



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“REPOTENCIACIÓN DEL DINAMÓMETRO ANALÓGICO DEL
LABORATORIO DE MOTORES DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO”**

Trabajo de Integración Curricular.

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

ANDY PATRICIO GUANGA GUANGA

MIGUEL ÁNGEL UGSIÑA COLCHA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“REPOTENCIACIÓN DEL DINAMÓMETRO ANALÓGICO DEL
LABORATORIO DE MOTORES DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO”**

Trabajo de Integración Curricular.

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: ANDY PATRICIO GUANGA GUANGA

MIGUEL ÁNGEL UGSIÑA COLCHA

DIRECTOR: Ing. PAÚL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Andy Patricio Guanga Guanga & Miguel Ángel Ugsiña Colcha**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca los Derecho de Autores.

Nosotros, ANDY PATRICIO GUANGA GUANGA Y MIGUEL ÁNGEL UGSIÑA COLCHA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de diciembre de 2022.



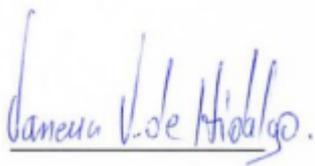
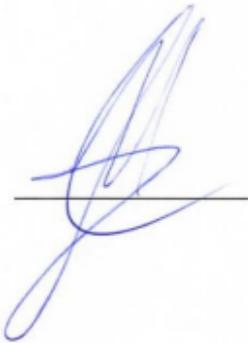
Andy Patricio Guanga Guanga
C.I. 060474176-9



Miguel Ángel Ugsiña Colcha
C.I. 060362697-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**REPOTENCIACIÓN DEL DINAMÓMETRO ANALÓGICO DEL LABORATORIO DE MOTORES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO**”, realizado por los señores: **ANDY PATRICIO GUANGA GUANGA Y MIGUEL ÁNGEL UGSIÑA COLCHA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Vanessa Lorena Valverde Gonzales PRESIDENTA DEL TRIBUNAL		2022-12-21
Ing. Paul Alejandro Montufar Paz DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-21
Ing. Alex Giovanni Tenicota García ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-21

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de integración curricular a mis padres por forjarme siempre como una persona perseverante, porque siempre me enseñaron a nunca dejar de lado mis sueños y a mi hermana por el apoyo constante para seguir creciendo en lo personal y ahora en lo profesional.

Andy

El presente proyecto se lo dedico a mi madre, por ser mi apoyo incondicional a lo largo de estos años de carrera universitaria, por todo su esfuerzo y sacrificio al brindarme los medios necesarios para cumplir mi meta, por ser mi motor para nunca rendirme, ni decaer, por todo el amor, cariño y comprensión que me han brindado siempre, siendo mi mayor ejemplo de dedicación, valentía y esfuerzo.

Miguel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la salud, a mis padres por darme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios y a mis maestros por compartir su conocimiento a lo largo de esta carrera para el crecimiento profesional.

Andy

Agradezco de manera primordial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme formar parte de tan ilustre institución, a la Facultad de Mecánica, por ser cuna de excelentes profesionales y a la Escuela de Mantenimiento Industrial por abrirme las puertas, permitir mi formación académica y moldearme para ser una profesional de éxito con conocimientos, valores y principios basados en la ética y la moral. A los docentes que impartieron sus valiosos conocimientos para crear profesionales aptos para ejercer la profesión y que me acompañaron a lo largo de la carrera.

Miguel

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación y actualidad.....	3
1.3. Planteamiento del problema	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Dinamómetro	5
2.1.1. <i>Principio de funcionamiento del dinamómetro.</i>	6
2.1.1.1. <i>Torque</i>	6
2.1.1.2. <i>Potencia</i>	7
2.1.1.3. <i>Consumo de combustible</i>	7
2.2. Tipos de dinamómetros	7
2.2.1. <i>Dinamómetro hidráulico</i>	7
2.2.2. <i>Dinamómetro de chasis</i>	8
2.2.3. <i>Dinamómetro de motor</i>	9

2.2.4.	<i>Dinamómetros eléctricos de AC o DC</i>	9
2.2.5.	<i>Dinamómetro por corrientes parásitas</i>	10
2.2.5.1.	<i>Corrientes parásitas o de Foucault</i>	10
2.2.5.2.	<i>Frenado por corrientes parásitas</i>	11
2.2.5.3.	<i>Partes del tambor de freno por corrientes parásitas</i>	11
2.3.	Sistema de refrigeración del dinamómetro por corrientes parásitas.	13
2.4.	Ablandador o dosificador de agua	13
2.5.	Sistema de transmisión eje-cardan	14
2.6.	Alineación de ejes	15
2.6.1.	<i>Tipos de desalineamiento</i>	15
2.6.1.1.	<i>Desalineación angular</i>	15
2.6.1.2.	<i>Desalineación paralela</i>	16
2.7.	Motores de combustión interna	16
2.7.1.	<i>Principio de funcionamiento de los motores de combustión interna.</i>	17
2.8.	Mantenimiento	18
2.8.1.	<i>Tipos de mantenimiento</i>	18
2.8.1.1.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	19
2.8.1.2.	<i>Mantenimiento correctivo</i>	19
2.8.2.	<i>Plan de mantenimiento</i>	19
2.8.2.1.	<i>Estrategias para la elaboración del plan de mantenimiento</i>	20
2.8.3.	<i>Cronograma de mantenimiento</i>	20
2.8.4.	<i>Logística de mantenimiento</i>	21
2.8.5.	<i>Documentación de mantenimiento.</i>	22
2.8.5.1.	<i>Documentación de la fase operativa</i>	22
2.8.5.2.	<i>Historico de mantenimiento</i>	22
2.8.5.3.	<i>Ficha técnica</i>	22
2.8.5.4.	<i>Orden de trabajo</i>	22
2.9.	Consumo de combustible.	23
2.9.1.	<i>Consumo específico de combustible</i>	23

2.9.2.	<i>Formas de medir el consumo específico de combustible</i>	23
2.9.2.1.	<i>Sensor de flujo YF-S402</i>	24
2.9.2.2.	<i>Tarjeta DAQ 6009</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Determinación del estado técnico actual	25
3.1.1.	<i>Sistema de refrigeración.</i>	25
3.1.1.1.	<i>Cisterna</i>	25
3.1.1.2.	<i>Bomba de agua</i>	26
3.1.1.3.	<i>Ablandador o dosificador de agua</i>	27
3.1.1.4.	<i>Ductos o líneas de refrigeración</i>	27
3.1.1.5.	<i>Tanque reservorio de agua</i>	29
3.1.1.6.	<i>Soportes de la bancada del dinamómetro.</i>	29
3.1.1.7.	<i>Sistema de transmisión eje cardan.</i>	30
3.1.1.8.	<i>Sistema eléctrico</i>	30
3.1.1.9.	<i>Tarjeta electrónica.</i>	31
3.2.	Resumen del estado técnico actual.	31
3.3.	Aplicación del mantenimiento a los sistemas del dinamómetro	33
3.3.1.	<i>Puesta en marcha del ablandador o dosificador de agua.</i>	33
3.3.1.1.	<i>Instalación del ablandador de agua</i>	33
3.3.2.	<i>Mantenimiento a los elementos de refrigeración</i>	35
3.3.3.	<i>Mantenimiento preventivo a los laberintos del dinamómetro.</i>	37
3.3.4.	<i>Mantenimiento preventivo a la bomba de agua y motor eléctrico.</i>	37
3.3.5.	<i>Mantenimiento preventivo al sistema eléctrico y electrónico</i>	39
3.3.5.1.	<i>Calibración del sensor de contrapeso</i>	39
3.3.6.	<i>Alineación del sistema eje cardan.</i>	39
3.3.7.	<i>Mantenimiento al tambor de freno</i>	40
3.3.8.	<i>Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico</i>	42

3.3.8.1.	<i>Mantenimiento a la valvula celenoide</i>	42
3.3.8.2.	<i>Mantenimiento al tablero de control</i>	43
3.3.8.3.	<i>Mantenimiento del sistema electrónico</i>	43
3.4.	Documentación de mantenimiento	44
3.4.1.	<i>Elaboración de la orden de trabajo</i>	44
3.4.2.	<i>Elaboración de la ficha técnica</i>	45
3.4.3.	<i>Histórico de mantenimiento</i>	46
3.5.	Plan de mantenimiento	46
3.7	Cronograma de mantenimiento	47
3.8.	Logística de mantenimiento	51
3.8	Manual de operación y mantenimiento	50
3.9.	Determinación del consumo instantáneo de combustible	50

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	53
4.1.	Resultados del análisis técnico actual	53
4.2.	Resultado del mantenimiento correctivo	56
4.3.	Resultado del mantenimiento preventivo	57
4.4.	Resultados de la calidad del agua	59
4.4.1.	<i>Resultados de la documentación de mantenimiento</i>	62
4.4.2.	<i>Resultados del plan de mantenimiento</i>	63
4.5.	Resultado de la determinación del consumo instantáneo	63

	CONCLUSIONES	64
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	65
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Partes constitutivas del dinamómetro por corrientes parásitas.	10
Tabla 2-2:	Partes constitutivas del freno por corrientes parasitas	12
Tabla 3-2:	Partes constitutivas del sistema eje cardan.	15
Tabla 4-2:	Formato del plan de mantenimiento	19
Tabla 5-2:	Formato del cronograma de mantenimiento.	20
Tabla 6-2:	Formato de la logística de mantenimiento.	21
Tabla 1-3:	Estado técnico actual del sistema de refrigeración.	31
Tabla 2-3:	Estado técnico actual del sistema eléctrico.	32
Tabla 3-3:	Estado técnico actual del sistema mecánico.	32
Tabla 4-3:	Materiales para la instalación del ablandador de agua.	33
Tabla 5-3:	Partes constitutivas del sistema eje cardan.	41
Tabla 6-3:	Datos del termograma analizado.	42
Tabla 7-3:	Conclusión del análisis termográfico.	42
Tabla 8-3:	Formato de la orden de trabajo.	44
Tabla 9-3:	Formato de la ficha técnica.	45
Tabla 10-3:	Ficha del historial de mantenimiento.	46
Tabla 11-3:	Plan de mantenimiento.	47
Tabla 12-3:	Cronograma de mantenimiento.	51
Tabla 14-3:	Datos del consumo de combustible.	50
Tabla 1-4:	Criterios de severidad.	53
Tabla 2-4:	Resultados del análisis técnico actual.	54
Tabla 3-4:	Resultado de las actividades correctivas.	56
Tabla 4-4:	Resultado de las actividades de mantenimiento preventivo	58
Tabla 5-4:	Prueba de calidad del agua.	59
Tabla 6-4:	Documentación del mantenimiento.	62
Tabla 7-4:	Resultados del plan de mantenimiento.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Dinamómetro Borghi & Saveri FA 200SP	5
Figura 2-2:	Principio de torque o par motor	6
Figura 3-2:	Diagrama mecánico de un dinamómetro hidráulico.	8
Figura 4-2:	Dinamómetro de chasis para medir la potencia en la rueda.	8
Figura 5-2:	Dinamómetro de motor	9
Figura 6-2:	Dinamómetros de AC o DC	9
Figura 7-2:	Dinamómetro de corrientes parasitas.	10
Figura 8-2:	Frenado por corrientes parasitas.	11
Figura 9-2:	Partes del tambor de freno del dinamómetro.	12
Figura 10-2:	Mecanismos del sistema de refrigeración	13
Figura 11-2:	Ablandador de agua.	13
Figura 12-2:	Estructura del ablandador de agua	14
Figura 13-2:	Sistema de transmisión eje- cardán	14
Figura 14-2:	Desalineación angular.	16
Figura 15-2:	Desalineación paralela.	16
Figura 16-2:	Motor de combustión interna	17
Figura 17-2:	Ciclo de combustión del motor Otto.	17
Figura 18-2:	Sensor de flujo.	24
Figura 19-2:	Tarjeta electrónica.	24
Figura 1-3:	Cisterna del sistema de refrigeración.	26
Figura 2-3:	Válvula antirretorno	26
Figura 3-3:	Motor eléctrico acoplado a la bomba de agua.	27
Figura 4-3:	Ductos de refrigeración del tambor de freno.	28
Figura 5-3:	Fatiga en el acople de la tubería y el tanque de agua.	28
Figura 6-3:	Picaduras en la línea de succión de agua de la cisterna.	28
Figura 7-3:	Corrosión en las tuberías de descarga de agua.	28
Figura 8-3:	Tanque de reservorio de agua.	29
Figura 9-3:	Bancada del dinamómetro.	29
Figura 10-3:	Sistema eje cardan.	30
Figura 11-3:	Sistema eléctrico.	30
Figura 12-3:	Limpieza de la válvula antirretorno.	36
Figura 13-3:	Cambio de la línea de succión de la cisterna.	36
Figura 14-3:	Aplicación de fibra de vidrio al tanque de agua.	37
Figura 15-3:	Pintado del tanque reservorio de agua.	37

Figura 16-3: Mantenimiento preventivo al motor eléctrico.....	38
Figura 17-3: Mantenimiento preventivo a la bomba centrífuga.	38
Figura 18-3: Pintado del motor y bomba de agua.....	38
Figura 19-3: Despiece del sistema eje cardan.....	39
Figura 20-3: Acople flexible rectificado.....	39
Figura 21-3: Alineación del sistema eje cardan.....	40
Figura 22-3: Engrase del sistema eje cardan.....	40
Figura 23-3: Termograma del tambor de freno.....	41
Figura 24-3: Válvula solenoide.....	42
Figura 25-3: Alineación del sistema eje cardan.....	43
Figura 26-3: Mantenimiento al tablero de disyuntores.....	43
Figura 27-3: Mantenimiento a la tarjeta electrónica.....	44
Figura 1-4: Medición de PH del agua.....	60
Figura 2-4: Resultados de la cantidad de PH y cloro.....	60
Figura 3-4: Medidor de pureza de agua.....	61
Figura 4-4: Cintas para medir la calidad del agua.....	61
Figura 5-4: Resultados de las curvas del consumo de combustible.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Parámetros de respuesta del dinamómetro.	6
Gráfico 2-2: Tipos de mantenimiento según la norma ISO 14224:2016	18
Gráfico 3-2: Planificación del mantenimiento.	21
Gráfico 1-3: Determinación de la curva de consumo de combustible.	51
Gráfico 1-4: Resultados del análisis técnico actual.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DEL ABLANDADOR DE AGUA

ANEXO C: CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

ANEXO D: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO

ANEXO E: MANUAL DE OPERACIÓN

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MCI	Motor de combustión interna.
Nm	Newton metro
ISO	Organización Internacional de Normalización.
UNE-EN	Una Norma Española-Norma Europea
NETA MTS:2019	Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas: Norma para especificaciones de pruebas de mantenimiento.

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tiene como objetivo la repotenciación del dinamómetro analógico del Laboratorio de Motores de la Facultad de Mecánica y la elaboración de un plan de mantenimiento. En donde se obtuvo la puesta en marcha total del activo físico y de los subsistemas que lo componen, también se elaboró el plan de mantenimiento, el mismo que permitirá evitar tiempos muertos y mantener su función requerida. Con el análisis técnico actual realizado se procedió a implementar las tareas preventivas y correctivas necesarias para la puesta en marcha del ablandador de agua, alineación del sistema de transmisión eje cardan, mantenimiento al sistema de corrientes parásitas y mantenimiento al sistema eléctrico, utilizando los equipos necesarios para cumplir dicho objetivo, así también el plan de mantenimiento se desarrolló en base al manual de operación y a la experiencia de los operarios. Con la aplicación de las metodologías del mantenimiento, el dinamómetro analógico obtuvo un mayor desempeño al cumplir su función requerida, obteniendo un mejor análisis de las curvas de desempeño (potencia, torque y consumo de combustible). Se concluyó que las tareas de mantenimiento realizadas han permitido obtener un análisis más exacto del comportamiento de los motores de combustión interna, asimismo, el nuevo ablandador de agua elimina eficazmente todos los sedimentos e impurezas del líquido refrigerante que en gran medida evita la corrosión en el sistema de refrigeración para el frenado. Se recomienda implementar las tareas de mantenimiento propuestas para mantener la función requerida de los sistemas y subsistemas del dinamómetro analógico.

Palabras clave: <DINAMÓMETRO ANALÓGICO>, <POTENCIA EN MOTORES>, <TORQUE EN MOTORES>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <CORRIENTES PARÁSITAS>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>.

