básica	3
Bajo	Mantenimiento simple o rutinario, sin requerimientos especiales	1

Complejidad técnica y requerimiento de mantenimiento

Impacto en la calidad del motor	Concecuancias	Escala
Critico	Genera resultados falsos o invalidos; puede llevar liberar motores defectuosos o certificados	10
Alto	Afecta precision o repetibilidad de las pruebas; requiere recalibracion y trabajo doble	6
Regular	Impacto menor en la calidad de datos, sin afectar decisiones finales	3
Bajo	Sin efecto sobre la calidad o conjiabilidad de los resultados	1

Dando como resultado el sistema de transmisión mecánica y absorción de energía.

A continuación, se muestran los resultados de la matriz de riesgo.

Sistema	FF	IO	FO	CM	SHA	CONCECUENCIA	TOTAL	JERARQUIZACION
Sistema de transmisión mecánica (Driveshat y acoplamientos)	3	8	4	2	3	37	111	CRITICO
Sistema de absorción de potencia	2	8	4	2	2	36	72	CRITICO
Sistema de alimentación y drenaje de agua	1	5	1	2	1	8	8	NO CRITICO
Sistema de aire comprimido	1	3	1	1	1	5	5	NO CRITICO
Sistema de instrumentación y control (Dynpro)	1	5	1	1	1	7	7	NO CRITICO
Sistema de seguridad y parada de emergencia	1	8	4	2	3	37	37	CRITICO

Tabla 2-1. Resultado Análisis de criticidad a componentes del equipo. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Sistema de Transmisión de Energía

El sistema de transmisión de energía es el conjunto encargado de transferir la potencia generada por el motor en prueba hacia el sistema de absorción del dinamómetro. Este sistema está conformado por diferentes componentes mecánicos interconectados, cuya función principal es asegurar una transferencia eficiente y segura del par y la velocidad de rotación.

2.1.3 Componentes principales

Eje de transmisión: Es el elemento central que conecta el cigüeñal o volante del motor al rotor del dinamómetro. Su misión es transmitir el par y la velocidad de giro sin pérdidas significativas. El eje debe estar alineado correctamente para evitar vibraciones y daños en los rodamientos.



Ilustración 2-1 Eje cardan y protección. Fuente: Catalogo Saenz

Acoplamientos: Se utilizan acoplamientos resistentes a la torsión, así como acoplamientos cardán o universales, que permiten compensar pequeñas desalineaciones y absorber vibraciones, protegiendo los componentes conectados.



Ilustración 2-2 Acoplamiento torsional. Fuente: Catalogo Saenz

Placas adaptadoras: Estas piezas permiten la unión física y geométrica entre el motor y el eje de transmisión, asegurando compatibilidad con diferentes modelos de motores



Ilustración 2-3 Placas adaptadoras. Fuente: Catalogo Saenz

Protector del eje: Es una cubierta de seguridad que previene el contacto accidental con partes giratorias, cumpliendo con las normas de seguridad industrial.

Pernos y tornillos de fijación: Aseguran la unión firme de los componentes, evitando movimientos indeseados durante la operación.

2.1.4 Sistema de Absorción de Energía

El sistema de absorción de energía es responsable de disipar la potencia mecánica transmitida por el motor, permitiendo así la medición precisa de par y potencia. En el dinamómetro DX30, este sistema está basado en un freno hidráulico de agua.

2.1.5 Componentes principales:

Freno hidráulico de agua: Es el componente central del sistema de absorción. Consiste en un rotor conectado al eje de transmisión, que gira dentro de una carcasa fija (estator) llena de agua. El movimiento del rotor genera fricción hidráulica, transformando la energía mecánica en calor.



Ilustración 2-4 Freno de agua. Fuente: Catalogo Saenz

Sistema de entrada y salida de agua: Permite el suministro controlado de agua al freno y la evacuación del agua calentada. El flujo de agua se regula mediante válvulas, lo que permite ajustar la carga absorbida por el dinamómetro.

Válvulas de control: Se emplean para regular la cantidad de agua en el freno, controlando así la resistencia aplicada al motor en prueba.



Ilustración 2-5 Válvula de control de agua. Fuente Catalogo Saenz

Empaquetaduras y sellos: Garantizan la estanqueidad del sistema, evitando fugas de agua y protegiendo los componentes internos.

Sistema de descarga: El agua calentada por la absorción de energía es evacuada del sistema, ayudando a mantener la temperatura de operación dentro de los límites seguros.

Sensores de temperatura y presión: Permiten monitorear las condiciones de operación del freno hidráulico y activar alarmas en caso de valores fuera de rango.

2.2 DIAGRAMA SIPOC

A continuación, se muestra en las figuras 2-2 los diagramas SIPOC del sistema de Transmisión de potencia y absorción de potencia en donde es posible identificar los elementos principales y las funciones. Con el desarrollo del SIPOC se facilita el desarrollo del análisis funcional, puesto que en este se observan de manera clara teniendo en cuenta las características del servicio que se desea entregar.

2.2.1 Sistema de transmisión mecánica

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Energia electrica	Señal eléctrica	Generar potencia para accionar el dinamómetro DX30 y sus componentes (por ejemplo, activar el freno, sensores y sistema de control)	Par de fuerza y velocidad controlados; datos de medición	Operador de pruebas, sistema de adquisición de datos

Tabla 2-2. análisis SIPOC sistema de transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia.

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Sistema de abastecimiento de agua	Energía mecánica del motor bajo prueba, agua refrigerante, señal eléctrica de control	Absorción de potencia mediante freno de agua que genera carga resistiva controlada; disipación del calor generado por fricción en el freno; medición de torque y velocidad para cálculo de potencia	Potencia absorbida, torque y velocidad medidos, datos de rendimiento	Operador, laboratorio de pruebas, sistema de adquisición de datos

Tabla 2-3. análisis SIPOC sistema de absorción de energía. Fuente: Elaboración propia.

2.3 ANÁLISIS FUNCIONAL

A través de los diagramas SIPOC, se determinaron las funciones de los sistemas Transmisión de potencia y absorción de potencia, tanto como funciones primarias y secundarias La realización de un estudio FMECA permite identificar aquellos componentes críticos en los que debe enfatizarse el mantenimiento, con esto se evalúa modos y causas de falla, y efectos de los

modos de fallo. Este estudio permite realizarlo a varios niveles tanto como componente, equipo y sistema.

A continuación, en las figuras 2.6 y 2.7 se aprecian las funciones principales y secundarias de los sistemas críticos.

2.3.1 Análisis funcional sistema de absorción de potencia

Funciones del sistema de absorcion de potencia		
Funcion Principal	1	Absorber y disipar la energía mecánica generada por el motor bajo prueba mediante un freno hidráulico de tipo hidrocínético, capaz de absorber hasta 1000 HP y 4067 N·m (3000 lb·ft) de torque a una velocidad máxima de 3600 rpm. La energía se transforma en calor, el cual se elimina mediante un flujo de agua de 132 L/min por cada 100 HP absorbido, con una presión mínima de 2,1 bar y temperatura máxima de salida de 82 °C, permitiendo la medición precisa del torque y la potencia del motor.
Funciones Secundarias	2	Disipar eficientemente el calor generado
	3	Generar una carga resistiva y ajustable
	4	Permitir un funcionamiento estable y de baja inercia

Tabla 2-4. Análisis Funcional sistema de absorción de agua. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Sistema de transmisión de potencia

Funciones del sistema de transmision de potencia		
Funcion Principal	1	La función de transmitir la potencia mecánica generada por el motor bajo prueba hacia el sistema de absorción de agua es crucial, y el dinamómetro Taylor Serie DX30 está diseñado para gestionar esta energía y medirla con precisión. Específicamente, la transmisión mecánica a través del eje de entrada y el rotor permite al sistema absorber y medir un torque máximo de hasta 804 Lb*ft y una velocidad maxima de 4000 rpm
Funciones Secundarias	2	ajustar la velocidad y torque
	3	Controlar la direccion del movimiento
	4	Amortiguar vibraciones y desalineaciones

Tabla 2-5. Análisis funcional sistema de transmisión de potencia. Fuente: Elaboración propia.

2.4 ANALISIS MODO DE FALLA Y EFECTOS DE FALLA

Una vez definidas la función primaria y la función secundaria, se procede a identificar y documentar los posibles modos de falla, así como sus respectivos efectos. Este proceso permite analizar de manera sistemática cómo podrían presentarse las fallas y cuáles serían sus consecuencias.

2.4.1 FMCA SISTEMA DE TRANSMISION MECANICA

Funciones		Falla funcional	Modo de falla		Efectos de falla		
Principal	Transmitir la potencia mecanica generada por el motor bajo prueba hacia el sistema de absorcion de agua, permitiendo medir torque y velocidad para calcular la potencia del motor	A	Incapacidad de transmitir potencio a mecanica al freno de agua	1	Rotura del eje de transmision	A	Parada inmediata del equipo, piezas sueltas y alarmas de seguridad
				2	Desalineacion severa de los ejes	B	Vibracion, desgaste irregular y lecturas inestables
				3	Fisura en acoplamiento	C	Perdida total de conexión, Imposibilidad de prueba
				4	Desgaste o daño de cojinetes del eje	D	Vibracione, fuga de lubricante
				5	Desgaste en la placa adaptadora del volante o cigüeñal	E	Perdida de transmision de energia mecanica, golpeteo y daño visibles
		B	Transmision de potencia con Vibraciones	1	Desgaste o daño en cojinetes del eje	A	Friccion irregular y vibraciones
				2	Desbalanceo de eje	B	Vibraciones y fuerzas centrifugas que dañan los componentes internos del sistema
				3	Desalineacion entre motor y el dinamometro	C	Vibracion excesiva, sobrecarga de los componentes y aumento de temperatura
				4	Falta de lubricacion cardan y cojinetes	D	Aumento de temperatura y vibraciones
				5	Acoplamientos dañados o desgastados	E	Movimiento irregular y vibraciones

Tabla 2-6. Análisis modo y efectos de falla función principal sistema de transmisión de potencia. Fuente: Elaboración propia.

Secundaria	Ajustar velocidad y torque	A	Incapacidad para mantener la velocidad o torque dentro de las tolerancias especificadas	1	Descalibracion del sistema de control	A	Imposibilidad de realizar pruebas a velocidad y torque
				2	Cortocircuito o circuito abierto en las galgas extensiométricas	B	Datos de prueba erroneo o poco fiables
				3	Cableado/Conector abierto de servomotor	E	Funcionamiento irregular, ruido, generacion de calor y el servomotor no logra mantener su posicion
		B	Respuesta lenta o inestable al ajuste de velocidad o torque	1	Obstruccion o restriccion del control de freno	A	Dificultad para mantener una velocidad o torque constante en pruebas dinamicas
				2	Cavitacion	B	Reducción severa del caudal/presión y daño erosivo interno a los impulsores y la carcasa.
				3	Ajuste inadecuado de los parametros de control (PID)	C	Datos de prueba erroneo o poco fiables
	Controlar la direccion del movimiento	A	Inestabilidad en el control de direccion	1	Degradación del material elástico	A	Vibración o pérdida total de la conexión motriz.
				2	Perdida de presion en el suministro de aitre al actuador neumatico de control de carga	B	Incapacidad de ajustar la carga dinamica durante las pruebas.
				3	Descalibración o daño mecánico en la celda de carga debido a vibraciones excesivas, sobrecarga o contaminación por fluidos	C	Distorsion en la medicion del par transmitido
		B	Imposibilidad de invertir o cambiar la direccion del movimiento	1	Bloqueo mecanico en el sistema de giro	A	Restriccion en la simulacion de condiciones reales de operación
				2	Ausencia o fallo de contactos de seguridad en los contactores del sistema de inversion de giro	B	Riesgo de cortocircuito entre fases al intentar invertir el giro, lo que puede dañar el sistema eléctrico
				3	Posición incorrecta o mal ajuste del interruptor de fin de carrera	C	El sistema detiene el movimiento en la dirección incorrecta
	Amortiguar vibraciones y desalineaciones	A	Incapacidad de amortiguar vibraciones generadas dursante la operación del sistema	1	Desgaste o daño del material amortiguador	A	Aumento de vibraciones, ruido acelerado y fatiga acelrada de componentes
				2	Instalacion incorrecta del amortiguador	B	Transmision directa de vibraciones y resonancia en la estructura
				3	Aflojamineto de fijaciones o soportes	C	Vibraciones anomas y riesgo de desprendimiento
		B	Incapacidad de corregir desalineaciones	1	Deformacion permanente del acoplamiento	A	Desgaste irregular, Vibraciones y reduccion de vida util de rodamientos
				2	Montaje incorrecto del acoplamiento flexible	B	Desalineacion persistente y sobrecarga de ejes
				3	Fatiga por esfuerzos ciclicos en el acoplamiento	C	Desalineacion progresiva, aumento de vibraciones y riesgo de falla subita

Tabla 2-7. Análisis modo de falla y efectos de falla función secundaria sistema de transmisión de potencia. Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 FMCA SISTEMA DE ABSORCION MECANICA

Funciones		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de falla	
Principal	Absorber y disipar energia mecanica mediante el freno de agua	A	Incapacidad de disipar energia termica adecuadamente	1	Obstruccion parcial o total en el circuito de agua de refrigeracion (Presion < 2 Bar)	Sobrecalentamiento del sistema, daño al rotor o al freno, perdida de precision en la medicion de torque/Potencia
				2	Obstrucción o restricción en el flujo de agua de enfriamiento del freno hidráulico	Perdida de eficiencia de enfriamiento, aumento de temperatura, riesgo de daño de freno
				3	Bomba de agua con bajo caudal (< 20 lpm)	Insuficiente disipacion termica, sobrecalentamiento, reduccion de capacidad operativa
				4	Termostato o sensor de temperatura defectuoso	No deteccion de sobrecalentamiento, riesgo de daños graves al sistema
				5	Acomulacion de sedimentos en el intercambiador de calor	Disminucion de transferencia termica, sobrecalentamiento progresivo
		B	Fuga de energia mecanica mediante el freno da agua	1	Desgaste interno en superficies de friccion del freno de agua	Perdida de capacidad de absorcion, generacion de torque inestable, riesgo de error en la medicion
				2	Formacion de cavitacion interna prolongada	Daño progresivo del freno, vibraciones, reduccion del torque
				3	Desgaste del sello mecanico	Perdida de presion interna, disminucion de capacidad de absorcion, riesgo de entrada de aire
				4	Deformacion o daño en el rotor	Vibraciones excesivas, perdida de eficiencia
				5	Obstruccion en orificios internos del freno	Distribucion irregular del flujo, zonas calientes, reduccion de capacidad de disipacion

Tabla 2-8. Análisis modo de falla y efectos de falla función principal sistema de absorción de potencia. Fuente:. Elaboración propia.

Secundaria	Disipar eficientemente el calor generado	A	Fallo del intercambiador de calor (Ensuciamiento o incrustaciones)	1	Reduccion del coeficiente de transferencia termica, aumento de la temperatura operacional del fluido > 80°C	Riesgo de cavitacion, daño en el sistema hidraulico, reduccion de vida util del equipo
				2	Aire atrapado en el sistema (Presencia de burbujas en lineas de retorno)	Disminucion de la eficiencia termica, mediciones erraticas y comportamiento inestable
				3	Corrosion interna del intercambiador	Perdida de material, fugas, contaminacion del fluido de enfriamiento
		B	Incapacidad del sistema para adaptarse a cambios termicos durante pruebas dinamicas	1	Retardo en la activacion de valvulas de control de caudal	Acomulacion momentanea de calor, oscilaciones de temperatura, lectura inestable de torque/potencia
				2	Sensor de temperatura defectuoso o mal calibrado	Falsas señales al sistema de control, enfriamiento insuficiente o excesivo
				3	Logica de control mal programada o con errores en el lazo de retroalimentacion	Respuesta termica desfasada, perdida de eficiencia energetica, variabilidad entre pruebas repetidas
	Generar una carga resistiva y ajustable	A	Incapacidad de generar carga bajo demanda	1	Válvula de control atascada	No se alcanza el torque esperado, datos de prueba no validos
				2	Desgaste del actuador de valvula o falta de señal de control	Retardo o imposibilidad de respuesta ante comandos, errores en el perfil de carga
				3	Presion inadecuada en el sistema de frenado	Carga no lineal o brusca, riesgo de daños en el motor bajo agua
		B	Incapacidad de mantener una carga estable	1	Sensor de torque descalibrado	Lecturas erraticas, errores de control de carga, datos no validos
				2	Ruido electrico o interferencia en la señal del sistema de control	Variaciones imprecedibles en el perfil de carga, riesgo para el motor
				3	Fatiga o aflojamiento en componentes mecanicos del sistema de ajuste	Carga variable bajo condiciones constantes, errores de repetibilidad en pruebas
	Permitir un funcionamiento estable de baja inercia	A	Fluctuaciones en la resistencia durante la operación	1	Vibraciones mecanicas excesivas en el freno de agua	Inestabilidad en la prueba, lecturas no confiables, desgaste prematuro
				2	Cavitacion en el sistema por baja presion en entrada de agua	Generacion de burbujas, ruido excesivo, reduccion de torque absorbido
				3	Acomulacion de sedimentos o corrosion interna en el sistema	Cambios en la carga resistiva, falta de repetibilidad de las pruebas
		B	Desviacion progresiva en el comportamiento dinamico del sistema	1	Daño o desbalance en el rotor del freno	Vibraciones persistentes, datos de torque distorsionados, daño al sistema
				2	Alojamiento o perdida de rigidez en la base o soportes del dinamómetro.	Inestabilidad estructural, generacion de armonicos mecanicos
				3	Deterioro de cojinetes o acoplamientos	Aumento de friccion, aumento de la inercia, errores de mediciones

Tabla 2-9. Análisis modo de falla y efectos de falla función secundaria sistema de Absorción de potencia. Fuente: Elaboración propia.

2.5 JERARQUIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS SEGÚN NPR

El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es un valor numérico utilizado para jerarquizar los modos de falla identificados, permitiendo determinar cuáles deben ser abordados con mayor urgencia. Este valor se obtiene mediante la multiplicación de tres parámetros fundamentales: **severidad** (el impacto del fallo), **ocurrencia** (la probabilidad de que el fallo ocurra) y **detección** (la capacidad de identificar el fallo antes de que cause consecuencias negativas). De esta manera, el NPR facilita la priorización objetiva de los riesgos y la asignación eficiente de recursos para implementar acciones correctivas o preventivas en los modos de falla más críticos

En la Tabla 2-10 se establece la probabilidad de que ocurra el modo de falla, siendo 10 el valor otorgado para aquella falla que es inevitable que ocurra.