0189-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This Curricular Integration Work has as an objective to repower the analog dynamometer of Motor Laboratory at Mechanics Faculty and the development of a maintenance plan. Where the total setting up of the physical asset and the subsystems that compose were obtained. The maintenance plan was also elaborated, the same one that will avoid downtime and maintain its required function. With the current technical analysis carried out, the necessary preventive and corrective tasks were implemented for the start-up of the water softener, alignment of the cardan shaft transmission system, maintenance of the eddy current system and maintenance of the electrical system, using the necessary equipment to meet this objective. The maintenance plan was also developed based on the operation manual and the experience of the operators. With the application of maintenance methodologies, the analog dynamometer obtained a higher performance by fulfilling its required function. Obtaining a better analysis of the performance curves (power, torque and fuel consumption). It was concluded that the maintenance tasks carried out have allowed obtaining a more accurate analysis of the behavior of internal combustion engines. Likewise, the new water softener effectively removes all sediments and impurities from the coolant that largely prevents corrosion in the cooling system for braking. It is recommended to implement the proposed maintenance tasks to maintain the required function of the analog dynamometer systems and subsystems.

Keywords: <ANALOG DYNAMOMETER>, <ENGINE POWER>, <ENGINE TORQUE>, <FUEL CONSUMPTION>, <EDDY CURRENT>, <MAINTENANCE PLAN>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

A raíz de la pandemia han surgido varios deterioros en algunos equipos de los laboratorios de la Facultad de Mecánica por una falta de mantenimiento preventivo, en consecuencia, el presente Proyecto Técnico del Trabajo Integración Curricular está enfocado a la repotenciación del dinamómetro analógico del laboratorio de motores y elaboración de un plan de mantenimiento, con la finalidad de subsanar la problemática que dicho activo físico presenta.

Actualmente en el país se cuenta con pocos dinamómetros analógicos que permitan analizar el estado de los motores de combustión interna, y al tener uno de estos equipos en la ESPOCH, es necesario realizar un correcto mantenimiento, ya q todo activo físico con el transcurso del tiempo operacional va sufriendo pérdidas parciales durante su ciclo de vida, por tal motivo se han propuesto objetivos que permita cumplir de manera óptima su función requerida.

En el capítulo I se detalla de manera precisa el diagnóstico del problema, destacando los factores que enfrentan los estudiantes al no contar con un dinamómetro óptimo que permita realizar la recolección de datos reales en las pruebas de torque, potencia y consumo de combustible, también se menciona los objetivos necesarios para cumplir con dicho propósito.

En el capítulo II se narra los fundamentos teóricos, los cuales permitirán entrar en contexto con el tema. Este contenido bibliográfico actual, hacen relación al principio de funcionamiento del dinamómetro, motores de combustión interna, consumo de combustible y de las estrategias de mantenimiento a implementar.

En el transcurso del capítulo III se especifica la implementación de las metodologías y tareas de mantenimiento tanto correctivas como preventivas, después de haber realizado un análisis basado en la condición técnica para que el dinamómetro cumpla su operación total.

En el capítulo IV se exponen los resultados y conclusiones obtenidas después de haber cumplido todos los objetivos específicos propuestos para la repotenciación y puesta en marcha del dinamómetro analógico y el plan de mantenimiento.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Según el análisis del trabajo especializado en el ensamble e instrumentación de un banco didáctico para pruebas de arranque en motores de combustión interna de (Monroy et al. 2020, pp.37-48), muestran la necesidad de realizar pruebas a través de la recolección de datos para determinar posibles fallas con la variación de la velocidad angular en volantes de inercia y la potencia eléctrica entregada por el sistema. Para obtener estos datos se utiliza un sensor inductivo que permita detectar la posición angular del volante de inercia desde el arranque hasta su estabilidad, en la cual se recibe una señal analógica para ser procesada en un código digital de Matlab. La finalidad de este banco de pruebas es diagnosticar y corregir posibles averías en dichos motores de combustión interna.

Con las actualizaciones realizadas en los últimos tiempos, el área vehicular ha ido implementando nuevas tecnologías en cuanto al remplazo de motores de combustión interna por eléctricos, sin embargo, para saber las modificaciones o mejoras que se debe realizar en los motores es importante realizar pruebas exhaustivas de desempeño del motor (torque, potencia y consumo de combustible). Para cumplir dicho propósito se utiliza generalmente dinamómetros capaces de crear una carga al motor para identificar los parámetros que se desea medir (Zafra 2019, p. 4).

Un dinamómetro que evalúe parámetros de torque, potencia y consumo de combustible, con la generación de curvas de desempeño, basa su principio de operación con la generación de una carga respecto al eje de salida del motor y el tambor de freno dinamométrico. Este proceso se realiza por medio de un acoplamiento eje cardan para evitar problemas de desalineación y vibraciones mecánicas. que alteren las tomas de datos de acuerdo con (Barreiro, 2016, pp.6-7).

Cuando un activo físico entra en operación es imprescindible tener un plan de mantenimiento para los diferentes sistemas del equipo ya sean hidráulicos, eléctricos o electrónicos, esto generará una optimización y un correcto funcionamiento al momento de realizar las pruebas dinámicas. Una de las consideraciones que se debe tomar en cuenta es el contexto operacional y las especificaciones del vehículo a ser analizado, sin embargo, cuando el dinamómetro se encuentra fuera de operación es importante realizar una repotenciación para que vuelva a cumplir su función operacional En el plan de mantenimiento debe constar la logística para realizar las tareas

preventivas de los diferentes sistemas y subsistemas que los componen. (Poalacín y Vilaña 2021, p. 18).

1.2. Justificación y actualidad

A nivel global la industria automotriz ha ido evolucionando tecnológicamente a pasos agigantados, debido a las exigencias y necesidades del usuario. Esto obliga a la industria a adoptar nuevas innovaciones de los diferentes componentes y sub sistemas de un quipo automotriz, ya sea en equipos mecánicos, eléctricos o electrónicos. Para satisfacer estas modernizaciones es conveniente conocer más a fondo los parámetros de funcionamiento, principalmente de torque, potencia y consumo de combustible en motores eléctricos o de combustión interna.

En el Ecuador al no tener la iniciativa de repotenciar y modernizar motores de combustión interna para su comercialización global, el número existente de dinamómetros analógicos que permitan estudiar el desempeño del motor es muy escaso. Esto se ha convertido en una deficiencia debido a la falta de personal especializado en dicha área, sin embargo, los pocos equipos existentes son utilizados en laboratorios para conocer las posibles fallas y debilidades de un motor cuando está en operación.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica cuenta con uno de los pocos dinamómetros analógicos que existen en el país. Actualmente este activo físico tiene un bajo nivel de funcionamiento debido a la falta de mantenimiento, por tal motivo surge la necesidad de repotenciar el dinamómetro analógico BORGHI Y SAVERI modelo FA 200 SP, que al ser un elemento antiguo y escaso es considerable tener un plan de mantenimiento preventivo y un manual de operación que permita cumplir con su función requerida.

1.3. Planteamiento del problema

En el dinamómetro BORGHI Y SAVERI modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se han venido realizando mejoras, pasando de un modelo analógico a digital, sin embargo, dicho activo físico no ha recibido tareas de mantenimiento desde que inicio la pandemia, siendo necesario una repotenciación para que trabaje a su máxima capacidad. Se plantea que debido a la ausencia de un mantenimiento óptimo y planificación para este activo físico no se ha podido evitar fallas imprevistas y tiempos muertos en operación lo cual afecta a las prácticas de laboratorio para los estudiantes de la Facultad de Mecánica.

El sistema de refrigeración del motor de combustión interna y del dinamómetro cuenta con varios

ductos de enfriamiento, por lo que en la actualidad el sistema no trabaja con un ablandador óptimo para el tratamiento de agua. La mala calidad de este fluido con el que se trabaja ha generado varios problemas de corrosión en las paredes interiores de las tuberías. Estos inconvenientes han provocado pérdidas de presión por picaduras en las líneas de refrigeración y obstrucciones por la corrosión y sedimentos del agua dura.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Repotenciar el dinamómetro analógico del laboratorio de motores de la Facultad de Mecánica y elaborar de un plan de mantenimiento.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Determinar el estado técnico actual del dinamómetro analógico del Laboratorio de Motores de la Facultad de Mecánica.

Aplicar el mantenimiento correctivo y preventivo a los subsistemas del dinamómetro analógico.

Elaborar el manual de operación y plan de mantenimiento del dinamómetro analógico.

Determinar el consumo instantáneo de combustible.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Dinamómetro

El dinamómetro es un equipo que permite medir la energía entregada por el motor de un vehículo a través de un sistema de transmisión. Este mecanismo genera una carga al motor cuando se encuentra sometido a un torque opuesto al que gira o cuando el motor opera con una velocidad constante angular. En el dinamómetro de corrientes parasitas se genera un campo magnético en el tambor de freno permitiendo, esto calcular la potencia entregada a partir de la carga generada, según (Montiel y Coneo 2020, p. 24).



Figura 1-2: Dinamómetro Borghi & Saveri FA 200SP

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022

Generalmente un dinamómetro se utiliza para estudiar el comportamiento de los motores de combustión interna y obtener un análisis que permita modificar y fabricar nuevos motores. Los principales parámetros de respuesta del dinamómetro buscan verificar el comportamiento y la durabilidad del motor a largo plazo, según (Aguilar y Rojano 2021, p. 31).

El dinamómetro BORGHI & SAVERI FA 200SP que se muestra en la Figura 1-2, es un equipo italiano con el que cuenta la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, esta máquina es utilizada para realizar pruebas de laboratorio con los estudiantes, en donde se analiza y estudia el comportamiento técnico de los motores de combustión interna a través de la recolección de datos y generación de curvas de desempeño.

2.1.1. Principio de funcionamiento del dinamómetro.

El principio de funcionamiento del dinamómetro por corriente parasitas se basa en la inducción de corriente para generar campos electromagnéticos producidos en los bobinados del tambor de freno, para producir un par de fuerza del motor. En este principio se generan las corrientes de Foucault, las mismas que se opone al movimiento rotacional del disco polar y convierten la energía, por este motivo al trabajar con altas cargas y velocidades el tambor de freno requiere una refrigeración ya sea por aire o agua (Carmona, Reniero y Steven 2018, p. 5).

Sus principales parámetros de respuesta en los motores de combustión interna se presentan en el Gráfico 1-2.

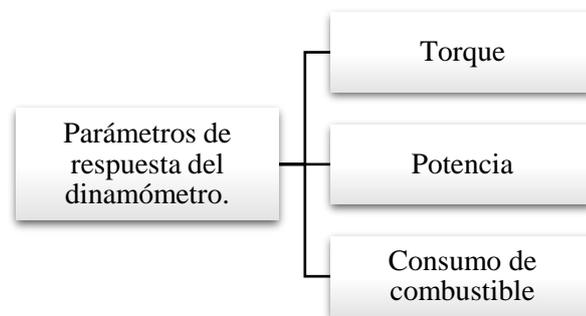


Gráfico 1-2: Parámetros de respuesta del dinamómetro.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

2.1.1.1. Torque

Es la fuerza inicial que se genera de forma rotacional en el cigüeñal hacia los pistones para producir un trabajo, como se observa en la Figura 2-2.

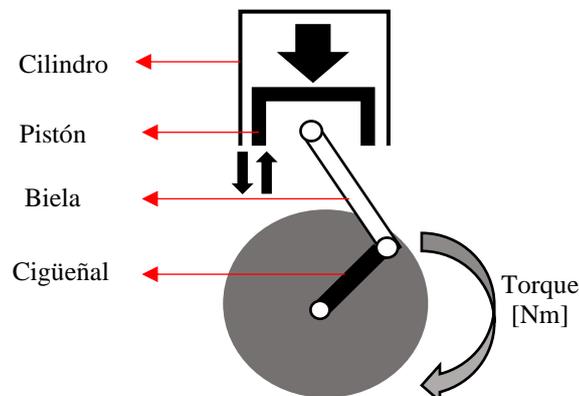


Figura 2-2: Principio de torque o par motor

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022

Matemáticamente el par motor o torque producido en un MCI (Motor de Combustión Interna) se expresa en unidades de Newton metro [Nm].

2.1.1.2. Potencia

La potencia es la fuerza aplicada o la cantidad de energía transferida a un cuerpo en relación a su velocidad en un determinado tiempo, es decir mientras más energía se trasfiere al sistema más trabajo se realiza (Galarza 2022, p. 15).

La potencia viene a ser un factor dependiente del torque y de la velocidad rotacional o de giro del cigüeñal, las unidades de interpretación de la potencia son los [Watts].

2.1.1.3. Consumo de combustible

Es la cantidad de combustible que necesita un motor para generar trabajo. También se la puede definir como la relación de la distancia recorrida y el volumen de combustible consumido, este factor es expresado en unidades de [cm^3/Km], para el sistema internacional (Bravo 2021, p. 13).

2.2. Tipos de dinamómetros

(Cáceres y Vallejos 2018, pp.3-5), en su Trabajo de Integración Curricular menciona los siguientes tipos de dinamómetros:

- Dinamómetros hidráulicos.
- Dinamómetros de chasis.
- Dinamómetro de motor.
- Dinamómetros eléctricos de AC o DC
- Dinamómetros por corrientes parásitas.

2.2.1. Dinamómetro hidráulico

En este tipo de equipo se emplea el principio de la hidráulica para generar una carga de frenado en los motores, generalmente cuentan con una bomba hidráulica que impulsa el fluido a determinadas velocidades para provocar distintos niveles de presión a la salida del sistema. Suponiendo que no haya obstrucciones en el sistema, el fluido que se entrega al final de la línea será la presión ambiental, si hay algún tipo de obstrucción entre la bomba y el final de la línea, la

presión subirá. Como es cierto, una bomba necesita de una máquina para controlar el caudal y la presión en el sistema, en este caso la máquina encargada de generar una velocidad angular será el motor y la presión requerida se obtendrá con el torque generado en el eje motriz. (Zafra 2019, pp.17-18).

Como se observa en la figura 3-2, el dinamómetro hidráulico tiene una configuración sencilla basada en la hidráulica, en donde una válvula de alivio permite regular la presión requerida, estos elementos admiten generar las variables necesarias para graficar las curvas de desempeño del motor.

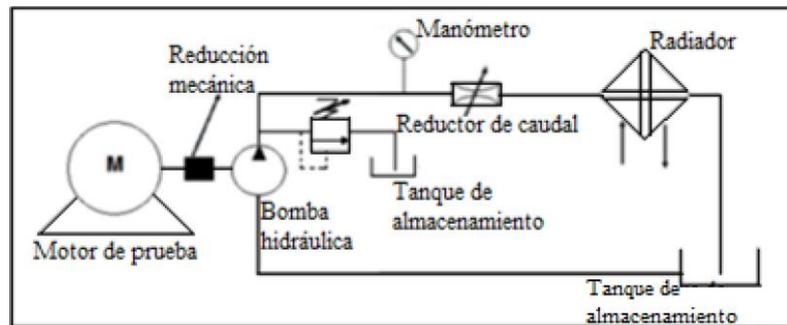


Figura 3-2: Diagrama mecánico de un dinamómetro hidráulico.

Fuente: (Zafra 2019, p. 18)

2.2.2. *Dinamómetro de chasis*

Es un equipo similar a los hidráulicos o eléctricos, la diferencia entre ellos es el tipo de frenado con el que trabaja. El dinamómetro de chasis cuenta con uno o más rodillos que se encuentran ajustados a una unidad de absorción de potencia como se observa en la Figura 4-2. Cuando el motor genera potencia hacia las ruedas se ejerce un impulso sobre los rodillos para transmitir el movimiento, entonces, la unidad de absorción de potencia simula una carga sobre el motor para dictaminar la potencia en la rueda a través de los rodillos. (Montiel y Coneo 2020, pp.18-24)

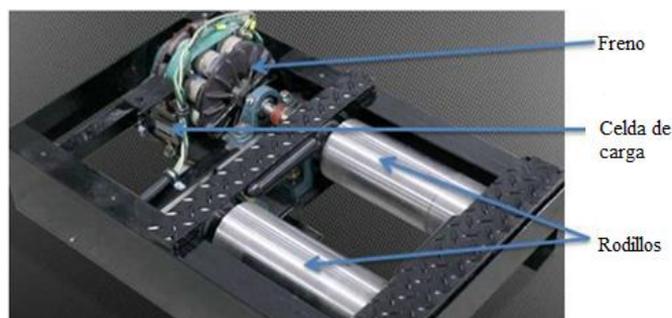


Figura 4-2: Dinamómetro de chasis para medir la potencia en la rueda.

Fuente: (Montiel y Coneo 2020, p. 19)

En este tipo de dinamómetro podemos encontrar diferentes configuraciones para su funcionamiento, entre ellas está el dinamómetro que permiten medir la cantidad de potencia en los ejes motrices de la dirección. Generalmente este tipo de mecanismos cuentan con dos acoples que van interconectados entre el eje motriz de la dirección y el dinamómetro.

2.2.3. *Dinamómetro de motor*

Este dinamómetro es utilizado para realizar pruebas exactas de potencia en el motor, la forma de medir depende del acoplamiento directo entre el eje del motor y le dinamómetro como se muestra en la figura 5-2. Este equipo es un instrumento de análisis e investigación para un motor desmontado del vehículo ya que se evitan perdidas por transmisión, fricción o algún tipo de rodadura (Montiel y Coneo 2020, p. 20).