Probabilidad de falla	Tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable.	≥1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos previos, que presentan fallas con frecuencia.	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero en mayores proporciones.	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas asociadas con procesos similares.	1 en 15000	3
Muy bajas: Solo falla aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de los procesos.	≤1 en 1.500.000	1

Tabla 2-10. Grado de ocurrencia de la falla. Fuente: SAE J1739.

Se observa el ranking basado en el grado de detección de las fallas, el cual está basado en la probabilidad de que el modo de falla sea detectado antes de que llegue al cliente, siendo el máximo, el número 10 el cual corresponde al hecho de que es imposible detectar la falla antes de que llegue al cliente.

Deteccion	Criterios: Probabilidad de deteccion de un modo de fallo	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi ciertos en detectar el modo de falla	1

Tabla 2-11 Grado de detección de la falla. Fuente: SAE J1739

En la se detalla el grado de severidad de la falla el que es considerado como el efecto de la falla en el cliente. Está explicado desde la mayor a la menor satisfacción del cliente producto de la degradación parcial o pérdida total de la función primaria.

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones guarnicionales. La falla se advierte al ocurrir	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moredado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperable. El cliente experimenta insatisfacción	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efecto	1

Tabla 2-12 Grado de severidad. Fuente: SAE J1739

En las tablas 2-13, 2-14, 2-15, 2-16 se pueden observar los NPR realizados a los modos de falla de ambos sistemas, sistema de transmisión mecánicas y sistema de absorción de energía.

Por estrategias de mantenimiento y políticas de la empresa se determinó que los modos de fallo sobre 200 se considerarán críticos, por lo cual también se determinó en trabajar con solo Modos de fallo críticos y no críticos.

2.5.1 Sistema De transmisión mecánica

Modos de falla		O	D	S	NPR
1	Desgaste o daño en cojinetes del eje	6	4	8	192
2	Desbalanceo de eje	5	5	7	175
4	Falta de lubricacion	7	3	8	168
5	Acoplamientos dañados o desgastados	5	4	7	140
3	Desalineacion entre motor y el dinamometro	4	5	7	140
3	Fallo del acoplamiento	8	2	8	128
1	Rotura del eje de transmision	3	4	8	96
2	Desalineacion severa de los ejes	7	6	2	84
5	Fallo en la placa adaptadora del volante o cigüeñal	4	2	8	64
4	Desgaste excesivo o daño de cojinetes del eje	4	7	2	56

Tabla 2-13 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia.

Modos de falla		O	D	S	NPR
3	Ajuste inadecuado de los parametros de control (PID)	7	7	6	294
1	Descalibracion del sistema de control	4	6	8	192
2	Falla en la bomba o almacenamiento del fluido de freno	4	4	9	144
1	Obstruccion o restriccion del control de freno	6	3	8	144
2	Fallo en sensores	5	4	7	140
3	Falla en el actuador o servomotor	3	5	9	135

Tabla 2-14 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia.

Modos de fallo		O	D	S	NPR
2	contactores del sistema de inversion de giro	3	8	9	216
3	Posición incorrecta o mal ajuste del interruptor de fin de carrera	6	6	7	252
1	Falla en sistema de giro	4	5	8	160
3	Obstruccion mecanica	5	3	7	105
2	Daño o problemas en el sistema de giro	3	4	8	96
1	Bloqueo mecanico en el sistema de giro	2	4	9	72

Tabla 2-15 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia.

	Modo de falla	O	D	S	NPR
2	Montaje incorrecto del acoplamiento flexible	6	6	7	252
3	Fatiga por esfuerzos ciclicos en el acoplamiento	4	7	9	252
3	Aflojamiento de fijaciones o soportes	7	5	7	245
1	Deformacion permanente del acoplamiento	5	5	8	200
2	Instalacion incorrecta del amortiguador	5	6	7	210
1	Desgaste o daño del material amortiguador	6	4	8	192

Tabla 2-16 NPR realizado a sistema de transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Sistema De absorción De energía

1	Obstruccion parcial o total en el circuito de agua de refrigeracion (Presion < 2 Bar)	6	5	8	240
3	Bomba de agua con bajo caudal (< 20 lpm)	5	6	8	240
1	Desgaste interno en superficies de friccion del freno de agua	6	5	8	240
1	Desgaste interno en superficies de friccion del freno de agua	6	5	8	240
4	Termostato o sensor de temperatura defectuoso	4	7	8	224
5	Obstruccion en orificios internos del freno	4	6	8	192
2	Formacion de cavitacion interna prolongada	4	6	8	192
4	Deformacion o daño en el rotor	3	7	9	189
3	Fugas en sellos o empaques del freno	5	5	7	175
5	Acomulacion de sedimentos en el intercambiador de calor	4	6	7	168
2	Fugas en el sistema de enfriamiento (Mangueras agrietadas, uniones flojas)	5	4	7	140

Tabla 2-17 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. Fuente: Elaboración propia.

	Modos de falla	O	D	S	NPR
3	Retardo en la activacion de valvulas de control de caudal	6	6	7	252
3	Falla en la valvula de control de flujo del freno de agua	5	6	8	240
1	Sensor de temperatura defectuoso o mal calibrado	4	7	8	224
2	Corrosion interna del intercambiador	4	7	8	224
2	Logica de control mal programada o con errores en el lazo de retroalimentacion	3	8	9	216
1	lineas de retorno)	5	5	7	175

Tabla 2-18 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. Fuente: Elaboración propia

	Modos de falla	O	D	S	NPR
3	Presion inadecuada en el sistema de frenado	6	4	9	216
1	Falla en la valvula de control de flujo del freno de agua	6	4	8	192
2	control	5	5	7	175
1	Falla en el sensor de torque o presion	5	3	8	120
2	control	4	6	6	144
3	sistema de ajuste	5	4	7	140

Tabla 2-19 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. Fuente: Elaboración propia

Modos de falla		O	D	S	NPR
2	agua	5	5	9	225
1	Vibraciones mecanicas excesivas en el freno de agua	6	4	8	192
3	sistema	4	6	7	168
1	Daño o desbalance en el rotor del freno	4	5	8	160
3	Deterioro de cojinetes o acoplamientos	5	4	7	140
2	Fallo en el sistema de alineacion o montaje del freno	3	4	6	72

Tabla 2-20 NPR realizado a sistema de absorción mecánica. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3: PROGRAMAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

3.1 DIAGRAMA DE DECISIÓN HOJA RCM

Para comenzar a identificar las tareas necesarias para prevenir cada uno de los modos de fallas identificados anteriormente, es necesario conocer cómo se desarrolla la hoja de decisión del RCM la cual está basada en el diagrama de decisión del RCM. Mediante este diagrama se deberá ir respondiendo preguntas con las consecuencias que podría generar cada modo de falla, relacionado con fallas ocultas, fallas evidentes, seguridad o medio ambiente, operacional y no operacional. Estas preguntas son guiadas por las letras (H) falla oculta, consecuencia para la seguridad (S), consecuencias operacionales (E), consecuencias no operacionales (O) las cuales definen las siguientes preguntas para posteriormente ramificarlas según sean las respuestas a elegir en cuatro o cinco niveles diferentes, véase en la de flujo de R.C.M.

- ❖ •H: ¿Sera evidente a los operarios la perdida de función causada por este modo de fallo actuando por el solo en circunstancias normales?
- ❖ •S: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función y otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien?
- ❖ •E: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir cualquier normativa o reglamento del medio ambiente?
- ❖ •O: ¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicios o costos operativos además de los de operación)? •H1-S1-O1-N1: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?
- ❖ •H2-S2-O2-N2: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tardea de reacondicionamiento cíclico?
- ❖ •H3-S3-O3-N3: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?
- ❖ •H4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de búsqueda de fallos? •S4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una combinación de tareas?
- ❖ •H5: ¿Podría el fallo múltiple afectar a la seguridad o el medioambiente?

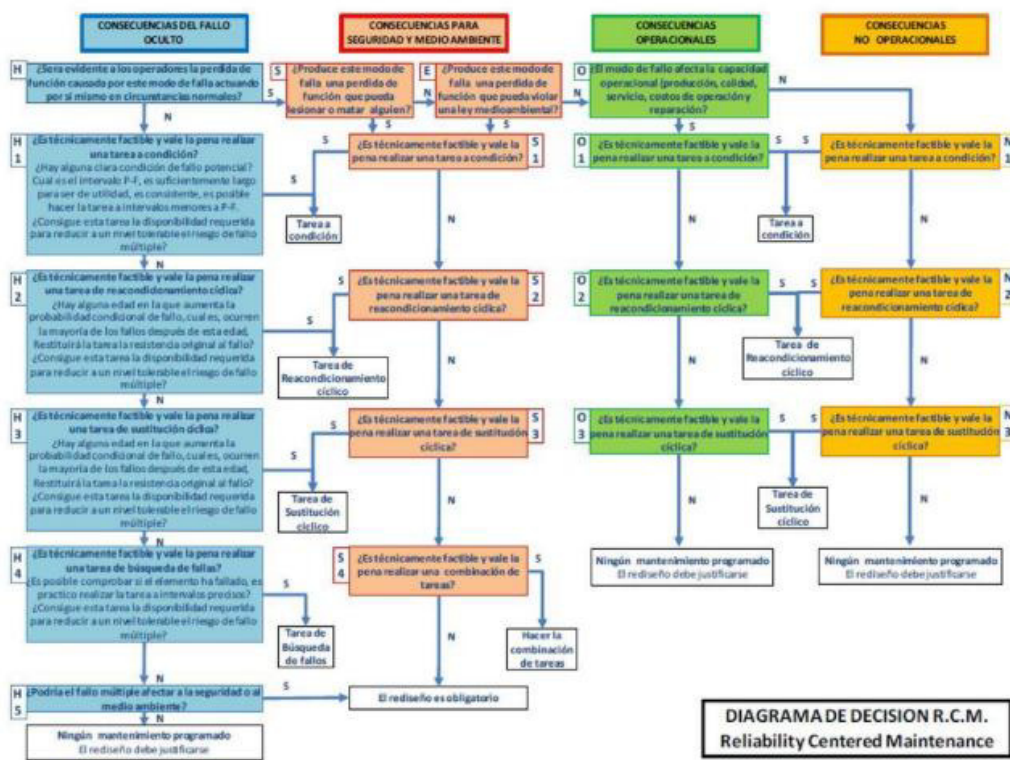


Ilustración 3-1 Diagrama de decisión RCM. Fuente: John Moubray.

3.1.1 Fallas evidentes

Las fallas se evalúan en base a las funciones que se definen para el sistema y en base a lo mismo se pueden encontrar dos tipos de fallas, aquellas que se conocen como falla evidente que en el libro de Mantenimiento centrado en confiabilidad de John Moubray se define como “Falla que eventual e inevitablemente se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales” de lo que se infiere que al presentarse una falla evidente, la función se verá afectada de inmediato por lo que el operador tendrá la capacidad de detectar si el activo ya no está cumpliendo con el estándar establecido. Las consecuencias de las fallas evidentes se detallarán a continuación.

3.1.2 Consecuencias Para La Seguridad Y El Medio Ambiente

Como bien lo dice su nombre, se tendrán consecuencia para la seguridad y medio ambiente, si el modo de falla provoca la pérdida de función afectando la seguridad de los trabajadores provocando lesiones o la muerte, y si se infringe alguna normativa respecto al medio ambiente.

3.1.3 Consecuencias Operacionales

En este tipo de consecuencias, la falla afecta directamente la capacidad, calidad y costos de la operación. Dentro de este tipo de consecuencias es de vital importancia considerar el impacto que puede tener la falla en el cliente del servicio o producto.

3.1.4 Consecuencias no operacionales

Las fallas que caen en esta categoría de consecuencias no provocan un impacto considerable en seguridad, medio ambiente y operación, y por lo tanto solo tienen un costo asociado a la reparación de la falla. Lo que no quita que los costos asociados sean muy altos incluso más que un modo de falla con otra consecuencia.

3.1.5 Actividades de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, el diagrama de decisiones nos entrega las actividades correspondientes a cada modo de falla analizado. Estas actividades se centran en mantenimientos preventivos y correctivos. Las actividades preventivas tendrán que clasificarse en:

3.1.6 Actividades de sustitución cíclicas

Estas corresponden a las tareas que deberán ser realizadas en un intervalo de tiempo fijo. Estas se aplican solo cuando hay un patrón de desgaste, por lo que se deberá escoger la tarea preventiva correcta a la situación para no cambiar por piezas nuevas o que no tengan desgaste.

3.1.7 Actividades Programadas Predictivas O Sujetas A Condición

Estas son actividades que permiten encontrar fallas antes de que estas sucedan, a través de actividades de revisiones, análisis y monitoreo.

3.1.8 Actividades reactivas

Las actividades reactivas corresponderán como se mencionó anteriormente, a las actividades no programadas post-falla que afectarán las funciones del equipo. Para la aplicación de las

decisiones del diagrama de flujo y las actividades a realizar, se llenará una hoja con la información correspondiente a cada modo de falla.

3.1.9 Hoja De Decisión RCM

En la tabla se presenta la hoja de decisión, herramienta que permite registrar y responder de manera sistemática todas las preguntas planteadas en el diagrama de decisión mostrado en la Figura 3-1, aplicándola a cada uno de los modos de falla definidos comentados anteriormente.

HOJA DE DECISION RCM			Sistema/Activo:										Sistema N°		Facilitador:	Fecha		Hoja N°			
			Sub sistema/Componente										Sub-sistema N°		Auditor:	Fecha		De			
Referencia de informacion			Evaluacion de las consecuencias				H1	H2	H3	Tarea a falta de				Tareas propuestas							
							S1	S2	S3												
							O1	O2	O3												
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4									

Tabla 3-1 Hoja de decisión RCM. Fuente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, John ,Moubray.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de lo explicado anteriormente, se desarrolla la hoja de decisión del RCM, que permite definir las tareas de mantenimiento a ejecutar para cada modo de falla identificado en la hoja de información presentada en la tabla 3-1. En esta hoja se evalúan las consecuencias de cada modo de falla según el diagrama de decisión del y se proponen tareas tanto preventivas como correctivas, estas últimas aplicables cuando la falla ya se ha manifestado. Aunque se sugieren tareas para todos los modos de falla, el programa de actividades y su planificación se enfocarán prioritariamente en aquellos modos con el valor de Número de Prioridad de Riesgo (NPR) más alto, optimizando así los recursos y esfuerzos hacia las áreas de mayor impacto.

3.2.1 Hoja De Decisión Rcm Sistema De Transmisión Mecánica

HOJA DE DECISION RCM			Sistema/Activo: Sistema de transmision mecanica											Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
			Sub sistema/Componente											Sub-sistema N°	Auditor:	Fecha	De
Referencia de informacion			Evaluacion de las consecuencias				H1	H2	H3	Tarea a falta de				Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3								
							O1	O2	O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	S	N	S						Revisar el estado del eje, para verificar que no tenga niguna fisura o algun daño evidente			Diaria/ante s de operar	Operador
1	A	2	N	S	S	N	N1						Verifiacion de alineamineto de ejes			Semestral	Tecnico
1	A	3	S	S	N	S	N1						Verificar el estado del sistema de acomplaimento antes de utilizarse			Diaria/ante s de operar	Operador
1	A	4	N	S									Realizar lubricacion de cojinetes del eje de transmision			Mensual	Tecnico
1	A	5	S	N	N	S	O1						Realizar inspeccion de placa adaptadora			Diaria/ante s de operar	Operador
1	B	1	N	S									Realizar lubricacion de cojinetes del eje de transmision			Semestral	Tecnico
1	B	2	S	N	N	N	N1						Verificar alineacion de ejes mediante metodoe laser			Semestral	Tecnico
1	B	3	S	N	N	N	N2						Verificar alineacion del motor del dinamometro y cardan			Semestral	Tecnico
1	B	4	S	N	N	N	N1						Realizar lubricacion de cardan y cojinetes			Mensual	Tecnico
1	B	5	S	N	N	S	N1						Realizar inspeccion de ejes cada que se ocupe el equipo			Diaria/ante s de operar	Operador
2	A	1	N	S	S		N1	S2					Verificar Calibracion del sistema de control Dynpro			Trimestral	Operador
2	A	2	N	S			S1						Limpieza y verificacion de estado de sensores			Mensual	Tecnico
2	A	3	S	S	N	S	N1	O2					Verificar estado de servomotor			Mensual	Tecnico
2	B	1	S	S			N1	S2					Limpieza o reemplazo de ruta de descarga			Trimestral	Tecnico
2	B	2	S	N	N	S	N1	O2					Inspeccion de fugas y prueba de presion en circuito hidraulico			Trimestral	Tecnico
2	B	3	S	N	N	S	N1	O1					Recalibracion con software			Semestral	Tecnico
3	A	1	S	S			S1						Alineacion y verificacion de juego de ejes			Mensual	Tecnico
3	A	2	S	N			S						Verificar y ajustar el regulador de presión neumática, asegurando			Trimestral	Tecnico
3	A	3	N	N	N	S	N1						Realizar la calibración completa de la celda de carga con patrones			Anual	Tecnico
3	B	1	S	N	N	S	O1						Limpieza aire comprimido de rodillos y guías			Mensual	Tecnico
3	B	2	N	S			N1	S2					Prueba de contactores y relevos de inversion			Mensual	Tecnico
3	B	3	N	N	N	N	N1						Calibracion posicional con simulador			Trimestral	Tecnico
4	A	1	N	N	N	N	N3						Reemplazo preventivo de material amortiguador			Bienal	Tecnico
4	A	2	N	N	N	N	N1						Verificacion de torque en pernos de fijacion (45-50 Nm)			Tras intervencio	Tecnico
4	A	3	N	N	N	S	N1						Ajuste de pernos con llave dinamometrica			Trimestral	Tecnico
4	B	1	S	N	N	S	N1						Medicion dimensional con micrometro			Anual	Tecnico
4	B	2	S	S			S1						Verificacion de alineacion angular			Tras intervencio	Tecnico
4	B	3	N	N	N	S	N1	N2	N3				Inspeccion por particulas magneticas en acoplamientos			Semestral	Tecnico

Tabla 3-2 Desarrollo hoja de decisión en base modos de fallo FMCA sistema de transmisión de potencia. Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Hoja De Decisión Rcm Sistema De Absorción De Energía