Figura 5-2: Dinamómetro de motor

Fuente: (Montiel y Coneo 2020, p. 20)

2.2.4. *Dinamómetros eléctricos de AC o DC*

Este tipo de dinamómetros están encargados de absorber o brindar potencia a un motor, en los DC tiene la particularidad de convertir la energía mecánica del cigüeñal en eléctrica, mientras que el dinamómetro de AC es un generador de corriente alterna, según (Cáceres y Vallejos 2018, p. 5)

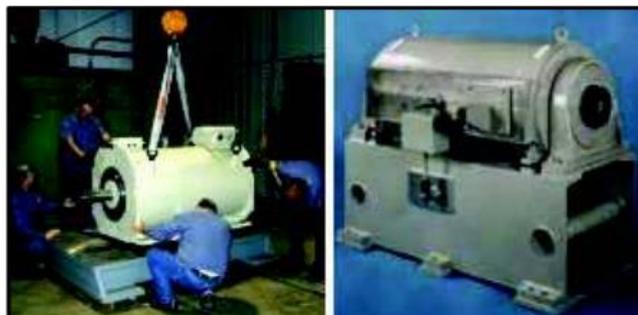


Figura 6-2: Dinamómetros de AC o DC

Fuente: (Cáceres y Vallejos 2018, p. 5)

2.2.5. *Dinamómetro por corrientes parásitas.*

Estos dinamómetros están diseñados para trabajar con acción de corrientes parásitas, estas están encargadas de generar un frenado del MCI para la interpretación de potencia, torque y consumo de combustible. En la Figura 7-2, se muestra las partes principales del dinamómetro Borghi & Saveri.

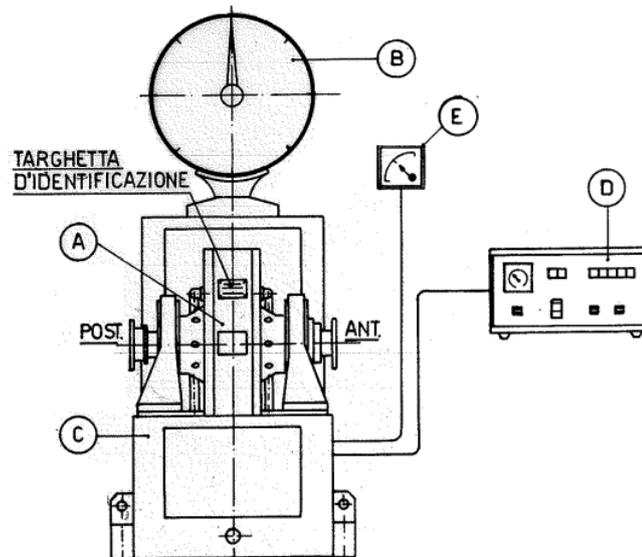


Figura 7-2: Dinamómetro de corrientes parásitas.

Fuente: (Borghi & Saveri 1983)

Las partes del diagrama estructural del dinamómetro analógico por corrientes parásitas se presentan la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Partes constitutivas del dinamómetro por corrientes parásitas.

ÍTEM	PARTE
A	Tambor del freno de corrientes parásitas.
B	Balanza dinamométrica para medición de par.
C	Base principal
D	Unidad de control
E	Medidor de revoluciones en rpm.

Fuente: (Borghi & Saveri 1983)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

2.2.5.1. *Corrientes parásitas o de Foucault*

Las corrientes parásitas o de Foucault se generan cuando una pieza metálica está bajo la acción de un flujo magnético variable. Este flujo se produce cuando el campo magnético es creado por

un electroimán inducido por una corriente alterna, en consecuencia, las corrientes circundantes que se generan se oponen al movimiento producido (Hernández y Colmenar 2014, p. 398).

2.2.5.2. Frenado por corrientes parásitas

El frenado por corrientes parásitas es un efecto electromagnético que puede generarse por un proceso de inducción o autoinducción para crear el fenómeno de Foucault. Generalmente se produce en discos metálicos que giran bajo la acción de campos magnéticos generados por electroimanes que proporcionan fuerzas opuestas para obtener un frenado parcial. Una vez que los electroimanes están energizados, la rotación de los discos disminuye y la energía absorbida se convierte en calor (Álvarez y Doglio 2021, pp.20-23).

En la Figura 8-2, se observa una pieza metálica, en donde se crea un movimiento oscilatorio en el interior de su campo magnético produciendo un frenado tanto a la entrada y salida del disco.

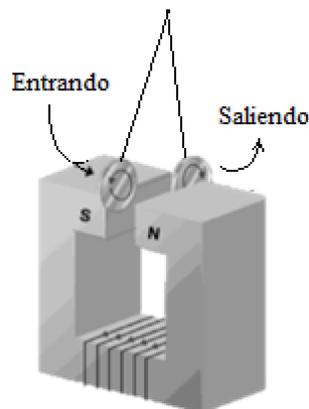


Figura 8-2: Frenado por corrientes parásitas.

Fuente: (Hernández y Colmenar 2014, p. 398)

En el área de máquinas eléctricas las corrientes parásitas o de Foucault son muy perjudiciales para su funcionamiento ya que generan una pérdida de energía en forma de calor.

El frenado por corrientes de Foucault es apropiado para trabajar con computadoras, actuadores y sistemas de diagnóstico. Esto permite generar automáticamente pruebas, ahorrar tiempo, dinero e incrementar la confiabilidad en la toma de datos. (Borghetti & Saveri 1983).

2.2.5.3. Partes del tambor de freno por corrientes parásitas.

El tambor de freno por corrientes parásitas es el principal mecanismo para el funcionamiento del

equipo ya que es el encargado de generar una carga al MCI para la obtención de datos. Como se observa en la Figura 9-2, este sistema cuenta con diferentes configuraciones encargadas de generar el frenado.

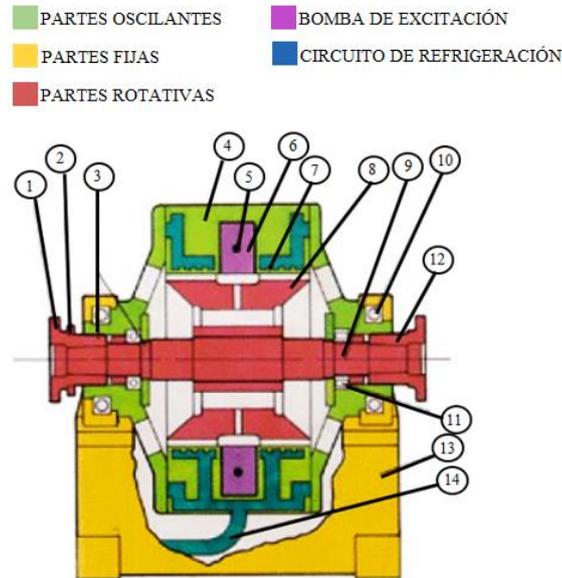


Figura 9-2: Partes del tambor de freno del dinamómetro.

Fuente: (Balladares y Saeteros 2016, p. 12)

Las partes constitutivas del sistema de freno para el dinamómetro por corrientes parasitas se detallan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Partes constitutivas del freno por corrientes parasitas

ÍTEM	PARTE	ÍTEM	PARTE
1	Brida trasera	8	Rotor
2	Rueda fónica	9	Eje
3	Cierres laberinticos	10	Rodamientos basculamiento
4	Estator	11	Rodamiento principal
5	Termopar	12	Brida frontal
6	Bobina	13	Bastidor
7	Camisa de agua	14	Acometida de agua

Fuente: (Balladares y Saeteros 2016, p. 12)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

El dinamómetro cuenta con un tambor de freno en donde se genera un campo magnético producido por una bobina alimentada por corriente continua. Al inducir esta corriente se generan líneas magnéticas que se oponen al movimiento rotacional del disco polar para frenar el equipo. En este proceso de frenado por corrientes parasitas se crea un exceso de calor en el tambor debido al trabajo generado, sin embargo, los laberintos de refrigeración se encargan de controlar el nivel de temperatura del mecanismo (Balladares y Saeteros 2016, pp.11-13).

2.3. Sistema de refrigeración del dinamómetro por corrientes parásitas.

El dinamómetro trabaja con un frenado electromagnético el cual requiere un sistema de refrigeración para enfriar los mecanismos que actúan con altas velocidades. El Laboratorio de Motores de Combustión Interna cuenta con un sistema de refrigeración como el que se muestra en la figura 10-2.



Figura 10-2: Mecanismos del sistema de refrigeración

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Este sistema de enfriamiento está diseñado para transferir agua desde una cisterna con la ayuda de una bomba y un motor eléctrico. El agua absorbida es utilizada para refrigerar el MCI y los laberintos del dinamómetro.

2.4. Ablandador o dosificador de agua

Como se observa en la Figura 11-2, un ablandador o dosificador de agua es un equipo encargado de eliminar los iones de calcio y magnesio del agua, es decir reducir el contenido de sales y minerales presentes en el fluido antes de su utilización (Ramos 2022, p. 25).



Figura 11-2: Ablandador de agua.

Realizado por: Guanga, A.; Ugsiña, M. 2022

Si el agua contiene una cantidad alta de minerales disueltos como calcio y magnesio es considerada como agua dura. Este tipo de fluido llega a ser muy perjudicial para los equipos que requieren un sistema de refrigeración ya que traen consigo problemas de corrosión, picaduras en el material y obstrucciones en las líneas por donde circula dicho fluido.

Generalmente un ablandador de agua está compuesto por uno o varios filtros internos de resina o arena que se encargan de eliminar los sedimentos y minerales generados por el agua dura. Para obtener un buen tratamiento de agua dura es conveniente instalar un tanque de sal en grano para eliminar las micro partículas del material filtrante, como se puede observar en la Figura 12-2.

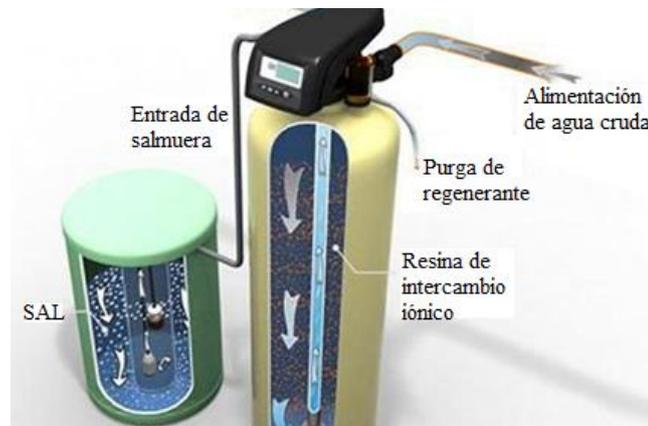


Figura 12-2: Estructura del ablandador de agua

Fuente: (AQUAGROUP 2022)

2.5. Sistema de transmisión eje-cardan

La transmisión es un conjunto de mecanismos que permite transmitir movimiento rotatorio y potencia entre el motor y el dinamómetro a través de un eje estriado como se observa en la Figura 13-2, este sistema brinda estabilidad al equipo para su operación.

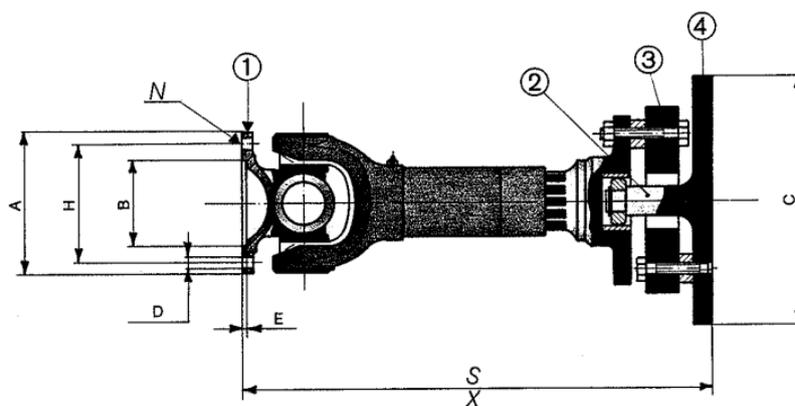


Figura 13-2: Sistema de transmisión eje- cardán

Fuente: (Borghi & Saveri 1983)

El sistema de transmisión eje cardán se le puede considerar como un mecanismo crítico ya que es el encargado de soportar la cantidad de revoluciones y el frenado del MCI. Las partes constitutivas se detallan en la Tabla 2-2.

Tabla 3-2: Partes constitutivas del sistema eje cardan.

ÍTEM	PARTE
1	Acople del freno al cardán.
2	Punta de acero
3	Acoplamiento flexible
4	Acople metálico

Fuente: (Borghì & Saveri 1983)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

NOTA: La alta cantidad de vibraciones en el sistema puede alterar la toma de datos para graficar las curvas de desempeño.

2.6. Alineación de ejes

La alineación es el proceso de posicionamiento entre dos o más equipos rotativos que se da en el acople o punto de transferencia de energía. Para que los ejes de rotación estén alineados deben mantener el mismo posicionamiento cuando el activo físico opera normalmente. La alineación generalmente se logra ajustando o moviendo partes de la máquina horizontal o verticalmente. La finalidad de obtener un eje bien alineado es para reducir las fuerzas axiales y radiales, esto permite que la máquina funcione solo con las vibraciones naturales y reduzca el proceso de desgaste en las piezas giratorias (Mendoza y Zurita 2018, pp.91-102).

2.6.1. Tipos de desalineamiento

Existen dos tipos de desalineación más importantes que se generan en los mecanismos con movimiento rotatorio, estos son:

- Paralelo
- Angular

2.6.1.1. Desalineación angular

Uno de los problemas para la recolección errónea de datos es el tipo de desalineación existente entre acoples de dos activos físicos como se muestra en la Figura 14-2 lado izquierdo. La

desalineación angular es muy común y se caracteriza por una alta vibración axial y una diferencia de 180° en las fases de los acoplamientos. Como se puede observar en la Figura 14-2, un análisis vibracional demuestra armónicos 1X, 2X y 3X, desincronizados, esto indica que existen síntomas de un mal contacto con la superficie de los dos acoplamientos, según (Medrano et al. 2017, p. 187).

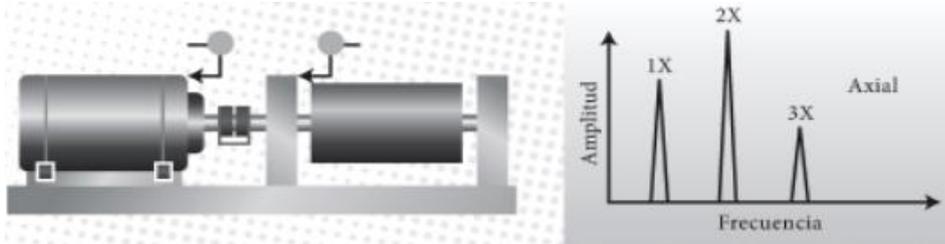


Figura 14-2: Desalineación angular.

Fuente: (Medrano et al. 2017, p. 187)

2.6.1.2. Desalineación paralela

En este tipo de desalineación se puede identificar un mal montaje cuando los ejes del motor y del rotor no son colineales. En la Figura 15-2 lado derecho se puede divisar una alta vibración radial con 1X y 180° de desfase. En algunos casos se puede detectar los dos tipos de desalineación mencionados, esto implica problemas severos en la operación del equipo y en la interpretación de los armónicos y espectros a analizar (Medrano et al. 2017, p. 187).

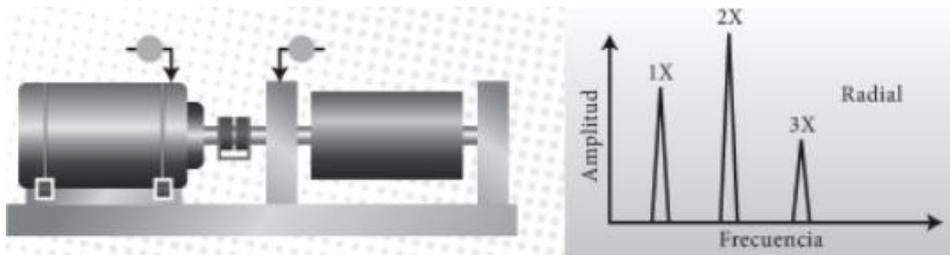


Figura 15-2: Desalineación paralela.

Fuente: (Medrano et al. 2017, p. 188)

2.7. Motores de combustión interna

El motor es un conjunto de mecanismos sincronizados de tipo mecánico que se encarga de generar trabajo o movimiento rotacional a partir de electricidad o combustibles. En el laboratorio de motores se cuenta con un motor de cuatro tiempos, como se muestra en la Figura 16-2. Este tipo de motor ha sido modificado para realizar diferentes pruebas de laboratorio.