HOJA DE DECISION RCM			Sistema/Activo: Sistema de absorcion de energia											Sistema N°		Facilitador:	Fecha	Hoja N°
			Sub sistema/Componente											Sub-sistema N°		Auditor:	Fecha	De
Referencia de informacion			Evaluacion de las consecuencias				H1	H2	H3	Tarea a falta de				Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por	
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	O1						Limpieza interna de tuberias y revision de filtros del circuito de agua	Trimestral	Tecnico			
1	A	2	S	S			S1						Inspeccion visual de mangueras y conexiones; ajuste o reemplazo inmediato de componentes	Mensual	Tecnico			
1	A	3	S	N	N	S	N1						Verificacion de caudal y presion de la bomba; limpieza o reemplazo de la boma si es necesario	Trimestral	Tecnico			
1	A	4	N	N	N	N	N1						Prueba de funcionamiento y calibracion del sensor/Termostato	Anual	Tecnico			
1	A	5	S	N	S		S1						Limpieza quimica y mecanica del intercambiador	Trimestral	Tecnico			
1	B	1	N	N	N	S	O1						Inspeccion visual y medicion de desgaste en superficies internas; Reemplazo si excede tolerancias	5 años	Tecnico			
1	B	2	S	N	N	S	O1						Verificacion de presion de entrada y purga del sistema para eliminar cavitacion	Mensual	Tecnico			
1	B	3	S	N	S		S1						Inspeccion y reemplazo de sellos de freno	Trimestral	Tecnico			
1	B	4	S	N	N	S	O1						Inspeccion visual y medicion dimensional del rotor; reemplazo si	Anual	Tecnico			
1	B	5	S	N	S		S1						Limpieza de orificios internos del freno de agua	Trimestral	Tecnico			
2	A	1	S	N	S		S						Limpieza del intercambiador y verificacion del flujo del agua	Trimestral	Tecnico			
2	A	2	N	S			N1						Purga manual del sistema para eliminar aire atrapado	Mensual	Tecnico			
2	A	3	S	N	S		S						Inpeccion interna y limpieza quimica del intercambiador; uso de inhibidores de corrosion si aplica	Trimestral	Tecnico			
2	B	1	S	N	N	N	N1						Prueba de funcional y lubricacion	Trimestral	Tecnico			
2	B	2	N	S			N1						Prueba y recalibracion del sensor de temperatura	Anual/Tras cambios	Tecnico			
2	B	3	N	S			N1						Revision y actualizacion de software de control pruebas de funcionamineto	Anual/Tras cambios	Tecnico			
3	A	1	S	N	S		S						Prueba funcional y limpieza de la valvula de control de flujo	Trimestral	Tecnico			
3	A	2	S	N	S		S						Inspeccion y prueba del actuador, verificacion de señales electricas	Trimestral	Tecnico			
3	A	3	S	N	N	N	S						Verificacion y ajuste de presion en el sistema de freno de agua	Trimestral	Tecnico			
3	B	1	N	S			N1						Prueba funcional y calibracion de sensores de torque/presion	Anual	Tecnico			
3	B	2	N	S			N1						Inspeccion de cableado blindaje y conexiones a tierra;pruebas de integridad	Anual	Tecnico			
3	B	3	S	N	N	S	S						Inspeccion y retorqueo de pernos y componentes del sistema de ajuste	Trimestral	Tecnico			
4	A	1	S	N	S		S1						Inspeccion de soportes, alineacion y balanceo del freno de agua	Trimestral	Tecnico			
4	A	2	N	S			N1						Verificacion de presion de entrada y ajuste de suministro de agua	Trimestral	Tecnico			
4	A	3	N	N	N	S	N1						Limpieza Quimica y mecanica del sistema de agua	Anual	Tecnico			
4	B	1	S	N	N	S	N2						Inspeccion visual y balanceo dinamico del rotor	Anual	Tecnico			
4	B	2	S	N	N	S	N1						Verificacion y ajuste de la alineacion y montaje del freno	Anual/Tras intervencio n	Tecnico			
4	B	3	S	N	N	S	N1						Inspeccion, lubricacion y reemplazo de cojinetes, segun desgaste	Anual	Tecnico			

Tabla 3-3 Desarrollo hoja de decisión en base modos de fallo FMCA sistema de absorción de potencia.. Fuente: Elaboración propia

3.3 PROCESO PARA PLANIFICAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Se desarrollará un procedimiento de trabajo para los modos de falla con más alto número prioritario de riesgo (NPR), esto permite tener un enfoque sobre el sistema de transmisión mecánica y sistema de absorción de energía.

3.4 PLANIFICACION DE MANTENCION SISTEMA DE TRANSMISION MECANICA Y ABSORCION DE ENERGIA

A continuación, se entrega la planificación del trabajo para la preparación del equipo que deben realizar los encargados de la mantención. La planificación de este trabajo se muestra a continuación.

3.4.1 Planificación De Mantenimiento Sistema De Transmisión Mecánica

N°	ITEM
1	¿Qué trabajo se quiere realizar?
1,1	Mantenimiento completo y programado del sistema de absorción de potencia
-	Cardán y juntas
-	Deslizadores y crucetas
-	Prensaestopa y sellos del eje
-	Acoplamientos y sujetadores
-	Verificación del juego axial y radial
-	Revisión de la alineación eje–dinamómetro
2	¿Por qué se debe realizar?
2,1	Mantenimiento preventivo por horas de operación (cada 100 h o 1 mes), para asegurar transmisión estable de torque, evitar vibraciones y prevenir desgaste acelerado en crucetas, prensaestopa o cojinetes.
2,2	Mantenimiento correctivo por vibraciones anómalas, desgaste prematuro, ruido en juntas universales, juego axial excesivo, sobrecalentamiento del eje o pérdidas de lubricación.
3	¿Cuáles son las recomendaciones de fabricante o experto?
3,1	Lubricacion de juntas cada 100 h o 1 mes
3,2	Inspeccion visual de cardan;semanal si hay un intensivo
3,3	Verificacion del juego axial, desgaste de prensaestopa y alineacion del eje
3,4	Usao de grasa EP a base de litio (NLGI #2, DIN 51502)
3,5	Ajuste progresivo del prensaestopa tras el asentamiento inicial
4	¿Cómo se debe realizar el trabajo?
4,1	Detener motor y aislar energía eléctrica; cerrar válvulas de agua; aplicar procedimiento LOTO antes de intervenir cualquier parte del sistema
4,2	Inspeccionar sujetadores del cardán, retirar grasa antigua, verificar juego axial y aplicar lubricación adecuada a todas las crucetas y deslizadores
4,3	Inspeccionar nuevamente los sujetadores, eliminar grasa vieja y aplicar lubricación nueva siguiendo el patrón de engrase especificado por el fabricante
4,4	Verificar alineación y estado del acoplamiento mediante comparador o indicadores de carátula; corregir desviaciones radiales o angulares para evitar vibración
4,5	Ajustar o reemplazar prensaestopa si presenta fugas, desgaste, endurecimiento o incremento de temperatura durante operación previa
4,6	Revisar torque de apriete de pernos, asegurar ausencia de juego axial excesivo, y verificar que el cardán esté libre de interferencias con soportes o carcasa
5	¿Cuál es la secuencia de actividades?
5,1	Apagar el sistema, bloquear energía eléctrica y aplicar procedimiento LOTO. Asegurar que no exista posibilidad de rotación accidental del cardán o eje
5,2	Realizar inspección visual del eje, acoplamientos, crucetas y prensaestopa; verificar presencia de desgaste, juego axial/radial, corrosión o falta de lubricación
5,3	Aplicar lubricación con grasa EP (NLGI #2), asegurando limpieza previa de grasa contaminada y cubrimiento completo de crucetas y deslizadores
5,4	Ajustar o reemplazar prensaestopa si presenta fugas, endurecimiento, desgaste o si la compresión no cumple especificación. Confirmar que no genere fricción excesiva en el eje
5,5	Prueba de funcionamiento sin carga
-	giro suave del cardán
-	ausencia de vibraciones
-	movilidad correcta de crucetas
-	ausencia de fugas en prensaestopa
-	temperatura normal del eje
6	Errores comunes observados en mantenimientos anteriores
6,1	No realizar el checklist del equipo antes de cada ingreso a servicio, provocando omisión de fallas tempranas en prensaestopa, crucetas o sujetadores
6,2	Aplicación excesiva de grasa o uso de grasa contaminada, generando acumulaciones que afectan movilidad de crucetas, provocan vibraciones o degradan retenes
6,3	No verificar alineación motor–dinamómetro después del mantenimiento, generando vibración crónica, desgaste acelerado del cardán y falsos síntomas de falla
6,4	Apriete incorrecto de sujetadores del cardán o acoplamiento, causando juego axial, desbalance o vibración en carga

Tabla 3-4 planificación de mantenimiento de sistema transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia

7	¿Que trabajos previos se deben realizar?
7,1	Verificar disponibilidad de repuestos críticos en bodega (prensaestopa, retenes, crucetas, pernos de acoplamiento, lubricante EP y tornillería).
7,2	Revisar estado y calibración de herramientas de medición (torquímetro, comparador, indicadores de carátula, bombas de engrase)
7,3	Solicitar autorización al jefe de taller para la intervención del equipo y coordinar disponibilidad del dinamómetro para evitar detención de la línea
7,4	Verificar condiciones ambientales y de seguridad del área de mantenimiento (bloqueo de motor bajo prueba, orden del área, ausencia de fugas de agua)
7,5	Preparar registros de mantenimiento y planillas de inspección para documentar condiciones iniciales y finales del sistema de transmisión
8	¿El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, cuales?
8,1	No depende
9	¿El termino de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
9,1	Si afecta, se detiene la linea de procesos de motores diesel
10	¿Existen otras trabajos paralelos que deben realizarse de este equipo?
10,1	No se registran trabajos paralelos
11	Que herramientas se necesitan para realizar los trabajos
-	Llave dinamométrica
-	Llave de tubo
-	Llave de ajuste
-	Martillo de goma
-	Implementos de limpieza y solventes
-	Cepillos de alambre
-	Multímetro
-	Lubricantes y grasas
12	Indique las competencias tecnicas requeridas para realizar el trabajo
12.1	Mecanica industrial
12.2	Mecanica de motores a combustion
12.3	Maquinas de herramientas
12.4	Rodamientos X
12.5	Polines X
12.6	Montaje y alineacion de componentes
12.7	Bloqueo y aislamiento
13	¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?
13.1	Pauta de trabajo
13.2	Check list de recepcion
14	Instrucciones de seguridad
14.1	Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor de arranque asociados al trabajo.
14.2	Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al jefe de taller asignado para este trabajo.
14.3	Bloqueo y Etiquetado (LOTO - Lock Out Tag Out)
14.4	Señalizar el area de trabajo con conos, cinta, etc
14.5	Riesgo de lesiones corporales graves o muerte por despresurización rápida. Verifique que todo el sistema esté aislado y libre de presión antes de desmontar ejes, acoplamientos, tapas o tuberías.
14.6	Riesgo de contacto con lubricantes o fluidos contaminantes. Algunos componentes (acoplamientos, cajas de engranajes) pueden contener residuos peligrosos.
14.7	Realizar los trabajos conforme al manual del fabricante para evitar daños y accidentes.
14.8	Riesgo de quemaduras o lesiones al manipular componentes calientes. Deje que todas las piezas se enfrien completamente antes de tocarlas.
14.9	Consultar los manuales de instalación, operación y mantenimiento (IOM) del motor, acoplamiento, transmisión y rodamientos antes de intervenir.
14.10	Riesgo de proyección o explosión violenta si se aplica calor a componentes sellados. Asegurarse de que todas las cámaras estén abiertas y despresurizadas.
14.11	La manipulación de componentes pesados (como ejes, reductores o volantes) representa riesgo de aplastamiento. Usar elementos de izaje adecuados y EPP completo: casco, guantes, calzado de seguridad y ropa ajustada.
14.12	Riesgo de atrapamiento con piezas rotatorias. Nunca trabajar con el sistema energizado ni con resguardos desmontados.

Tabla 3-5 planificación de mantenimiento de sistema transmisión mecánica. Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Planificación De Mantenimiento Sistema De Absorción De energía

N°	ITEM
1	¿Qué trabajo se quiere realizar?
1,1	Mantenimiento completo y programado del sistema de absorción de potencia
-	Freno de agua (rotor-estator)
-	Sistema de sellos y empaquetaduras
-	Cojinetes de muñon
-	Sistema de enfriamiento y drenaje
-	Verifiacion de alineacion y oscilacion del rotor
-	Inspeccion del brazo de reaccion y celda de carga
2	¿Por qué se debe realizar?
2,1	Mantenimiento preventivo por horasde operacion (cada de 200 h, 4000, o 5 años)
2,2	Mantenimiento correctivo por fallas como: sobrecalentamiernto, vibraciones, fugas o perdida de carga
3	¿Cuáles son las recomendaciones de fabricante o experto?
3,1	Revision del estado de empaquetadura del freno cada 200 h o 3 meses
3,2	Reemplazo completo de empaquetadura cada 4000 h o 5 años (Lo que ocurra primero)
3,3	Verificar que el freno oscile libremente sobre sus cojinetes de muñon
3,4	Mantener el flujo minimo constante de agua durante toda la operacion para evitar fallo del sello
3,5	Revisar drenajes y asegurar que no haya obstrucciones ni contrapresion
4	¿Cómo se debe realizar el trabajo?
4,1	Detener el motor, cerrar valvulas de agua y aislar energia electrica
4,2	Drenar el sistema de agua del dinamometro
4,3	Inspeccionar empaquetadura visualmente presencia de fugas, endurecimiento o deformacion
-	Buscar desgaste, endurecimiento, deformación o fugas
-	Medir la compresión y reemplazar si no cumple especificación
4,4	Reajustar prensaestopa si la fuga es leve, reemplazar si esta dañada
-	Girar manualmente desde el acoplamiento
-	Confirmar ausencia de roce interno (contacto rotor-estator)
4,5	Inspeccionar oscilacion libre del freno en cojinetes de muñon
-	Medir temperatura durante operación previa
-	Buscar ruido, vibración o juego axial
-	Lubricar según especificación del fabricante
4,6	Verificar estado de mangueras, conexiones y valvular
-	Confirmar torque sin deformación del brazo
-	Revisar apriete de fijaciones
-	Verificar que la celda esté seca y sin corrosión
4,7	Revisar todas las mangueras, conexiones, válvulas y unión LCV:
-	Confirmar estanqueidad
	Reemplazar mangueras rígidas, agrietadas o ablandadas
5	¿Cuál es la secuencia de actividades?
5,1	Apagar el sistema, bloquear energia y cerrar valvulas de agua
-	Apagar sistema, bloquear energía y cerrar válvulas
-	Instalar candado/etiqueta (LOTO).
5,2	Drenar el freno de agua completamente
-	Drenar el freno completamente
-	Abrir tapa y realizar inspección interna del freno.
-	Revisar empaquetaduras y glándulas; reemplazar si hay fugas
-	Inspeccionar rotor y estator; verificar desgaste o rayas
-	Revisar cojinetes de muñón y lubricar según especificación
-	Verificar estado de alineación motor-dinamómetro
-	Inspeccionar brazo de reacción y celda de carga
-	Revisar válvula de control (LCV) y funcionamiento de relación carga
5,3	Inspeccion visual del freno, prensaestopa y cojinetes
-	Verificar desgaste, marcas de fricción o corrosión en rotor, estator y carcasa
-	Comprobar integridad de la prensaestopa, fuga en la empaquetadura y ajuste de la glándula
-	Revisar cojinetes de muñón por presencia de juego axial/radial, temperatura anormal o ruido
-	Confirmar que no existan obstrucciones internas ni acumulación de sedimentos

Tabla 3-6 planificación de mantenimiento de sistema de absorción de energía Fuente: Elaboración propia

5,4	Ajustar o reemplazar empaquetadura segun condicion
-	Medir compresión de la empaquetadura y compararla con la tolerancia del fabricante
-	Ajustar ligeramente la glándula si la fuga es mínima, evitando un apriete excesivo que cause fricción en el eje
-	Reemplazar empaquetadura si presenta endurecimiento, deformaciones, desgaste, o fuga persistente pese al ajuste
-	Lubricar empaquetadura nueva según las recomendaciones del manual Taylor
5,5	Verificar oscilacion del freno y que no haya interferencias externas
-	Girar el rotor manualmente para verificar que gira libremente sin contactos rotor–estator
-	Medir run-out (excentricidad) del eje si se detecta vibración anormal
-	Revisar que el brazo de reacción esté alineado y sin tensiones externas
-	Confirmar ausencia de interferencias mecánicas en acoplamientos, soportes o líneas de agua
-	Validar que el montaje motor–dinamómetro esté correctamente alineado
5,6	Restablecer flujo de agua mínima y verificar estanqueidad
-	Abrir válvulas de suministro y purgar aire del sistema para restablecer caudal continuo
-	Confirmar que el flujo cumpla valores mínimos del equipo (132 L/min por cada 100 HP absorbido)
-	Verificar que no existan fugas en mangueras, unions, prensaestopa ni drenajes
-	Comprobar que la presión de alimentación sea $\geq 2,1$ bar (30 psi) y que la temperatura de salida sea < 82 °C
-	Asegurar un flujo estable antes de volver a carga
5,7	Realizar prueba de funcionamiento sin carga
-	Encender equipo y operar el dinamómetro en vacío para comprobar rotación suave y sin vibraciones
-	Verificar estabilidad del eje, ruido, temperatura y señal de torque en DynPro (debe ser cercana a cero)
-	Confirmar que no existan fugas en prensaestopa ni en tuberías
-	Validar que el control de la válvula LCV responda correctamente en apertura/cierre
-	Una vez confirmada la operación sin carga, continuar con una prueba de carga mínima para validar estabilidad del freno
6	Errores comunes observados en mantenimientos anteriores
	No mantener el flujo mínimo de agua durante la operación, generando sobrecalentamiento del freno, pérdida de capacidad de absorción y daños en sellos o empaquetadura
6,1	Ajuste excesivo del prensaestopa, provocando sobrecarga en el eje, aumento de temperatura, desgaste prematuro de empaquetadura y riesgo de gripado
6,2	No verificar la oscilación del freno o el juego del rotor, lo que produce roces internos, esfuerzos en conexiones y vibración acelerada
6,3	No purgar completamente el sistema de agua antes de operar, dejando bolsas de aire que afectan el caudal, la estabilidad térmica y la lectura de torque
6,4	Ignorar la inspección del brazo de reacción o celda de carga, generando errores de medición y riesgos de deformación del soporte
6,5	
7	¿Que trabajos previos se deben realizar?
	Verificar disponibilidad de empaquetadura compatible, sellos, grasa resistente al agua, y repuestos críticos (retén, prensaestopa, pernos y juntas)
7,1	
	Comprobar estado, limpieza y calibración de herramientas de medición y apriete (torquímetro, indicadores de carátula, llaves cuadrantes, kit de extracción)
7,2	
	Solicitar autorización de intervención al jefe de taller y coordinar disponibilidad del dinamómetro para evitar detención de la línea de reparación
7,3	
	Revisar condiciones del sistema de suministro de agua: presión $\geq 2,1$ bar, caudal adecuado para la potencia a absorber y temperatura de entrada estable
7,4	
	Confirmar que el área esté libre de obstrucciones, con drenaje disponible y protección para evitar salpicaduras de agua durante el mantenimiento
7,5	
8	¿El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, cuales?
8,1	No depende
9	¿El termino de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
9,1	Si afecta, se detienen las pruebas de motores y linea de produccion
10	¿Existen otras trabajos paralelos que deben realizarse de este equipo?
10,1	No se registran trabajos paralelos
11	Que herramientas se necesitan para realizar los trabajos
-	Llave dinamometrica
-	Llave de tubo
-	Llave Allen
-	Llave de ajuste
-	Martillo de goma
-	Extrator de retenes y rodamientos
-	Juego de desatornilladores
-	Cepillos de alambre
-	Multimetro
-	Termometro infrarrojo
-	Implementos de limpieza y solventes
-	Grasa de alta de temperatura y lubricantes especificos para frenos hidraulicos
-	Sellos
12	Competencias tecnicas requeridas para realizar el trabajo
12.1	Mecanica industrial
12.2	Sistema de frenos hidraulicos y absorcion de potencia
12.3	Conocimiento de intercambio de calor
12.4	Hidraulica basica
12.5	Montaje, desmontaje y alineacion de componentes rotativos
12.6	Inspeccion de desgaste en elementos de friccion
12.7	Bloqueo y aislamientos
12.8	Lectura de planos y manuales electricos