Figura 16-2: Motor de combustión interna

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Según (Rovira y Muñoz 2015, p. 11), en su trabajo especializado de integración curricular define al motor de combustión interna como un equipo que realiza su trabajo en el interior de su cámara con un proceso de combustión que puede ser alternativo o de reacción, en donde los gases generados impulsan los mecanismos pistón-biela.

2.7.1. Principio de funcionamiento de los motores de combustión interna.

Básicamente el motor de combustión interna tipo Otto cumple el principio de funcionamiento en cuatro etapas como se observa en la Figura 17-2.

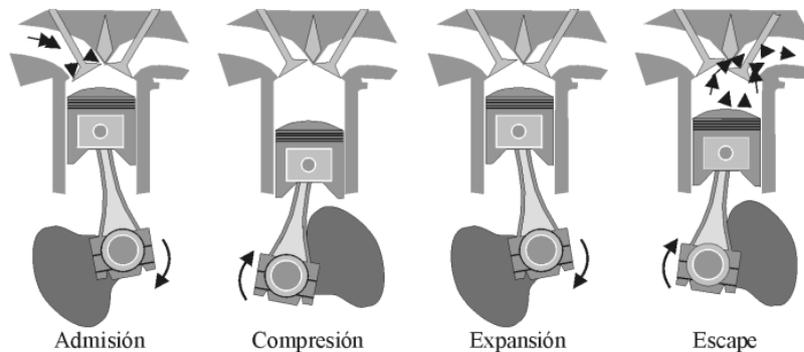


Figura 17-2: Ciclo de combustión del motor Otto.

Fuente: (Payri y Desantes 2011, p. 28)

Admisión; este proceso surge cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior, en donde la válvula de admisión se abre para dejar pasar aire hacia los cilindros del bloque del motor a medida que el pistón desciende hasta llegar al punto muerto inferior.

Compresión; al cumplir el proceso de admisión y cuando las válvulas se encuentran cerradas el pistón comienza a ascender hasta llegar al punto muerto superior, esto provoca una compresión entre la mezcla de aire y combustible.

Expansión; al estar en la etapa de compresión una bujía proporciona una chispa eléctrica, la cual genera una explosión empujando al mismo tiempo el pistón hacia el punto muerto inferior.

Escape; en esta última etapa, al estar el pistón en el punto muerto inferior, la válvula de escape se abre y el pistón asciende al punto muerto superior para evacuar las impurezas y gases generados en el proceso de expansión.

Generalmente los motores de combustión interna tipo Otto, cuentan con estas cuatro etapas o tiempos que se dan de forma simultánea y sincronizada cuando el vehículo se encuentra en marcha.

2.8. Mantenimiento

La norma UNE-EN 13306 define al mantenimiento como:

“La combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizada durante el ciclo de vida de un elemento, destinada a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.” (UNE-EN 13306 2018, p. 6)

2.8.1. Tipos de mantenimiento

La norma ISO 14224:2016 divide a los tipos de mantenimiento en las categorías que se muestra en la Gráfica 2-2:

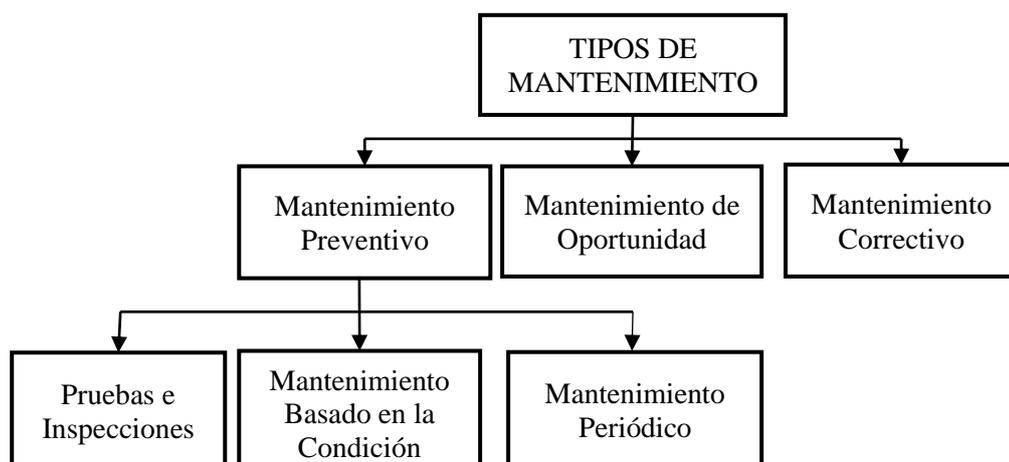


Gráfico 2-2: Tipos de mantenimiento según la norma ISO 14224:2016

Fuente: (ISO 14224 2016)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Actualmente la norma mencionada considera al mantenimiento predictivo como una metodología obsoleta ya que no se puede predecir de forma precisa los efectos que vaya a sufrir el activo físico, sin embargo, al no poder predecir las consecuencias de las fallas la fiabilidad del equipo sería muy baja.

2.8.1.1. *Mantenimiento preventivo*

Son acciones o tareas de mantenimiento que se implementan en intervalos planificados, con el fin de reducir la probabilidad de fallo o paros imprevistos (UNE-EN 13306 2018, p. 16)

Las tareas de mantenimiento preventivo vienen siendo todas las actividades de monitoreo técnico, diagnóstico de maquinaria y acciones basadas en la condición.

2.8.1.2. *Mantenimiento correctivo*

Son las acciones de mantenimiento que se las realiza después de que haya ocurrido una avería de manera imprevista, y tienen como propósito poner en marcha el activo físico para cumplir con su función requerida (UNE-EN 13306 2018, p. 17).

2.8.2. *Plan de mantenimiento*

El plan de mantenimiento es un documentado estructurado que incluyen las tareas, procesos, tiempo de ejecución y los recursos necesarios para realizar el mantenimiento requerido por un activo físico.(UNE-EN 13306 2018, p. 7)

En la Tabla 4-2, se aprecia el formato propuesto para la elaboración del plan de mantenimiento, en el cual se detalla las actividades, frecuencias y responsable de las tareas propuestas.

Tabla 4-2: Formato del plan de mantenimiento

	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELABORADO POR:	
	FACULTAD DE MECÁNICA	FECHA:	
	LABORATORIO DE MOTORES	ELABORADO POR:	
	ACTIVIDADES	Frecuencia	Responsable

Fuente: Autores

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

La importancia de trabajar con este documento de mantenimiento es para minimizar las paradas de mantenimiento preventivo, estimar los materiales, stock de repuestos y el presupuesto requerido.

2.8.4. Logística de mantenimiento.

La logística de mantenimiento es una estrategia que permite planificar los recursos necesarios de acuerdo con las actividades de mantenimiento plantadas. Para esta elaboración se debe identificar las tareas de mantenimiento preventivas y correctivas.

Para la planificación del mantenimiento se ha considerado los procesos detallados en el gráfico 3-2.



Gráfico 3-2: Planificación del mantenimiento.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

El formato que se propone a utilizar para la elaboración de la logística de mantenimiento se muestra en la Tabla 6-2, en donde se incluye los datos y requerimientos necesarios.

Tabla 6-2: Formato de la logística de mantenimiento.

SISTEMA CÓDIGO	LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO				ELABORADO POR:		FECHA DE ELABORACIÓN:		Resp.
	FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES				N° FICHA:				
TAREAS DE MANTENIMIENTO	Frecuencia	Tiempo requerir	N° de personal	Costo de la mano de obra	Descripción	Cant.	Costo del repuesto	Descripción	Cant.

Fuente: Autores

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

2.8.5. Documentación de mantenimiento.

La documentación de mantenimiento permite realizar un registro técnico ordenado previo a las actividades de mantenimiento a ejecutar. Estos documentos son instrumentos técnicos para las personas que los necesite ya que contienen información específica.

La norma regional UNE-EN 13460:2009 proporciona los diferentes tipos de documentación para llevar una buena gestión en el mantenimiento.

2.8.5.1. Documentación de la fase operativa

La documentación más importante para la fase operativa es:

- Histórico de mantenimiento
- Ficha técnica
- Orden de trabajo

2.8.5.2. Historico de mantenimineto

El histórico de mantenimiento permite obtener un registro de las actividades preventivas y correctivas que se realizó en determinado equipo para llevar una buena gestión de mantenimiento.

2.8.5.3. Ficha técnica

Una ficha técnica es un documento en el cual se detalla las características del activo físico, sistema o subsistema con el cual se va a trabajar. Así también se menciona la disponibilidad, régimen de operación, tareas de mantenimiento, responsable del mantenimiento, responsable del equipo, fecha de ejecución, y las observaciones que se puedan encontrar en la máquina.

2.8.5.4. Orden de trabajo

La orden de trabajo proporciona información necesaria para llevar a cabo las tareas de mantenimiento a ejecutar, responsable, herramientas, repuestos, tiempo de ejecución, entre otros. Una orden de trabajo permite realizar una proyección estadística del activo físico durante su ciclo de vida y según su contexto operacional.

2.9. Consumo de combustible.

El consumo de combustible que se genera en un MCI es el resultado de la cantidad de combustible y la energía empleada para generar un trabajo. Estos parámetros dependen de factores ambientales, mecánicos y la forma de operar el vehículo (Borrero 2021, pp.62-67).

En el Ecuador generalmente los vehículos trabajan con combustibles extra, super y eco país, siendo la gasolina super la de mayor octanaje. Sin embargo, cuando los rpm son bajas no consume mucho combustible, esto implica menor potencia.

2.9.1. Consumo específico de combustible

El consumo específico de combustible hace referencia a la relación que existe entre la cantidad de combustible consumido para generar un trabajo y la potencia producida por el MCI. En el sistema internacional este factor viene expresado en la relación de masa sobre la potencia y el tiempo empleado [g/(KWh)](Cruz et al. 2022, pp.6-7).

Para calcular el consumo de combustible se utiliza la siguiente formula:

$$g_{ef} = \frac{3600 * V_{cc} * \rho_c}{t * N}$$

Donde:

g_{ef} : consumo específico de combustible.

V_c : volumen de combustible consumido (cm^3)

ρ_c : densidad del combustible (gasolina)

t : tiempo (segundos)

N : potencia efectiva (caballos de vapor)

2.9.2. Formas de medir el consumo específico de combustible

La forma de medir el consumo de combustible de un MCI a través del dinámetro es utilizando un software, un sensor de combustible y una tarjeta electrónica que permiten determinar con exactitud la cantidad de combustible que se requiere de acuerdo a su contexto operacional. El sensor de combustible permite obtener datos reales del consumo específico de combustible para analizar en diferentes velocidades y con diferentes tipos de combustibles.

2.9.2.1. Sensor de flujo YF-S402

El sensor mostrado en la Figura 18-2, es un sensor de flujo que permite medir la cantidad de combustible que consume el MCI mediante el efecto hall.



Figura 18-2: Sensor de flujo.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

El efecto hall es un fenómeno en donde el flujo de combustible que circula sobre el sensor se mueve con la generación de un campo magnético. Debido a esta fuerza electromagnética los electrones circulan de un lado al otro generando una diferencia de potencial hasta que las fuerzas se equilibren. (Pulzara 2019, p. 22).

2.9.2.2. Tarjeta DAQ 6009

Esta tarjeta es un dispositivo compuesto por tres configuraciones principales, la DAQ multifunción que ofrece señales analógicas y digitales con un contador de 32 bits y dos borneras para su instalación como se observa en la figura 19-2. Las funciones que brinda esta tarjeta dependen del software, la tarjeta de adquisición de datos y el cable USB. Con la tarjeta instalada se puede recolectar datos exactos de manera real, medidas portátiles e investigaciones del laboratorio (National Instruments 2022).



Figura 19-2: Tarjeta electrónica.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detalla el desarrollo de los objetivos específicos planteados para cumplir con la repotenciación del dinamómetro analógico de la Facultad de Mecánica y la elaboración del plan de mantenimiento.

3.1. Determinación del estado técnico actual.

El dinamómetro del Laboratorio de Motores de la Facultad de Mecánica ha sido modificado en los últimos tiempos, pasando de ser analógico a digital. Algunos componentes de los subsistemas están dados de baja ya que actúa con una tarjeta electrónica que ha simplificado el funcionamiento de fabrica para genera datos más exactos.

A continuación, se presenta de forma detallada el estado técnico actual de los sistemas y sub sistemas del dinamómetro analógico Borghi & Saveri FA 200SP, aplicando la metodología de inspección visual.

3.1.1. *Sistema de refrigeración.*

Este sistema cuenta con algunas unidades que se encargan de refrigerar los mecanismos del motor de combustión interna y los laberintos del dinamómetro analógico. Una buena refrigeración de estos subsistemas garantiza la estabilidad de la función requerida al momento de realizar las pruebas de laboratorio.

3.1.1.1. *Cisterna*

Actualmente la cisterna mostrada en la Figura 1-3, tiene una capacidad de almacenamiento de 2000 litros, los mismos que se distribuirá en todo el sistema. A simple vista presenta un deterioro por corrosión en la tapa y los perfiles debido a las condiciones ambientales en las que se encuentra sometido.

En la capa superficial del agua se observa restos de partículas de polvo y sedimentos en el fondo de la misma debido a la alta presencia de calcio y magnesio en este fluido. Esto genera

obstrucciones y deterioro en los elementos del sistema.



Figura 1-3: Cisterna del sistema de refrigeración.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Para evitar el retorno de agua hacia la cisterna se utiliza una válvula antirretorno HG3/4, la misma que presenta obstrucción en el filtro y corrosión debido a la mala calidad del medio refrigerante como se observa en la Figura 2-3.



Figura 2-3: Válvula antirretorno

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

El deterioro de la válvula antirretorno genera un sobre esfuerzo del motor eléctrico y la bomba de agua, presentando un calentamiento en la carcasa del motor.

3.1.1.2. Bomba de agua

Para la succión del agua se utiliza un motor eléctrico, el cual se encarga de generar un movimiento rotatorio a través de dos bandas se conecta a una bomba centrífuga para impulsar el agua a los sistemas de refrigeración, como se observa en la Figura 3-3.

Estos mecanismos presentan partículas de polvo y suciedades en la superficie, las mismas que

conlleven a un deterioro prematuro. En cuanto al motor eléctrico se observó un calentamiento excesivo en la carcasa al momento de arrancar.



Figura 3-3: Motor eléctrico acoplado a la bomba de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Las bandas del motor eléctrico están en condiciones operativas, sin embargo, se requiere una limpieza de las poleas para evitar una fricción excesiva.

3.1.1.3. *Ablandador o dosificador de agua*

El ablandador o dosificador de agua, en la actualidad no se encuentra operativo ya que ha cumplido su tiempo de vida útil, como se muestra en la Figura 11-2, por tal motivo se ha instalado de forma directa una manguera que lleve el agua dura desde la llave hasta su tanque de almacenamiento para la distribución del agua hacia el MCI.

El tanque de filtrado contiene una resina catiónica solidificada debido a la falta de mantenimiento y retro lavado. Los mandos manuales de la posición de lavado, recarga y servicio del ablandador de agua se encuentran averiados, debido a la corrosión provocada por la falta de engrase.

3.1.1.4. *Ductos o líneas de refrigeración*

Los ductos de refrigeración de ingreso y descarga de agua son de HG y las dimensiones varían según su uso, estas presentan partículas de polvo y suciedades en su exterior como se aprecia en la Figura 4-3.

Así también, se encontró problemas por corrosión en algunos subsistemas como:

- Corrosión en los acoples de la tubería y el tanque reservorio de agua hacia el MCI como se muestra en la Figura 5-3.

- Picaduras en la línea de succión de agua de la cisterna, ver la Figura 6-3.
- Corrosión en los ductos de descarga de agua del ablandador y del sistema de refrigeración del dinamómetro hacia la cisterna como se muestra en la Figura 7-3.



Figura 4-3: Ductos de refrigeración del tambor de freno.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022



Figura 5-3: Fatiga en el acople de la tubería y el tanque de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022



Figura 6-3: Picaduras en la línea de succión de agua de la cisterna.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022



Figura 7-3: Corrosión en las tuberías de descarga de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.1.1.5. *Tanque reservorio de agua.*

El tanque reservorio de agua presentado en la Figura 8-3, funciona como un mecanismo de radiador para la refrigeración del MCI. Este tanque presenta corrosión y presencia de algas en las paredes internas debido a la mala calidad de agua con la que se trabaja.

Uno de los factores para el deterioro del tanque es la presencia de solidos disueltos en el agua y los minerales de dicho fluido. La presencia de agua caliente en el tanque ha generado que el material antioxidante se desprenda y genere dicho problema.



Figura 8-3: Tanque de reservorio de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.1.1.6. *Soportes de la bancada del dinamómetro.*

Como se observa en la Figura 9-3, entre la bancada del dinamómetro existe una alta presencia de aceite debido a las fugas del cárter del motor de combustión interna, también se aprecia partículas de polvo y suciedades por la falta de mantenimiento.



Figura 9-3: Bancada del dinamómetro.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.1.1.7. Sistema de transmisión eje cardan.

El sistema de transición de la Figura 10:3, cuenta con un eje estriado el cual va acoplado al eje cardan hembra, para generar el frenado en el dinamómetro, este mecanismo presenta una desalineación en el eje, provocando altas vibraciones en el volante del motor



Figura 10-3: Sistema eje cardan.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

El acople flexible colocado en el volante del motor se encuentra con holguras e imperfecciones para acoplar en la mordaza del eje.

3.1.1.8. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico del dinamómetro analógico cuenta con un tablero de control como el que se muestra en la Figura 11-3 del lado izquierdo, este sistema cuenta solo con dos mandos de operación debido a las modificaciones realizadas en el quipo. Sin embargo, es necesario realizar tareas de mantenimiento preventivo en los terminales de los diferentes cableados.



Figura 11-3: Sistema eléctrico.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En la parte derecha de la Figura 11-3, se presenta el tablero de disyuntores para que el equipo entre en operación. Este tablero se encuentra con la señalización deteriorada por lo que complica la manipulación del activo físico por los estudiantes.

3.1.1.9. *Tarjeta electrónica.*

Las últimas actualizaciones que se ha implementado en el dinamómetro es la tarjeta electrónica mostrada en la Figura 22-2, este elemento se encarga de recopilar los datos para graficar las curvas de desempeño del MCI en el software implementado.

Actualmente el sensor de carga genera curvas anormales por una mala calibración del peso generado por el tambor de freno. Estas curvas distorsionadas afectan el análisis del desempeño en el MCI.

3.2. **Resumen del estado técnico actual.**

A continuación, se presenta las Tablas con los resúmenes de las actividades preventivas y correctivas que se va a realizar en los sistemas y subsistemas del dinamómetro Borghi & Saveri FA 200SP.

El estado en el que se encuentra cada sistema es considerado como; bueno, regular y malo.

Tabla 1-3: Estado técnico actual del sistema de refrigeración.

MECANISMO	ESTADO	TIPO DE TAREAS A REALIZAR
Válvula antirretorno	Malo	Mantenimiento preventivo
Puerta de la cisterna	Regular	Mantenimiento correctivo
Bomba de agua	Regular	Mantenimiento preventivo
Tubos galvanizados de refrigeración	Malo	Mantenimiento correctivo
Mangueras de refrigeración	Regular	Mantenimiento correctivo
Ablandador de agua	Malo	Mantenimiento correctivo
Tanque reservorio de agua	Regular	Mantenimiento preventivo
Válvula solenoide	Bueno	Mantenimiento preventivo
Llave de agua	Bueno	Mantenimiento preventivo

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

Tabla 2-3: Estado técnico actual del sistema eléctrico.

MECANISMO	ESTADO	TIPO DE TAREAS A REALIZAR
Pulsadores eléctricos	Bueno	Mantenimiento preventivo
Indicadores de temperatura	Bueno	Mantenimiento preventivo
Contador de revoluciones.	Bueno	Mantenimiento preventivo
Motor eléctrico del banco dinamométrico	Bueno	Mantenimiento preventivo
Motor eléctrico del sistema de refrigeración	Bueno	Mantenimiento preventivo
Termocupla	Bueno	Mantenimiento preventivo
Fuente de alimentación.	Bueno	Mantenimiento preventivo
Tablero de control	Bueno	Mantenimiento preventivo
Tambor del freno	Regular	Mantenimiento preventivo
Fuente de voltaje	Regular	Mantenimiento preventivo
Tarjeta electrónica	Regular	Mantenimiento preventivo
Cableado eléctrico	Regular	Mantenimiento preventivo

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

Tabla 3-3: Estado técnico actual del sistema mecánico.

MECANISMO	ESTADO	TIPO SE TAREAS A REALIZAR
Tanque de combustible	Bueno	Mantenimiento preventivo
Soportes del banco dinamométrico	Bueno	Mantenimiento preventivo
Bases del MCI	Bueno	Mantenimiento preventivo
Eje estriado	Bueno	Mantenimiento preventivo
Eje hembra	Bueno	Mantenimiento preventivo
Acoples flexibles	Malo	Mantenimiento correctivo.
Brida del eje	Bueno	Mantenimiento preventivo
Balanza analógica	---	Inhabilitado
Contrapesos de las balanzas del activo.	Regular	Mantenimiento preventivo
Cimentación del piso	Bueno	Mantenimiento preventivo

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

En las Tablas expuestas anteriormente se especifica el tipo de mantenimiento que se va a realizar para repotenciación del dinamómetro.

3.3. Aplicación del mantenimiento correctivo y preventivo a los sistemas del dinamómetro analógico.

Una vez realizado el análisis técnico actual utilizando inspección visual se pudo determinar que el activo físico con el que se está trabajando requiere tareas de mantenimiento preventivas y correctivas para que los diferentes sistemas y subsistemas trabajen efectivamente.

A continuación, se detallan las tareas de mantenimiento realizadas en el equipo para que logre cumplir su función requerida.

3.3.1. Puesta en marcha del ablandador o dosificador de agua.

El ablandador de agua marca Culligan con el que trabajaba el activo físico para el tratamiento de agua presenta daños en los mandos manuales del mecanismo, por lo que en la actualidad es complicado encontrar los mismos elementos que cumplan su función. Se considero la adaptación de piezas como repuestos, sin embargo, no solucionaría el problema ya que los filtros también se encuentran en malas condiciones.

Al presentar dichos inconvenientes se adquirió un nuevo ablandador de agua con las características que se muestran en el anexo B. Este equipo permite obtener agua libre de calcio y magnesio para evitar la corrosión y quitar la dureza generada por los nutrientes del agua.

NOTA: Este equipo fue adquirido en la empresa Waterpro S.A. y mantiene una garantía de un año.

3.3.1.1. Instalación del ablandador de agua

Para la instalación del equipo se adquirió los materiales expuestos en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Materiales para la instalación del ablandador de agua.

MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN.	
Tanque de fibra de vidrio 9x48. Boca de 2.5 pulgadas Color natural.	

<p>Válvula automática para ablandador IN/OUT de una pulgada.</p>	
<p>Adaptador hembra 3/8 acople rápido a 1/2 rosca.</p>	
<p>Conector codo hembra 1/2 rosca</p>	
<p>Distribuidor inferior F56F1</p>	
<p>Distribuidor superior F56F1</p>	
<p>Resina catiónica extrepure</p>	
<p>Manguera blanca 3/8 por metro Manguera azul de 1/2 pulgada</p>	
<p>Llave de paso</p>	

Tanque azul para salmuera 70 litros	
Inyector de salmuera para tanques	
Sal en grano 50 Kg	
Manómetro	

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Los procesos que se ejecutó para la instalación del ablandador de agua son:

- Llenado del tanque de fibra de vidrio 9x48, con un cuarto de la resina catiónica.
- Instalación de la válvula automática en el tanque.
- Armado de los acoples para la línea de succión del agua.
- Colocación del manómetro en la línea de succión desde la toma de agua.
- Armado de los acoples y línea de descarga de agua desde el ablandador de agua.
- Instalación del sistema de inyección del tanque de salmuera.
- Colocación de ¼ de sal en grano en el tanque de sal muera
- Instalación de las mangueras de descarga y succión del tanque de sal muera.
- Programación de la válvula automática.

3.3.2. *Mantenimiento a los elementos de refrigeración.*

La válvula de pie antirretorno fue liberada de la corrosión expuesta en la superficie externa, así

también se limpió el filtro de agua ya que presentaba impurezas, las mismas que obstruían el paso de agua, como se observa en la Figura 12-3.



Figura 12-3: Limpieza de la válvula antirretorno.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Para subsanar el deterioro en las tuberías de la cisterna se tuvo que limpiar la corrosión de los ductos de descarga de agua. Al observar perforaciones en la línea de succión se reemplazó por un nuevo tubo HG de 1 ½” como se observa en la Figura 13-3. Los agujeros provocados por la corrosión generaban pérdidas de caudal y presión al momento de su operación.



Figura 13-3: Cambio de la línea de succión de la cisterna.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En el tanque reservorio de agua para la refrigeración del MCI se quitó toda la corrosión presente en la superficie y se aplicó dos capas de fibra de vidrio en toda la parte interna del tanque como

se muestra en la Figura 14-3, lado izquierdo. La fibra de vidrio permitirá conservar el tanque ya que trabaja con agua caliente, esto permite que el tanque se vuelva altamente resistente.

Finalmente se aplicó pintura anticorrosiva como se observa en la Figura 14-3, lado derecho esto evitar su deterioro.



Figura 14-3: Aplicación de fibra de vidrio al tanque de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.3. *Mantenimiento preventivo a los laberintos del dinamómetro.*

Debido a la corrosión en los laberintos de refrigeración se tuvo que utilizar ácido muriático en los diferentes canales de agua para destapar las obstrucciones presentes por la corrosión y sedimentos de agua. Como se observa en la Figura 15-3, se realizó una limpieza y comprobación del caudal de agua para la refrigeración del tambor de freno.



Figura 15-3: Pintado del tanque reservorio de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.4. *Mantenimiento preventivo a la bomba de agua y motor eléctrico.*

Como mantenimiento preventivo se realizó una limpieza interna del motor eléctrico, como se observa en la Figura 16-3, también se verificó la continuidad de los devanados del rotor y estator.



Figura 16-3: Mantenimiento preventivo al motor eléctrico.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

De igual forma, se realizó la limpieza interna de la bomba centrífuga liberando todo tipo de impureza y restos de corrosión como se observa en la Figura 17-3 del lado izquierdo. Así también se cambió los empaques y el aceite ya que estaba muy deteriorado.



Figura 17-3: Mantenimiento preventivo a la bomba centrífuga.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Para el cambio de aceite de la bamba se utilizó aceite de tipo SAE 85W140 ideal para condiciones de operación extrema como se observa en la Figura 17-3 del lado derecho.

Una vez realizado el mantenimiento al motor eléctrico y bomba centrífuga se pintó la superficie externa para evitar algún tipo de corrosión que pudiera llegar a dañar el material, como se observa en la Figura 18-3.



Figura 18-3: Pintado del motor y bomba de agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.5. *Mantenimiento preventivo al sistema eléctrico y electrónico.*

3.3.5.1. *Calibración del sensor de contrapeso*

Para calibrar la posición del sensor se colocó bases sobre dicho elemento para que no exista vibraciones ni algún tipo de juego. Así también se colocó bases en los apoyos del dinamómetro para evitar alteraciones en la toma de datos.

3.3.6. *Alineación del sistema eje cardan.*

Debido a las vibraciones generadas por el motor de combustión interna se realizó el desmontaje de dicho mecanismo para dar mantenimiento preventivo a los componentes del sistema eje cardán hembra y el eje estriado como se observa en la Figura 19-3.



Figura 19-3: Despiece del sistema eje cardan.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Una vez desmontada el mecanismo se observó que el acople flexible tiene holguras en los orificios de los tornillos del volante del motor, por lo que se procedió a la adquisición de un nuevo acople, como se muestra en la Figura 20-3.



Figura 20-3: Acople flexible rectificado.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Con el cambio de este acople se notó claramente que el sistema eje cardan redujo las vibraciones provocadas en dicho sistema. Sin embargo, se realizó mediciones con el nivel y reloj comparador para verificar el alineamiento del eje con respecto a la cimentación del piso como se muestra en la Figura 21-3.

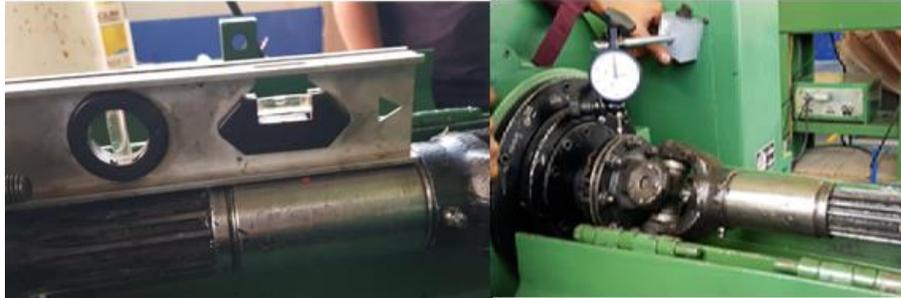


Figura 21-3: Alineación del sistema eje cardan.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Al ser el reloj comparador un medidor de alta exactitud los valores máximos alcanzados en la alineación tienen un error de más o menos 10 centésimas de milímetro.

NOTA: Hay que tener en cuenta que el MCI genera vibraciones naturales debido a su estado técnico.

Una vez alineado el sistema de transmisión se identificó los puntos de engrase como se observa en la Figura 22-3. Con la ayuda de una bomba manual se engrasó el eje estriado debido a las altas velocidades con las que trabaja, esto evitará el desgaste por fricción y todo tipo de corrosión.



Figura 22-3: Engrase del sistema eje cardan.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.7. *Mantenimiento al tambor de freno*

Al presenciar un incremento de temperatura en la parte lateral derecha del tambor de freno, se realizó un análisis termográfico para evaluar el estado en el que se encuentra. Esta prueba

termográfica permite conocer los valores máximos de temperatura que alcanza cuando el sistema se encuentra en operación.

Según la norma NETA MTS:2019, establece los criterios de severidad mostrados en la Tabla 5-3 y las acciones que se debe ejecutar según el grado de temperatura alcanzado.

Tabla 5-3: Partes constitutivas del sistema eje cardan.

ΔT entre el componente y la temperatura ambiente	Severidad*	Acción recomendada
1° C – 10° C	Leves	Posible deficiencia. Ordene investigación
11° C – 20° C	Medio	Probable deficiencia; Reparar en la primera oportunidad
21° C – 40° C	Severo	Monitorear hasta que las medidas correctivas pueden ejecutarse
>40° C	Crítico	Discrepancia mayor; Reparar inmediatamente

Fuente: (NETA MTS:2019)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

..

Para la obtención del termograma se ha utilizada una cámara termográfica de marca Satir en donde se muestra los puntos más calientes cuando le quipo se encuentra en operación.

Como se puede observar en la Figura 23-3, los puntos más calientes están en la parte lateral derecha alcanzando valores máximos de 31,7 °C y una temperature minima de 20,9 °C en todo el sistema analizado.

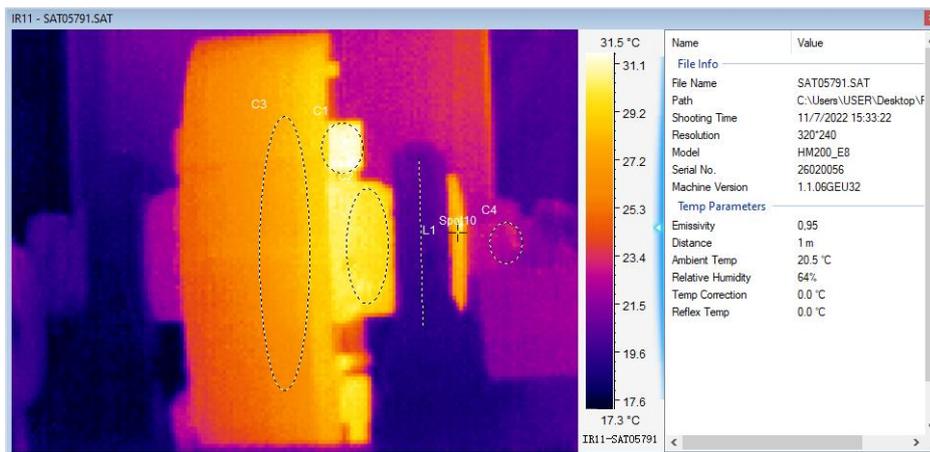


Figura 23-3: Termograma del tambor de freno.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En la Tabla 6-3, se detallan los parámetros obtenidos del termograma realizado. Para evaluar los resultados en la tabla de criticidad se debe determinar el gradiente de temperatura, para ello se

resta la temperatura ambiente con la temperatura máxima tomada

Tabla 6-3: Datos del termograma analizado.

IMAGE INFO	VALUE
AMBIENT TEMP	20,5 °C
EMISSIVITY	0,95
DISTANCE	1m
C1:MAX TEMP	31,7 °C
C2:MAX TEMP	30,6 °C
C3:MAX TEMP	28,9 °C
C4:MAX TEMP	23,3 °C
L1:MAX TEMP	20,9 °C
$\Delta T (T_0 - T_1)$	11,2 °C

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

Como resultado al análisis termográfico en la Tabla 7-3, se detalla las conclusiones y la solución que se debe realizar para que el activo físico siga cumpliendo con su función requerida.

Tabla 7-3: Conclusión del análisis termográfico.