Tabla 3-7 planificación de mantenimiento de sistema de absorción de energía Fuente: Elaboración propia

13	Documentos que aseguran la calidad de trabajo
13.1	Pauta de trabajo
13.2	Check list de intervension y validacion funcional
13.3	Ficha tecnica del equip y hoja de vida del mantenimiento
14	Instrucciones de seguridad
14.1	Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(/los motor(es) de arranque asociados al sistema.
14.2	Antes de intervenir, solicitar autorización al jefe de taller responsable del equipo.
14.3	Aplicar procedimiento de Bloqueo y Etiquetado (LOTO) en todos los puntos de energía (eléctrica, hidráulica y mecánica).
14.4	Delimitar y señalizar el área de trabajo con cinta, conos y letreros visibles.
14.5	Riesgo de lesiones graves por despresurización rápida. Verificar que el circuito hidráulico del sistema esté completamente despresurizado antes de abrir válvulas, tuberías o carcasas.
14.6	Riesgo de contacto con fluidos peligrosos o contaminantes. Usar protección personal al manipular el fluido hidráulico o refrigerantes.
14.7	Realizar todas las intervenciones conforme al manual técnico del fabricante
14.8	Riesgo térmico. Esperar que los componentes (discos, rotores, refrigeradores) se enfríen antes de tocarlos
14.9	Consultar los manuales de instalación, operación y mantenimiento (IOM) de frenos, sensores y sistema hidráulico.
14.10	Riesgo de explosión o proyección violenta. Nunca aplicar calor sobre partes selladas o retenidas con presión residual.
14.11	Riesgo de atrapamiento. No trabajar con el sistema energizado ni con partes móviles sin protección instalada

Agregar titulo

3.5 CHECK LIST DEL SISTEMA

En base a los sistemas críticos identificados se ha generado un Check list de los puntos críticos del equipo.

Equipo		Dinamometro Traylor DX30			
Fecha					
Responsable					
Ubicación		TDISIEL			
Item		Verificacion	Operativo	no optimo	Observaciones
Sistema de transmision de potencia	1.1	Estado general cardan (limpieza, corrosion, golpes)			
	1.2	Fisuras o soldaduras deterioradas en el tubo de torsion			
	1.3	Contrapesos en su lugar y firmemente sujetos			
	1.4	Ausencia de desalineacion o eje doblado			
	1.5	Alinjeacion de yugos internos en juntas universales			
	1.6	Juego axial y radial dentro de tolerancia (sin holgura excesiva)			
	1.7	Inspeccion de bujes de acoplamiento (desgaste o deformacion)			
	1.8	Tornilleria a par recomendado (Ver manual tecnico)			
	1.9	Aplicación de grasa EP NLGI#2 en puntos de engrase			
	1.10	Verificar que grasa purgue por lo sellos			
	1.11	Limpieza de exceso de grasa despues del engrase			
Sistema de absorcion de agua	2.1	Estado de la empaquetadura del freno de agua			
	2.2	Inspeccionar de celda de carga y varillaje			
	2.3	Estado y limpieza de mangueras de entrada y salida			
	2.4	Funcionamineto de valvulas de entrada y control de carga (LCV)			
	2.5	Verificacion de temperatura de agua de entrada (sobre 32°)			
	2.6	Verificar el flujo de agua (Minimo requerido según modelo)			
	2.7	Alineacion del brazo de torsion con celda de carga			
Observaciones	2.8	Lubricacion de muñones del freno de agua (si aplica)			

Tabla 3-8 Check List de mantenimiento del equipo. Fuente: Elaboración propia

3.6 PLAN DE MANTENIMIENTO

En base a los distintos análisis realizados en este trabajo y el manual de operaciones y servicio del equipo se ha elaborado el siguiente plan de mantenimiento.

Plan de mantenimiento sistema dinamometrico							
El siguiente instrctivo describe la periodicidad y procedimientos de mantenimiento para el conjunto del dinamometro como para los accesorios que se utilizan en su funcionamiento							
Tipos de mantenimiento							
Mantenimiento diario (Operario o usuario del dinamometro)							
Mantenimiento programado							
Mantenimiento correctivo por sintomas o desvios de parametros							
Intervalos de mantenimiento							
Dirario o previo a uso del equipo/Mensual/Trimestral/Semestral/Cada año							
Actividades Inspeccion Control Aplicar Reperar Limpiar A necesidad							
N°	Componentes/Sistemas	Actividad/Descripción	Frecuencia	Mantenimiento	Fecha de inicio	Fecha de termino	Responsable
1	Motor y acoplamientos	Verificar montaje, alineación y fijación del motor y acoplamientos	Antes de la 1ª puesta en marcha	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
2	Instrumentación y cableado	Revisar conexiones eléctricas y de instrumentación	Antes de la 1ª puesta en marcha	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
3	Mangueras y conexiones	Inspeccionar por fugas, desgaste o mal ajuste	Diaria / Antes de operar	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Operador
4	Engrasadores y lubricación	Añadir aceite según especificación, revisar nivel y fugas	Semanal / Cada 100 h	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
5	Eje de transmisión	Inspección visual, limpieza, lubricación y verificación de alineación	Cada 100 h o 1 mes	Preventivo/Correctivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
6	Acoplamiento del eje	Revisión de estado, lubricación y fijación	Cada 100 h o 1 mes	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
7	Empaquetadura freno de agua	Revisar desgaste, fugas y reemplazar si es necesario	Cada 200 h o 3 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
8	Celda de carga y varillaje	Inspección visual, verificación de funcionamiento y limpieza	Cada 200 h o 3 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
9	Intercambiador de energía	Verificar estado físico, funcionamiento y limpieza del equipo	Cada 200 h o 3 meses	Preventivo/Correctivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
10	Captador de velocidad magnético	Verificar estado físico y funcionamiento	Cada 200 h o 3 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
11	Cables y líneas de suministro	Inspección visual, tensión, desgaste y fijación	Cada 200 h o 3 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
12	Sensores y calibración	Calibración y verificación de sensores de par y velocidad	Cada 800 h o 12 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Especialista
13	Reguladores de presión de aire	Verificar presión, fugas y funcionamiento	Cada 800 h o 12 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
14	Interruptores de parada de emergencia	Verificar funcionamiento y estado	Cada 800 h o 12 meses	Preventivo	01-03-2026	28-02-2027	Técnico
15	Freno de agua ("amortiguador")	Inspección y ajuste los prensaestopas del amortiguador a 3 gotas por segundo.	Cada 4000 h o 5 años	Preventivo/Correctivo	01-03-2026	28-02-2027	Especialista

Tabla 3-9 Plan de mantenimiento del equipo crítico. Fuente: Elaboración propia.

3.7 IMPACTO ECONOMICO

Se cuantifica el impacto directo que la baja confiabilidad del dinamómetro DX30 tiene sobre la capacidad productiva y los resultados financieros de KRCC. Se ha determinado que las fallas

recurrentes de este activo crítico generan una pérdida anual por lucro cesante de \$20,130 USD, debido a la interrupción del servicio de diagnóstico de motores.

3.7.1 Análisis de Falla y Disponibilidad:

El análisis de la data operacional del dinamómetro DX30 arroja las siguientes parámetros:

- ❖ **Frecuencia de Falla:** Se registra un promedio de 3 eventos de falla crítica por año.
- ❖ **Tiempo Medio para Reparar (MTTR):** Cada evento de falla requiere un promedio de 10.5 días para ser solucionado, resultando en un tiempo de inactividad no programado considerable.
- ❖ **Indisponibilidad Anual:** El activo permanece inoperativo un total de 31.5 días al año, lo que representa una disponibilidad afectada directamente por mantenimientos correctivos.

3.7.2 Cuantificación del Impacto Económico

La indisponibilidad del equipo se traduce directamente en una pérdida de ingresos, calculada de la siguiente manera:

- ❖ **Capacidad de Facturación Diaria:** El servicio de diagnóstico tiene un valor de \$511 USD por día.
- ❖ **Pérdida por Lucro Cesante Anual:** Multiplicando la inactividad total (31.5 días) por la pérdida diaria, se obtiene un impacto financiero anual de \$20,130 USD.