ELEMENTO ANALIZADO	Tambor de freno (lateral derecho).
SEVERIDAD	MEDIO (Reparar en la primera oportunidad).
MODO DE FALLA	El laberinto lateral derecho se encuentra obstruido.
SOLUCIÓN	Limpiar el laberinto refrigeración posterior derecho de del tambor de frenos con ácido muriático.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

3.3.8. *Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico*

3.3.8.1. *Mantenimiento a la valvula celenoide.*

Se cambio una nueva válvula solenoide ya que había dejado de cumplir su función requerida por un sobrecalentamiento en el bobinado del elemento. La válvula adquirida es de 12V de CD como se muestra en la Figura 24-3. La válvula solenoide permitirá controlar el flujo de agua para la refrigeración del MCI y del dinamómetro.



Figura 24-3: Válvula solenoide.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.8.2. *Mantenimiento al tablero de control.*

Muchos de los mandos han sido inhabilitados debido a las actualizaciones digitales que se ha realizado en el software. Para garantizar su función requerida se ejecutó una verificación de continuidad en los terminales de la alimentación de voltaje y del encendido del dinamómetro como se observa en la Figura 25-3.



Figura 25-3: Alineación del sistema eje cardan.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Los terminales de los disyuntores fueron revisados para que no existan pérdidas o sobrecalentamientos en los mismos. Así también se cambió la señalización de alimentación como se observa en la Figura 26-3. Estas correcciones permitirán que los estudiantes enciendan correctamente el equipo.

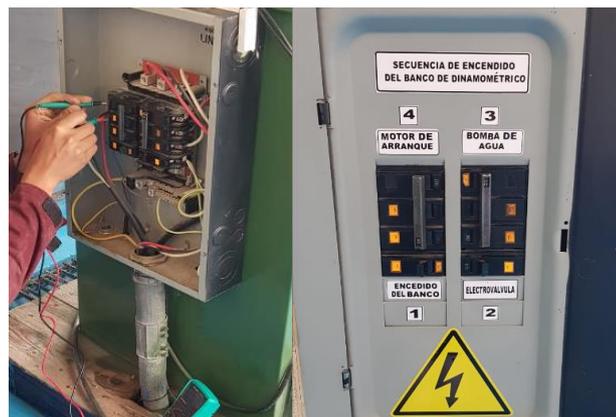


Figura 26-3: Mantenimiento al tablero de disyuntores.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.3.8.3. *Mantenimiento del sistema electrónico*

Como tarea de mantenimiento preventivo a la tarjeta electrónica se revisó el estado de los

microprocesadores para que la recolección correcta de datos. Como se observa en la Figura 27-3, con la ayuda del multímetro se revisó la continuidad y el estado de los componentes electrónicos.

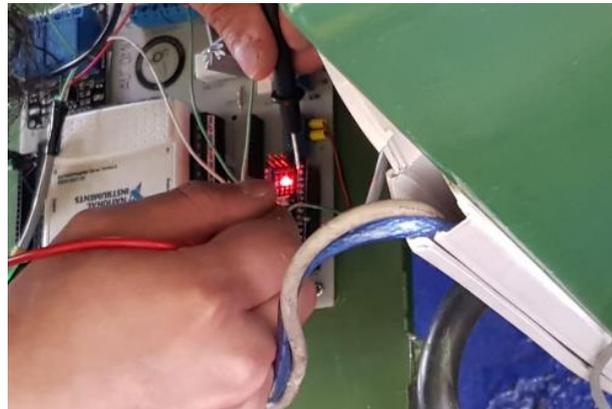


Figura 27-3: Mantenimiento a la tarjeta electrónica.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.4. Documentación de mantenimiento

3.4.1. Elaboración de la orden de trabajo

La orden de trabajo propuesta en la Tabla 8-3, debe ser llenada con el sistema y subsistema en donde se vaya a intervenir, así también, se debe registrar la hora de inicio y fin de las tareas de mantenimiento. Para llevar una buena gestión de mantenimiento se debe identificar las características técnicas del equipo y el estado funcional del mismo.

Tabla 8-3: Formato de la orden de trabajo.

		ORDEN DE TRABAJO N°.000 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES			
DINAMÓMETRO ANALÓGICO					
Sistema				Fecha y hora de inicio	
Subsistema				Fecha y hora de salida	
Tipo de equipo:				ESTADO FUNCIONAL DEL EQUIPO	

Fuente: (Guananga y Cando 2021, p. 35)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En las actividades de mantenimiento se debe colocar el técnico responsable para la ejecución de cada tarea. En el apartado de herramientas dispositivos y equipos deben ser detalladas con el precio unitario y total para los repuestos consumibles.

El tiempo de reparación es uno de los parámetros más importantes, los mismos que permitirán evaluar la confiabilidad del equipo. El estado de la orden de trabajo debe ser calificada según el avance de las tareas de mantenimiento propuestas.

En el apartado de revisión se ha considerado al responsable del equipo y al técnico docente, estas personas son las encargadas de llevar en orden el laboratorio de motores.

3.4.2. *Elaboración de la ficha técnica*

Para llenar la ficha técnica de mantenimiento descrita en la Tabla 9-3, se requiere conocer las características del equipo y los responsables del mantenimiento.

Tabla 9-3: Formato de la ficha técnica

			FICHA TÉCNICA N°.000 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES					
RESP. DEL EQUIPO			RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO			FECHA:		
						aaaa/mm/dd		
TIPO DE EQUIPO:						IMAGEN		
MARCA:								
MODELO:								
AÑO DEL EQUIPO:								
COLOR:								
PAÍS DE DESCENDENCIA:								
CÓDIGO:								
FUNCIÓN PRINCIPAL:								
DISPONIBILIDAD			RÉGIMEN DE OPERACIÓN			FECHA DEL ÚLTIMO MANTENIMIENTO		
Bueno	Malo	Regular	Bueno	Malo	Regular			
TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES		
TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO								
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES		

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

La función principal del equipo debe ser descrita de forma directa y clara. Así también, se debe calificar la disponibilidad y régimen de operación con los parámetros (bueno, malo y regular) según el estado en el que se encuentre. Las tareas de mantenimiento serán llenadas de acuerdo al tipo de actividad que se vaya a ejecutar, también de debe colocar las observaciones pertinentes en el caso de existir alguna.

3.4.3. *Histórico de mantenimiento*

En el histórico de mantenimiento mostrado en la Tabla 10-3, se debe registrar la avería presente y todas las actividades que se vayan a ejecutar para solucionar dicho problema. También es de suma importancia colocar la fecha y hora de la avería. Los responsables de revisar el histórico de mantenimiento son el encargado de la maquina y el técnico docente encargado del laboratorio.

Tabla 10-3: Ficha del historial de mantenimiento.

		HISTÓRICO DE MANTENIMIENTO AÑO:2023 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES				
DINAMÓMETRO ANALÓGICO						
SISTEMA:						
No.	AVERÍA	ACTIVIDAD A EJECUTAR	FECHA	HORA		
Observaciones						
REVISIÓN						
Firma Responsable Del equipo			Firma Responsable del laboratorio			

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

Los registros de las averías permitirán identificar los mecanismos críticos del equipa para evitar tiempos muertos en la operación del dinamómetro.

3.5. **Plan de mantenimiento**

La elaboración del plan de mantenimiento del dinamómetro BORGHI & SAVERI FA 200SP se realizó en base a la recopilación de información del manual del fabricante, del personal encargado del laboratorio y de las observaciones de los estudiantes que realizan pruebas de laboratorio en la facultad de mecánica.

La designación de tareas de mantenimiento preventivo se asignó según los sistemas del dinamómetro mencionados en la Tabla 7-3. Para la designación de las frecuencias se utilizó un intervalo de tiempo en semanas, debido a que el activo físico no se encuentra en constante operación. En la Tabla 11-3 se detalla una parte del plan de mantenimiento propuesto.

Tabla 11-3: Plan de mantenimiento.

	PLAN DE MANTENIMIENTO		
	FACULTAD DE MECÁNICA	ELABORADO POR:	
	LABORATORIO DE MOTORES	FECHA:	
	DINAMÓMETRO	REVISADO POR:	
ACTIVIDADES	Frecuencia	Responsable	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			
Limpieza de laberintos	12S	Encargado del taller	
Inspección visual y auditiva de la bomba de agua	12S	Encargado del taller	
Inspección visual de las bandas de la bomba de agua	12S	Encargado del taller	
Cambio de aceite en la bomba de agua	24S	Encargado del taller	
Limpieza de la cisterna	12S	Encargado del taller	
ABLANDADOR DE AGUA			
Inspección de la válvula automática	12S	Encargado del taller	
Cambio de la sal del tanque de salmuera	24S	Encargado del taller	
Inspección de los tanques	24S	Encargado del taller	
Lavado de la resina del ablandador de agua	52S	Encargado del taller	
SISTEMA DE TRASMISIÓN EJE CARDAN			
Inspección eje cardán hembra	12S	Encargado del taller	
Inspección del eje estriado	12S	Encargado del taller	
Lubricación del eje cardan	12S	Encargado del taller	
Ajuste de los pernos de anclaje del sistema de transmisión	24S	Encargado del taller	
SISTEMA ELÉCTRICO			
Inspección del sistema eléctrico	12S	Encargado del taller	
Inspección de la tarjeta de control	12S	Encargado del taller	

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

3.7 Cronograma de mantenimiento

El cronograma de mantenimiento puntualiza las frecuencias y horarios distribuidos de forma

muerdos al momento de su operación

Tabla 13-3: Logística de mantenimiento.

		LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO								
		FACULTAD DE MECANICA			ELABORADO POR:		Guanga Andy, Ugsiña Miguel			
Descripción del equipo		LABORATORIO DE MOTORES			FECHA:					
					REVISADO POR:					
Descripción del equipo		Dinamometro								
		Logística								
Sistema	Descripción de la tarea	Materiales		Repuestos		Mano de Obra			Herramientas	
		Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descripción	Cant.
Sistema de Refrigeracion	Limpieza de laberintos	Liquido desincrustante	4 L					1 h	Caja de herramientas mecánicas	1
		Agua	50 L							
	Inspeccion visual y auditiva de la bomba de agua	Waipe	2			Mecánico	1	10	Caja de herramientas mecánicas	1
		Desengrasante	2						Caja de herramientas mecánicas	1
		Inspeccion visual de la bandas de la bomba de agua	Waipe	2			Mecánico	1	10	Caja de herramientas mecánicas

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En el anexo D se muestra la logística de mantenimiento de forma completa.

3.8 Manual de operación y mantenimiento.

La importancia de contar con un manual de operación y mantenimiento para un equipo escaso como el dinamómetro genera muchos beneficios tanto para la institución como para los estudiantes. Estos documentos maximizan la disponibilidad del activo físico y evita tiempos muertos cuando se requiere analizar el comportamiento de los MCI.

Para generar este documento se recopiló la información descrita en el manual del fabricante y el conocimiento de los alumnos que realizan pruebas de laboratorio en la facultad de mecánica.

En el anexo E se detalla, el funcionamiento, partes, instrucciones, recomendaciones y precauciones que se debe tener presente para la operación correcta del dinamómetro y sus sistemas. Así también se menciona las configuraciones de la válvula automática para su programación y mantenimiento.

3.9. Determinación del consumo instantáneo de combustible.

Para la determinación de la curva del consumo de combustible se utiliza el software mostrado en el Gráfico 1-3. Con la ayuda de la tarjeta electrónica se realizó la recolección de datos mostrada en la Tabla 14-3, estos datos son recopilados en una hoja de Excel.

Tabla 14-3: Datos del consumo de combustible.

Rpm	Consumo
1191,58816	649,465895
1192,67003	647,815424
1186,46736	644,438015
1180,34023	657,428964
1181,40108	653,422721
1178,29144	657,404685
1182,37812	657,974231
1216,0163	650,051466
1250,3851	623,997027
1482,13723	518,818388
1731,60288	405,832583
2167,93031	264,742191
2538,24089	200,120952
2935,65141	155,720238
3220,41206	133,506119
3590,98966	118,771182
3677,11997	116,896388

3831,91474	106,218256
3919,54637	104,759539
4108,38491	101,74252
4120,80208	104,486637
4169,8603	107,254625
4182,30195	109,083918
4235,28727	112,812252
4342,7454	111,019233
4427,25306	110,512741
4684,65594	108,291386
4833,67974	110,963911
4974,42703	114,621661
4992,80925	112,143577
5104,96024	106,355889
5066,71547	106,675406
5086,09774	109,56954
5048,62658	109,469964
5085,36338	112,215234

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

El Gráfico 1-3, muestra el comportamiento del consumo de combustible para un MCI, estos datos de vienen expresados en unidades de GV/CV.

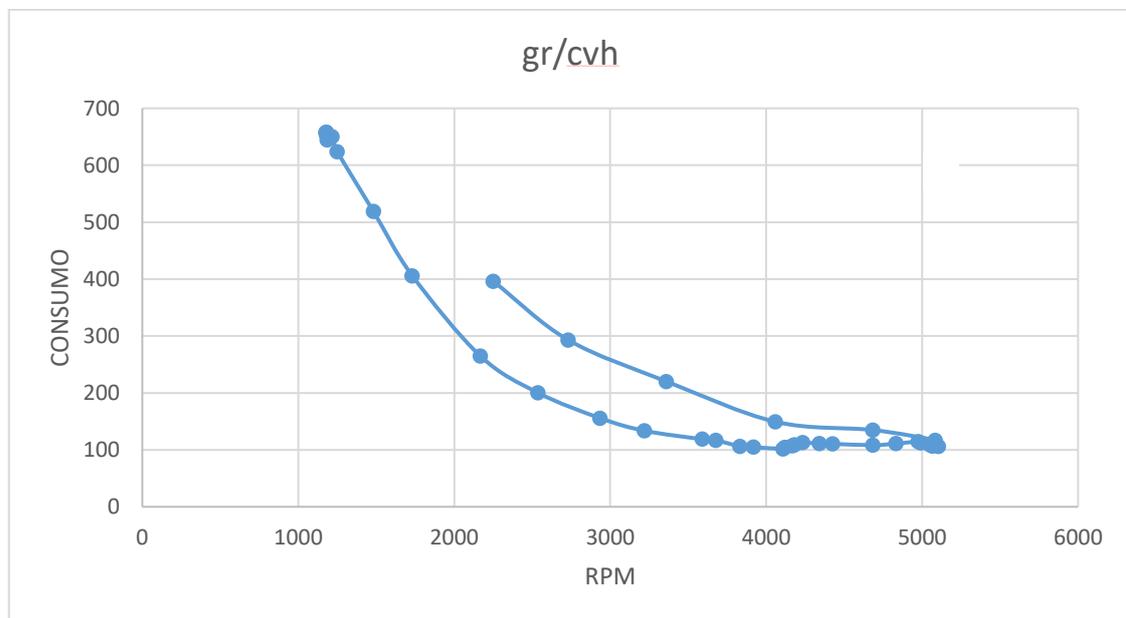


Gráfico 1-3: Determinación de la curva de consumo de combustible.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

La gráfica describe el consumo que se genera en relación a los rpm del motor. Cundo el motor tienes menos inercia el consumo de combustible será mayor debido al voltaje aplicado a las

bobinas del tambor de freno.

Al alcanzar altas velocidades el motor empieza a consumir un promedio de 100 a 150 gr/cv, debido al aumento de la inercia que va alcanzando el MCI, es decir mantienen un menor consumo de combustible. Al bajar los rpm y del motor el consumo de combustible empieza aumentar debido al poco torque con el que se trabaja.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos después de haber ejecutado las metodologías y estrategias de mantenimiento para la repotenciación del dinamómetro analógico de la Facultad de Mecánica y la elaboración del plan de mantenimiento.

4.1. Resultados del análisis técnico actual.

Para asignar la calificación del análisis técnico actual de los subsistemas se consideró los parámetros de la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Criterios de severidad.

	CALIFICACIÓN DEL EQUIPO SEGÚN EL ESTADO TÉCNICO
BUENO	93 al 100%
REGULAR	60 al 93%
MALO	27 al 60%
MUY MALO	Menos del 27%

Fuente: (Quinancela 2021, p. 61)

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Según (Quinancela 2021, p. 61), el factor multiplicador para la puntuación de los porcentajes del estado técnico es:

- Bueno= 1
- Regular= 0,66
- Malos= 0,33
- Muy malo=0

Para obtener el porcentaje total del análisis técnico actual, se debe multiplicar el número de parámetros calificados por el factor multiplicador, luego se suma los resultados y se divide para el numero de parámetros evaluados. Para obtener el valor en porcentaje se debe multiplicar por cien.

Tabla 2-4: Resultados del análisis técnico actual.

		EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DINAMÓMETRO					
EQUIPO:	DINAMÓMETRO ANALÓGICO				FECHA:		
MARCA:	BORGHI & SAVERI				aaaa/mm/dd		
FUNCIÓN PRINCIPAL:							
Generar las curvas de desempeño en torque, potencia y consumo de combustible del MCI.							
INFORMACIÓN	POSEE MANUALES		POSEA PLANOS		REPUESTOS		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
		X		X		X	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN							
ESTADO TÉCNICO		MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO		
Válvula antirretorno			X				
Líneas de succión del sistema de la cisterna		X					
Cisterna				X			
Bomba de agua				X			
Motor eléctrico				X			
Mangueras de succión y descarga del reservorio de agua			X				
Tanque reservorio de agua para el MCI			X				
Líneas de succión y descarga del dinamómetro		X					
Tanque ablandador de agua		X					
Tanque de salmuera		X					
CONCLUSIÓN:	29,7% - Estado técnico MALO						
SISTEMA ELÉCTRICO							
ESTADO TÉCNICO		MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO		
Pulsadores eléctricos		X					
Indicadores de temperatura						X	
Contador de revoluciones.				X			
Motor eléctrico del banco dinamométrico		-	-	-	-	-	
Motor eléctrico del sistema de refrigeración				X			
Termocupla						X	
Fuente de alimentación.				X			
Tablero de control				X			
Tambor del freno				X			
Fuente de voltaje						X	

Tarjeta electrónica			X	
Cableado eléctrico			X	
CONCLUSIÓN:	63.5 % Estado técnico REGULAR			
SISTEMA MECÁNICO				
ESTADO TÉCNICO	MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO
Tanque de combustible			X	
Soportes del banco dinamométrico				X
Bases del MCI			X	
Eje estriado				X
Eje hembra				X
Acoples flexibles		X		
Brida del eje			X	
Balanza analógica				
Contrapesos de las balanzas del activo.			X	
Cimentación del piso				X
CONCLUSIÓN:	69.7 % Estado técnico REGULAR			

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Los resultados obtenidos del análisis técnico actual se muestran en la gráfica 1-4.

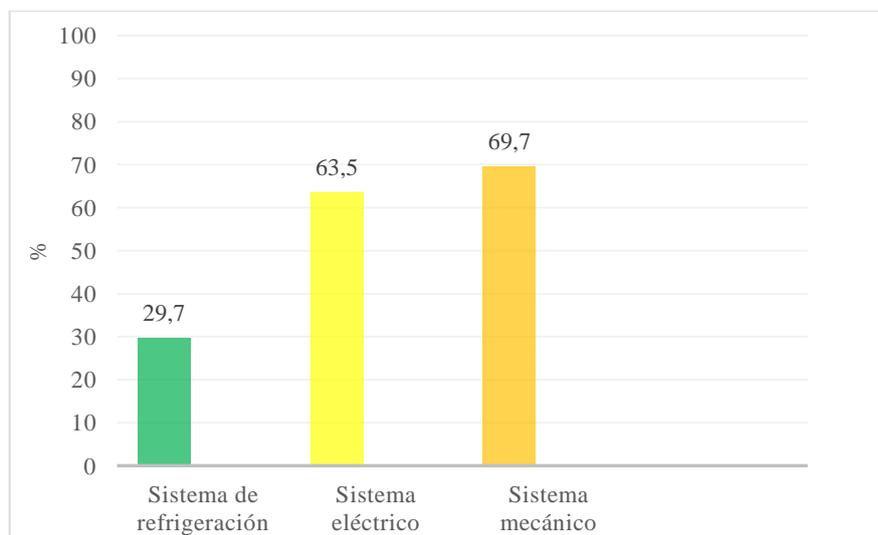


Gráfico 1-4: Resultados del análisis técnico actual.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

4.2. Resultado del mantenimiento correctivo

Los resultados obtenidos después de haber realizado las actividades correctivas a los subsistemas del dinamómetro se muestran en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Resultado de las actividades correctivas.

Elemento	Descripción	Imagen
Tanque reservorio de agua	Las propiedades del agua han provocado que el tanque presente corrosión y acumulación algas debido a sus propiedades. En consecuencia, se cubrió con bate piedra para evitar la corrosión en las paredes internas del tanque y del MCI.	
Línea de succión del agua en la cisterna.	Al realizar las tareas de mantenimiento se apreció picaduras en toda la línea de succión debido a la corrosión provocada por las propiedades del agua. Al cambiar toda la tubería de succión de la cisterna se generó claramente una mayor presión y caudal de agua hacia los sistemas de refrigeración.	
Ablandador de agua	Con el cambio de un nuevo ablandador de agua se obtuvo un medio refrigerante de mayor calidad para el MCI y los laberintos del dinamómetro. La calidad del agua mejoro drásticamente debido al nuevo sistema instalado, esto se pudo identificar en las pruebas de calidad de agua que se realizó.	

Válvula anti retorno	Debido a la presencia de una pérdida de presión en las líneas de descarga de agua se realizó una limpieza total para garantizar un mejor filtrado y succión del agua.	
Mecanismo de transmisión.	El sistema de transmisión eje cardan presentaba altas vibraciones en su operación debido a la desalineación del mismo. Al corregir el acople flexible, ajustar las bases del MCI, bancada y alinear el mecanismo se redujo las vibraciones existentes.	
Tubo de escape del MCI.	Debido a la presencia de vibraciones bruscas se tubo que rectificar el escape ya que no soportaba realizar en el mismo cordón de suelda.	
Electroválvula	La electroválvula presentaba fallas para el control de flujo de agua, por tal motivo se cambió por una nueva válvula.	

Elaborado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

4.3. Resultado del mantenimiento preventivo

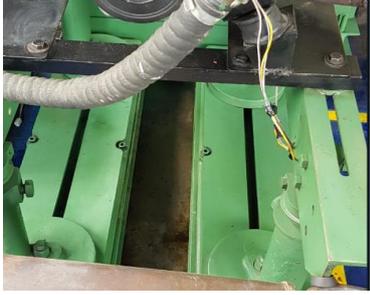
Las tareas de mantenimiento preventivo ejecutadas en los subsistemas del dinamómetro se detallan en la Tabla 4-4.

Estas tareas implementadas permitirán conservar el activo físico durante su ciclo de vida, salvaguardando elementos y mecanismos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos. Con

la finalidad de evitar paros imprevistos o tiempos muertos en las prácticas del laboratorio.

Tabla 4-4: Resultado de las actividades de mantenimiento preventivo

Elemento	Descripción	Imagen
Motor eléctrico	Con el cambio de empaques, verificación de terminales, continuidad de los cables, inspección en las bandas, cambio de los pernos de sujeción en las bases, limpieza interna y externa del motor eléctrico se puede garantizar correcto funcionamiento dentro de su contexto operacional.	
Bomba de agua.	Como tareas preventivas se realizó el desmontaje de la bomba de agua, cambio de empaques, cambio de aceite, limpieza interna y externa, para alargar la función requeridas de la misma.	
Tablero de control.	Para el sistema eléctrico se realizó una verificación del cableado del dinamómetro utilizando un multímetro. En los disyuntores se colocó la señalética de los diferentes mandos para la puesta en marcha del equipo.	
Laberintos del dinamómetro	Al presentar sedimentos y presencia de oxidación en los laberintos del dinamómetro se realizó un lavado interno con ácido muriático para limpiar las impurezas sujetas en el mismo.	

<p>Bancada del dinamómetro</p>	<p>Como mecanismo de prevención se revisó los pernos y bases del dinamómetro, así también se realizó una limpieza total del aceite presente en el suelo luego de haber corregido las fugas del carter del motor.</p>	
<p>Cisterna</p>	<p>Debido a la presencia de partículas sólidas en la cisterna se realizó un lavado total del mismo para garantizar una mejor calidad de agua.</p>	
<p>Tapa de la cisterna</p>	<p>Para alargar la vida de la tapa del tanque de agua de la cisterna se cubrió con una capa de pintura anticorrosiva debido a las condiciones ambientales en las que se encuentra sometido.</p>	

Elaborado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

4.4. Resultados de la calidad del agua.

Una vez instalado del ablandador de agua se procede a ejecutar las pruebas del nivel de PH, cantidad de cloro y cantidad de partículas por millón de sólidos disueltos. Para realizar dicho análisis se utilizó los instrumentos y reactivos detallados en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4: Prueba de calidad del agua.

<p>ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA</p>	
<p>Medidor de PH y cantidad de cloro.</p>	

<ul style="list-style-type: none"> • Reactivo para medir los índices de PH. (Rojo). • Reactivo para medir los índices de cloro. (Amarillo) • Tiras de ensayo para medir la dureza del agua. 	
<p>Medidor de pureza de agua TDS-3</p>	

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Para este análisis se coloca agua en el medidor de PH e índice de cloro como se observa en la Figura 1-4. Para medir el índice de PH se coloca cuatro gotas del reactivo phenol red y cuatro gotas de reactivo oto para medir la cantidad de cloro en el agua.



Figura 1-4: Medición de PH del agua.

Fuente: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Posteriormente, se agita el medidor de calidad de agua y los valores mostrados en la escala del medidor se relacionan con el color indicado como se observa en la Figura 2-4.



Figura 2-4: Resultados de la cantidad de PH y cloro.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Para este caso, el nivel de cloro es de cero ya que el agua no pinta de amarillo, sin embargo, el nivel de PH es de 7.8.

Para medir las partículas por millón de los sólidos disueltos, se procede a calcular con el medidor de pureza de agua en una pequeña cantidad del líquido tratado como se observa en la Figura 3-4



Figura 3-4: Medidor de pureza de agua

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Con este análisis se determinó que la cantidad de partículas solidadas disueltas en el agua es de 384. Este valor es un resultado muy alto ya que genera la solidificación en lodo, esto provocará desgaste en la malla filtrante del tanque.

Para no tener desgaste en las mallas del tanque es recomendable realizar retro lavados cada siete días ya sea de forma manual o automática.

Para saber que el tanque requiere de mantenimiento se realiza pruebas rápidas con las tiras de ensayo detalladas en la Tabla 6-3. En este caso se observa en la Figura 4-4, que la tira no pinta de ningún color por lo que la resina catiónica está en perfecto estado.

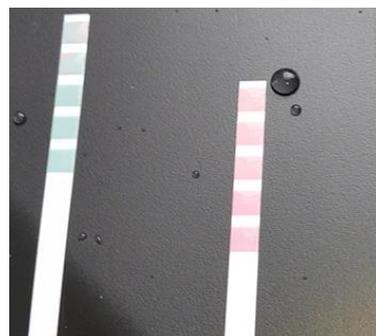


Figura 4-4: Cintas para medir la calidad del agua.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

Si la tira sometida a prueba pinta de otro color, se podría asegurar que el tanque requiere retro lavados más frecuentes o el intercambio inmediato de la resina catiónica.

4.4.1. Resultados de la documentación de mantenimiento.

Para realizar las tareas de mantenimiento preventivo se propuso la documentación de mantenimiento con la finalidad de registrar las actividades que se ejecutaran en el activo fisco.

En la Tabla 6-4, se muestra con detalle los diferentes tipos de documentación propuesta.

Tabla 6-4: Documentación del mantenimiento.

Descripción	Detalle	Documento
Ficha técnica	Con la elaboración de este documento se conocerá a detalle los mecanismos del activo físico, responsables del equipo, y las tareas ejecutadas.	 <p>Formulario de Ficha Técnica de Mantenimiento. Incluye campos para: RESP. DEL EQUIPO, RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO, FECHA, TIPO DE EQUIPO, MARCA, MODELO, TENSORES EQUIPO, TOCERA, PAIS DE PROCEDENCIA, TORQUE, FUNCION PRINCIPAL, DISPONIBILIDAD, REGIMEN DE OPERACION, TECN. DEL USUARIO, MANTENIMIENTO, Bases, Mala, Regular, Buena, Mala, Regular, TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD, OBSERVACIONES, TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO, DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD, OBSERVACIONES.</p>
Orden de trabajo	En este documento se detallarán las tareas de mantenimiento tanto preventivas como correctivas, responsables, herramientas y el estado de dio documento.	 <p>Formulario de Orden de Trabajo. Incluye campos para: SISTEMA, Fecha y hora de inicio, Fecha y hora de salida, Tipo de equipo, ESTADO FUNCIONAL DEL EQUIPO, Tiempo, En operación, Trabajo, Intensa y regular, rotunda, Trabajo, Fecha de servicio, DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD, TECNICO RESPONSABLE, REPARACIONES, DISPOSITIVOS Y EQUIPOS, CASI, Descripción del material, repuesto e Insumo, Precio unitario, Precio Total, ESTADO DE LA ORDEN DE TRABAJO, Tiempo de la reparación, Corrada terminada dentro del plazo, Corrada terminada fuera del plazo, Aplanada o pendiente, Observaciones, REVISION, Firma Responsable Del equipo, Firma Responsable del laboratorio.</p>
Historial de averías.	El histórico de averías permitirá llevar un registro del comportamiento del equipo para poder evaluar los componentes críticos.	 <p>Formulario de Historial de Mantenimiento. Incluye campos para: SISTEMA, No., AVERIA, ACTIVIDAD A EJECUTAR, FECHA, HORA, Observaciones, REVISION, Firma Responsable Del equipo, Firma Responsable del laboratorio.</p>

Realizado por: Guanga, A, Ugsña, M.2022

Esta documentación permitirá generar una mayor confiabilidad en el equipo ya que se registrará

las actividades en cada ficha designada.

4.4.2. Resultados del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento para el dinamómetro analógico se realizó en base a la recopilación de información del manual del fabricante, del personal encargado del laboratorio y de las observaciones de los estudiantes que realizan pruebas de laboratorio. En la Tabla 7-4 se aprecia el número de actividades preventivas que se debe realizar para que el activo físico cumpla con su función requerida.

Tabla 7-4: Resultados del plan de mantenimiento.

RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	
Subsistema	Número de tareas preventivas
Sistema de refrigeración	5
Ablandador de agua	4
Sistema de transmisión eje cardan.	4
Sistema eléctrico	2

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

4.5. Resultado de la determinación del consumo instantáneo

Con la implementación de las tareas de mantenimiento en el sistema electrónico, celda y sensor de carga, se pudo notar que la curva del consumo de combustible se generó de una forma más precisa en comparación de la Figura 5-4 de lado izquierdo.

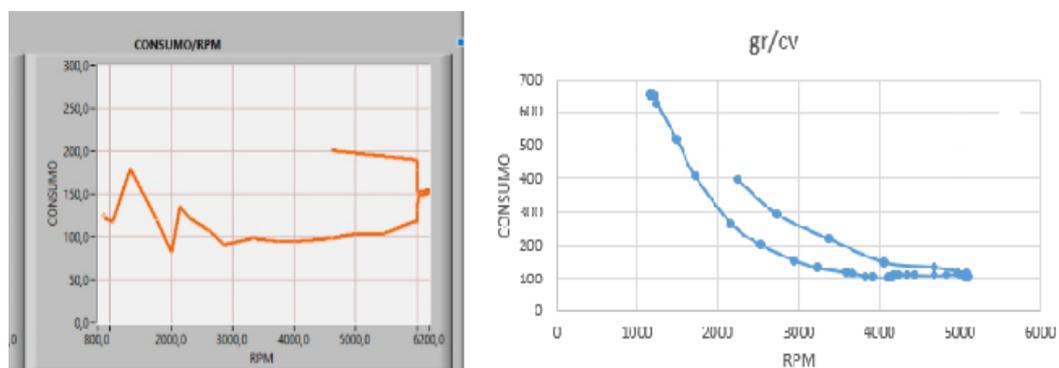


Figura 5-4: Resultados de las curvas del consumo de combustible.

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M.2022

En la Figura 5-4 de lado derecho se puede apreciar que la curva del consumo de combustible, nos genera datos más exactos en cuanto a la cantidad de combustible consumido y los rpm.

CONCLUSIONES

Se determino el estado técnico actual de los diversos sistemas y subsistemas que conforman el banco dinamométrico marca Borghi y Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, los cuales se encontraban en un estado regular debido a la falta de mantenimiento.

Se realizó las tareas de mantenimiento a los sistemas y subsistemas con la ayuda de diversos equipos garantizando el correcto funcionamiento de función requerida.

Con la implementación del nuevo sistema de filtrado mediante el tanque ablandador marca AEROMAT se garantizó una mejor calidad de agua. El agua ablandada permitirá salvaguardar las tuberías de refrigeración del MCI y de los laberintos del dinamómetro a largo plazo.

Se realizo un plan de mantenimiento preventivo y un manual de operación del banco dinamométrico, para facilitar la manipulación de los estudiantes y a la vez extender el ciclo de vida del activo físico.

Para la determinación del consumo de combustible se implementó un nuevo sensor de flujo y se modificó la fórmula empleada para la recolección correcta de datos.

RECOMENDACIONES

Tener un conocimiento previo del funcionamiento del banco dinamométrico para evitar manipulaciones bruscas, por lo que se recomienda leer el manual de operación antes de realizar pruebas del MCI.