La baja confiabilidad del dinamómetro DX30 es un punto crítico que afecta directamente la productividad y rentabilidad de la línea. Los 31.5 días de detención anual no solo representan una pérdida financiera directa de más de \$20,000 USD, sino que también generan cuellos de botella operacionales e impactan negativamente en el cumplimiento de los plazos con los clientes. Es imperativo desarrollar un plan de acción para aumentar la disponibilidad de este activo, ya sea a través de un mantenimiento proactivo mejorado, un overhaul completo o la evaluación de su reemplazo.

Concepto	Valor	Formula/Calculo
Dias perdidos por fallas	10,5	Promedio por evento
Numero de fallas criticas anuales	3	Dato historico
Valor diagnostico	\$ 1.342	Valor promedio
Total dias perdidos anuales	31,5	3 fallas x 10,5 dias
Valor perdida diaria por paralizacion	\$ 511	Perdida economica total por dias perdidos/Total dias perdidoo anuales
Perdida economica total por dias perdidos	\$ 16.104	(Valor reparacion + motores)x meses
Costo anual de reparaciones	\$ 4.026	3 fallas x \$1.275.000
Costo total anual por fallas	\$ 20.130	Perdida economica total por dias perdidos + Coste anual de reparaciones
Ahorro	\$ 20.130	

Tabla 3-10 Impacto operacional. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

AL abordar de manera técnica y estructurada la problemática asociada al Dinamómetro Taylor DX30, equipo crítico dentro de la planta Komatsu Reman Center Chile (KRCC). A partir de un análisis de criticidad aplicado a un universo de 354 equipos, se identificó a este dinamómetro como el activo de mayor relevancia operativa, debido a su carácter único en la planta y su función clave en la verificación de motores diésel. La ausencia de un respaldo operativo en caso de falla genera una alta dependencia funcional y riesgo de paralización de la línea de producción.

Con base en este diagnóstico, se desarrolló un análisis funcional de los sistemas principales del equipo: transmisión mecánica y absorción de energía. Luego, mediante el método FMECA, se identificaron los modos de falla más relevantes, los cuales fueron jerarquizados mediante el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Este proceso permitió enfocar los esfuerzos en los puntos críticos del equipo y establecer una base técnica sólida para la planificación del mantenimiento.

Posteriormente, se aplicó el diagrama de decisión RCM, lo que permitió definir tareas específicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, y se elaboró un plan detallado de mantención para cada sistema. Asimismo, se diseñaron checklists operativos y procedimientos orientados a optimizar la ejecución técnica en terreno. Todo este trabajo se enmarca en una visión orientada a la confiabilidad, la disponibilidad operativa y la sostenibilidad del equipo en el tiempo.

El análisis económico reveló que, actualmente, se registran en promedio tres fallas críticas al año, generando un total estimado de 31,5 días de detención anual. Esto implica pérdidas superiores a USD \$20.130 anuales por diagnósticos no realizados, sin contar los costos asociados a reparación y mano de obra externa.

Frente a este escenario, la implementación del plan de mantenimiento propuesto se justifica no solo técnicamente, sino como una inversión estratégica indispensable. El plan está diseñado para mitigar directamente las fallas que causan esta pérdida financiera, transformando la gestión del activo de un modelo reactivo a uno proactivo y basado en la confiabilidad. Este proyecto sienta las bases para optimizar la disponibilidad del equipo, asegurar la rentabilidad de la línea de motores y consolidar una cultura de mantenimiento de clase mundial en KRCC.

BIBLIOGRAFÍA.

Instituto Nacional de Normalización. (1999). NCh-ISO 55000: Gestión de activos – Principios generales. INN Chile.

Ministerio de Salud de Chile. (1999). Decreto Supremo N° 594: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Diario Oficial de la República de Chile.

Arata, J., & Costa, R. (2016). Gestión del mantenimiento: Enfoques, estrategias y herramientas. Ediciones UNSAM.

Taylor Dynamometer Inc. Manual de Operación y Mantenimiento Serie DX30. Manual de servicios y operaciones

OIT (Organización Internacional del Trabajo). (2012). Guía para la implementación del TPM (Total Productive Maintenance). OIT, Departamento de Empresas.

SAE JA1012, N. S (2002) Una Guía para la Norma del Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Prácticas recomendadas.

ANEXO



**PROGRAMA DE MANTENCIÓN
Y GENERALIDADES.**



Plan de mantenimiento sistema dinamometro

El siguiente instructivo describe la periodicidad y procedimientos de mantenimiento para el conjunto del dinamómetro como para los accesorios que se utilizan en su funcionamiento.

Tipos de mantenimiento

- ☒ Mantenimiento diario (Operario o Usuario del dinamometro)
- ☒ Mantenimiento programado (SS.GG)
- ☒ Mantenimiento correctivo por síntomas o desviación de parametros (SS.GG / Op)

Intervalo de mantenimiento

Diario o previo a uso del equipo / Mensual / Trimestral / semestral / cada año

Actividades:

- ☒ Inspección
- ☒ Control
- ☒ Aplicar
- ☒ Reparar
- ☒ Limpiar
- ☒ A necesidad

COD	Trabajo	Responsable
R-001	Inspección general de dinamometro (exterior / interior)	
R-002	Inspección de niveles de fluidos (Combustible, refrigerante, aceite)	
R-003	Inspección de cadenas y elementos de izaje	
R-004	Inspección	
R-005	Inspección	
R-006	Inspección	
R-007	Inspección	
R-008	Lubricación de eje cardan frontal / posterior	
R-009	Lubricación	
R-010	Lubricación	
R-011	Lubricación	
R-012	Lubricación	
R-013	Lubricación	
R-014	Limpiar	
R-015	Limpiar	
R-016	Limpiar	
R-017	Limpiar	
R-018	Limpiar	
R-019	Limpiar	
R-020	Reparación	
R-021	Reparación	
R-022	Reparación	
R-023	Reparación	
R-024	Reparación	
R-025	Cambio	
R-026	Cambio	
R-027	Cambio	
R-028	Cambio	

Programa de mantenimiento				
Elemento	Plazo	Referencia	Responsable	Status
Ablandador de agua	a definir		SS.CC	☒
Inspeccionar el estado de las mangas de ingreso de aire para motor	Revisión diaria / antes de operación		Revisión diaria / antes de operación	☒
Limpieza de intercambiadores de calor	a definir			☒
Limpieza Grating	San Nicolas		Mensual	☐
Limpieza Torre enfriamiento	San Nicolas / Marcelo		mensual	☐
				☐

Programa de mantenimiento				
Elemento	Plazo	Referencia	Responsable	Status
Lubricación de rodamiento en dos lugares (delantera y trasera) – Engrasar.	3 meses		SS.CC	
Cardan : Hacer prueba de magna flux. Producto : Magna flux y/o tintas penetrantes.	3 meses		SS.CC	
Rodamientos y Crucetas : Cambiar	2 años		SS.CC	
Visores de nivel de los rodamientos del eje : Mantener nivel visible en los visores transparentes, las copas deben estar visibles en todo momento. Producto : Aceite SAE 30 (SIN detergente)	Revisión diaria / antes de operación		Previo a cada operación	
Teflón sello positivo : Compruebe mediante observación fuga por agujero. Si la fuga es evidente, reemplazar el sello.	Revisión diaria / antes de operación		Previo a cada operación	
Revisión de funcionamiento de válvulas de ahogo de dinamómetro	6 meses		SS.CC	

Especificaciones físicas

DX30 Series Model	Length ¹	Mounting Holes Width ²	Height ³	Weight ⁴ Weight ⁵	Water Flow Waste ⁶	Water Flow Recycling ⁶	Inertia Value ⁷
DX31	40.88 in. [1038 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	1254 lb [569 kg] 2962 lb. [1338 kg]	19 gpm [72 lpm]	28 gpm [106 lpm]	23.2 lb-ft ²
DX32	42.88 in. [1089 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	1451 lb [658 kg] 3159 lb [1427 kg]	37 gpm [140 lpm]	55 gpm [208 lpm]	42.9 lb-ft ²
DX33	44.79 in. [1138 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	1648 lb [748 kg] 3356 lb [1517 kg]	59 gpm [223 lpm]	83 gpm [314 lpm]	62.4 lb-ft ²
DX34	46.88 in. [1191 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	1846 lb [837 kg] 3554 lb [1606 kg]	79 gpm [299 gpm]	110 gpm [416 lpm]	82.0 lb-ft ²
DX35	48.79 in. [1239 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	2043 lb [927 kg] 3751 lb [1696 kg]	98 gpm [371 lpm]	138 gpm [522 lpm]	101.6 lb-ft ²
DX36	50.79 in. [1290 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	2240 lb [1016 kg] 3948 lb. [1785 kg]	118 gpm [447 lpm]	165 gpm [625 lpm]	121.6 lb-ft ²
DX38	54.88 in. [1394 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	2634 lb [1195 kg] 4342 lb [1964 kg]	157 gpm [594 lpm]	220 gpm [833 lpm]	160.7 lb-ft ²
DX3010	58.88 in. [1495 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	3082 lb [1373 kg] 4790 lb [2142 kg]	196 gpm [742 lpm]	275 gpm [1041 lpm]	199.9 lb-ft ²
DX3012	62.88 in. [1597 mm]	31.5 in. [800 mm]	34.62 in. [940 mm] 15.62 in. [397 mm]	3423 lb. [1553 kg] 5131 lb [2322 kg]	236 gpm [893 lpm]	330 gpm [1249 lpm]	239.1 lb-ft ²