Respetar el perímetro de seguridad del dinamómetro al momento de encontrarse en funcionamiento para precautelar la seguridad del operario.

Verificar el nivel de sal en grano en el tanque de la salmuera para el funcionamiento correcto del ablandador de agua

Realizar el retro lavado de la resina que se encuentra en el tanque ablandador con el fin de conservar las propiedades del mismo para mantener una buena calidad del agua.

Se recomienda ejecutar las tareas de mantenimiento propuestas para evitar tiempos muertos al momento de realizar ensayos en el dinamómetro.

Se recomienda tener un ordenador para alimentar el Arduino, caso contrario la tarjeta electrónica no receptara los datos generados en el dinamómetro. Así también se deberá revisar semestralmente la tarjeta electrónica con personal calificado para asegurarse que los microprocesadores estén funcionando y no generen alteraciones en la toma de datos.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIAR ZUMBA, Klerber Jeovanny, & ROJANO HERRERA, Dennis Javier. ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS ESTRATEGIAS PARA LA MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y VALIDACIÓN DE LAS MISMAS EN UN DINAMÓMETRO. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2021. p. 31.

ÁLVAREZ, Juan, & DOGLIO, Guillermo. Banco de Ensayo para Motores con Freno de Corrientes Parásitas. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica Nacional. Departamento de Electrónica. Buenos Aires-Argentina. 2021. pp. 20-23.

AQUAGROUP. *Ablandamiento de Agua* [blog]. [Consulta: 3 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.aquagroup.ec/ablandamiento-de-agua-quito-ecuador.html>.

BALLADARES PICO, Luis Miguel, & SAETEROS AMOROSO, Dario Javier. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN BANCO DINAMOMÉTRICO. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 11-13.

BARREIRO, Mauricio. BANCO DE ENSAYO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata. Escuela de Ingeniería Mecánica. Buenos Aires-Argentina. 2016. pp.6-7.

BORGHI & SAVERI, 1983. INTRUCTIONS MANUAL EDDY CURRENT BRAKE DYNAMOMETERS HEAVY DUTY.

BORRERO SANDOVAL, Daniela María. CARACTERIZACIÓN DEL MAPA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ENCENDIDO PROVOCADO EN CONDICIONES REALES DE FUNCIONAMIENTO. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Quevedo-Ecuador. 2021. pp. 62-67.

BRAVO PALACIOS, Diego Iván. Metodología de estimación de consumo de combustible y mapa de motor. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería Automotriz. Cuenca-Ecuador. 2021. p. 13.

CÁCERES ACURIO, Christian Marcelo, & VALLEJOS GUERRERO, Álvaro Rene. RECUPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE POTENCIA DE MOTORES A GASOLINA INSTALADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES CCICEV. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2018. pp. 3-5.

CARMONA, Anibal, & RENIERO, Alan. Ingeniería y diseño de un banco de pruebas didáctico para un motor a combustión interna. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concepción del Uruguay. Escuela de Ingeniería Electromecánica. Buenos Aires-Argentina. 2018. p.5.

CRUZ, M; et al. “Análisis de variables CAN para identificar estilos de conducción en vehículos de autotransporte”. Instituto Mexicano del Transporte [en línea], 2022 (México) (674), pp. 6-7. [Consulta: 4 mayo 2022]. ISSN 0188-7297. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt674.pdf>

GALARZA NEIRA, Juan Luis. Adaptación de un Sistema de Inyección Electrónica Programable en un Suzuki Forsa I para Aumentar su Rendimiento en Torque y Potencia. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ciencias Técnicas. Escuela de Ingeniería Automotriz. Guayaquil-Ecuador. 2022. p. 15.

GUANANGA YAGCHIREMA, Andrés Alejandro & CANDO TONATO, Segundo Geovany. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FRUTAS BAYFRUIT DE LA PARROQUIA BAYUSHIG CANTÓN PENIPE. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de mantenimiento industrial. Riobamba-Ecuador. 2021. p. 35.

GUERRERO ALTAMIRANO, Lenin Renan. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS MODOS DE FALLA PARA LOS ACTIVOS EN LA PLANTA DE ENSAMBLE DE LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Riobamba-Ecuador. 2022. p. 36.

HERNÁNDEZ, Juan, & COLMENAR, Antonio. *Electricidad: fundamentos y problemas de electrostática, corriente continua, electromagnetismo y corriente alterna* [en línea]. Madrid -

España: RA-MA Editorial, 2014 [Consulta: 3 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/106425?page=398>.

ISO 14224, 2016. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural –recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.*

MEDRANO MÁRQUEZ, José; et al. *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales* [en línea]. ed. México, D.F: Grupo Editorial Patria. [Consulta: 3 mayo 2022]. ISBN 9786077444947. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/40508>.

MENDOZA, Iván.; & ZURITA, Grover. “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE ALINEACIÓN DE EJES PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”. INVESTIGACION & DESARROLLO, vol. 18, n° 1 (2018), (Bolivia) pp. 91-102.

MONROY JARAMILLO, Mauricio; et al. “Ensamble e instrumentación de un banco didáctico para pruebas de arranque en motores de combustión interna”. UIS Ingenierías [en línea], 2020, (Colombia) 19(3), pp. 37-48 [Consulta: 1 mayo 2022]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/10520/10514>.

MONTIEL, Abraham, & CONEO, Jorge. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO HIDRÁULICO PARA MEDICIÓN DE POTENCIA EN MOTORES. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Montería-Colombia. 2020. p. 24.

NATIONAL INSTRUMENTS. *USB-6009- NI.* [blog]. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6009.html>.

NETA MTS, 2019. *Estándar para especificaciones de prueba de mantenimiento para equipos y sistemas de energía eléctrica.*

PAYRI GONZÁLES, Francisco; & DESANTES FERNÁNDEZ, José. *Motores de combustión interna alternativos.* Barcelona-España: Reverté, 2011, pp. 29-30.

POALACÍN PAUCAR, Gustavo Andrés, & VILAÑA TOPÓN, Blanca Adriana. Reingeniería y mantenimiento del sistema de control mecánico y electrónico del dinamómetro de rodillos Motorroll (Md200hp), para el desarrollo de pruebas dinámicas en vehículos. (Trabajo

de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas. Facultad de Ciencias de la Energía y Mecánica. Escuela de Ingeniería Automotriz. Latacunga-Ecuador. 2021. p. 18.

PULZARA MORA, Camilo Andrés. Aleaciones Semi-magnéticas de GaSbMn para Aplicaciones en el Desarrollo de Sensores de Campo Magnético por Efecto Hall. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física y Química. Manizales-Colombia. 2019. p. 22.

QUINANCELA JARA, Benny Stalin. REHABILITACIÓN DE LA PRENSA HIDRÁULICA PARA SU IMPLEMENTACIÓN COMO MÁQUINA DE PRENSADO, CONFORMADO Y MONTAJE EN EL TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2021. p. 61.

RAMOS PACHECO, Ronald Luis. EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA Y DUREZA INICIAL MEDIANTE INTERCAMBIADOR IÓNICO PARA REMOCIÓN DE DUREZA SINTÉTICA EN AGUAS. (Trabajo de titulación) (Doctorado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez. Escuela de Posgrado. Lima-Perú. 2022. p.25.

ROVIRA, Antonio, & MUÑOZ, Marta. *Motores de Combustión Interna* [en línea]. Madrid-España: UNED, 2015. [Consulta: 3 mayo 2022]. Disponible en: www.uned.es/Publicaciones.

UNE-EN 13306, 2018. *Terminología del Mantenimiento*.

ZAFRA URREA, Ronald Miguel. Diseño de un dinamómetro eléctrico para motores de hasta 100 HP. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Tecnológico de Monterrey. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Escuela de ingeniería Automotriz. Toluca-México. 2019. pp.17-18.

ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DEL DINAMÓMETRO

		FICHA TÉCNICA N°.001 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES			
RESP. DEL EQUIPO		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO		FECHA:	
				aaaa/mm/dd	
TIPO DE EQUIPO:		DINAMÓMETRO ANALÓGICO		IMAGEN	
MARCA:		BORGHI & SAVERI			
MODELO:		FA 200SP			
AÑO DEL EQUIPO:		1983			
COLOR:		VERDE			
PAÍS DE DESCENDENCIA:		ITALIA			
CÓDIGO:		FMAME-MCI-P01			
FUNCIÓN PRINCIPAL:		Generar las curvas de desempeño en torque, potencia y consumo de combustible del MCI.			
DISPONIBILIDAD		RÉGIMEN DE OPERACIÓN			FECHA DEL ULTIMO MANTENIMIENTO
		X			X
Bueno	Malo	Regular	Bueno	Malo	Regular
TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD				OBSERVACIONES

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DEL MOTOR ELÉCTRICO

		FICHA TÉCNICA N°.000 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES				
RESP. DEL EQUIPO		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO			FECHA:	
					aaaa/mm/dd	
TIPO DE EQUIPO:		MOTOR ELÉCTRICO		IMAGEN		
MARCA:		WEG				
MODELO:						
POTENCIA:		2HP				
COLOR:		VERDE				
PAÍS DE DESCENDENCIA:		BRASIL				
CÓDIGO:						
FUNCIÓN PRINCIPAL:		Generar trabajo para impulsar la bomba de agua.				
DISPONIBILIDAD			RÉGIMEN DE OPERACIÓN			FECHA DEL ULTIMO MANTENIMIENTO
Bueno	Malo	Regular	Bueno	Malo	Regular	
TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES
TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DEL ABLANDADOR DE AGUA

		FICHA TÉCNICA N°.000 FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE MOTORES				
RESP. DEL EQUIPO		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO			FECHA:	
					aaaa/mm/dd	
TIPO DE EQUIPO:		ABLANDADOR DE AGUA		IMAGEN		
MARCA:		AEROMAT				
TEMPERATURA MÍNIMA		1°C (34°F)				
TEMPERATURA MÁXIMA		40°C (104°F)				
COLOR:		NATURAL				
VACÍO MÁXIMO		65.5mm Hg (2.5” Hg)				
PRESIÓN MAX		150 psi				
FUNCIÓN PRINCIPAL:		Liberar el agua dura de calcio y magnesio.				
DISPONIBILIDAD			RÉGIMEN DE OPERACIÓN			FECHA DEL ULTIMO MANTENIMIENTO
Bueno	Malo	Regular	Bueno	Malo	Regular	
TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES
TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					OBSERVACIONES

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

ANEXO D: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO

		LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO								
		FACULTAD DE MECÁNICA				ELABORADO POR:		Guanga Andy, Ugsiña Miguel		
		LABORATORIO DE MOTORES				FECHA:				
						REVISADO POR:				
Descripción del equipo		Dinamómetro								
Sistema	Descripción de la tarea	Logística								
		Materiales		Repuestos		Mano de Obra			Herramientas	
		Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descripción	Cant.
Sistema de Refrigeración	Limpieza de laberintos	Líquido desincrustante	4 lt			Encargado del taller		1 h	Caja de herramientas mecánicas	1
		Agua	50 lt			Encargado del taller				
	Inspección visual y auditiva de la bomba de agua	Waípe	2 lb			Encargado del taller	1	30 min	Caja de herramientas mecánicas	1
		Desengrasante	2 lt			Encargado del taller			Caja de herramientas mecánicas	1
	Inspección visual de las bandas de la bomba de agua	Waípe	2 lb			Encargado del taller	1	10 min	Caja de herramientas mecánicas	1
	Cambio de aceite en la bomba de agua	Aceite	¼ lt	SAE 85W140	1	Encargado del taller	1	30 min	Caja de herramientas mecánicas	1
		Waípe	2 lb			Encargado del taller				1
	Limpieza de la cisterna	Cloro	2 lt			Encargado del taller		2 h		

		Escoba de cerdas duras	1			Encargado del taller			Linterna	1	
Ablandador de agua	Lavado de la resina del ablandador de agua	Waipe	2 lb			Encargado del taller	1	40 min			
	Cambio de la sal del tanque de salmuera	Sal	1 lb			Encargado del taller	1	15 min			
		Waipe	1 lb			Encargado del taller					
	Inspección de los tanques					Encargado del taller	1	5 min			
Inspección de la válvula automática	Waipe	1 lb			Encargado del taller	1	15 min				
Sistema de transmisión eje cardan	Inspección eje cardán hembra	Waipe	5 lb			Encargado del taller	1	30 min	Caja de herramientas mecánicas	1	
		Desengrasante	2 lt			Encargado del taller	1				
	Inspección del eje estriado	Waipe	2 lb			Encargado del taller	1	30 min	Caja de herramientas mecánicas	1	
		Desengrasante	2 lt			Encargado del taller	1				
	Lubricación del eje cardan	Grasa	200 gr	NLGI 2	1	Encargado del taller	1	15 min	Caja de herramientas mecánicas	1	
		Desengrasante	2 lt			Encargado del taller	1				
		Waipe	2 lb			Encargado del taller	1				
Ajuste de los pernos de anclaje del sistema de transmisión					Encargado del taller	1	1 h	Caja de herramientas mecánicas	1		
Sistema eléctrico	Inspección del sistema eléctrico					Encargado del taller	1	30 min	Caja de herramientas eléctricas	3	
	Inspección de la tarjeta de control					Encargado del taller	1		Multímetro	1	

Realizado por: Guanga, A, Ugsiña, M. 2022.

ANEXO E: MANUAL DE OPERACIÓN

MANUAL DE OPERACIÓN



DINAMÓMETRO ANALÓGICO BORGHI Y SAVERI

MODELO FA 200 SP



Leer las siguientes recomendaciones antes de manipula el equipo.

Lea detenidamente las instrucciones y advertencias.

Las instrucciones planteadas deben leerse detenidamente y entender su funcionamiento antes de manipular el equipo.

En este manual de operación y mantenimiento se detallan las advertencias y precauciones para evitar todo tipo de percances en la manipulación del activo físico.

Trate con cuidado.

El dinamómetro cuenta de mecanismos críticos que deben ser tratados cuidadosamente para su manipulación.

Precauciones de seguridad.

- No manipule la tapa de seguridad del sistema eje cardan al momento de su operación.
- No introduzca las manos ni alguna parte de su cuerpo en el eje cardan cuando se esté operando.
- No utilice ningún tipo o prenda de ropa holgada si requiere manipular el motor de combustión interna.
- Evita sobrepasar el área de seguridad marcado en el piso del dinamómetro.
- No tocar el escape del MCI ya que pueden sufrir quemaduras leves debido a las altas temperaturas que alcanza.
- Asegúrese que el tanque de agua utilizado como radiador del MCI contenga agua antes de su operación.

Información general.

INTRODUCCIÓN

El presente manual contiene la información detallada del funcionamiento e instrucciones para una correcta operación del dinamómetro y sus sistemas.

El propósito de este documento es servir como una herramienta base para que los estudiantes que van a realizar pruebas tengan una guía breve y clara de su uso.

En este documento se encontrará las advertencias y recomendaciones necesarias para su manipulación, basadas en el manual del fabricante.

DINAMÓMETRO BORGHI & SAVERI 200 SP

El dinamómetro BORGHI & SAVERI 200 SP está diseñado para realizar pruebas de potencia, torque y consumo de combustible en motores de combustión interna.

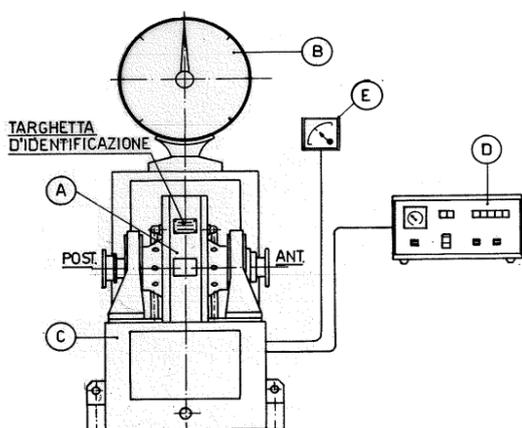


Figura 1: Dinamómetro

Este tipo de equipo está orientado a trabajar con corriente parasitas o de Foucault, las cuales generan un frenado a través de un campo magnético en el tambor del dinamómetro. Las corrientes parasitas permiten combinar su funcionamiento con computadoras, actuadores ahorrándonos tiempo y dinero al momento de realizar su diagnóstico.

En la actualidad este equipo ha sido simplificado con una tarjeta electrónica la cual permite obtener las curvas de desempeño de forma digital para obtener datos más exactos.

Datos técnicos

En la Tabla 1, se detalla las características técnicas del equipo.

Tabla 1: Características del dinamómetro.

TIPO DE EQUIPO:	DINAMÓMETRO ANALÓGICO
MARCA:	BORGHI & SAVERI
MODELO:	FA 200SP
AÑO DEL EQUIPO:	1983
COLOR:	VERDE
PAÍS DE DESCENDENCIA:	ITALIA
POTENCIA MÁXIMA	200 HP
VELOCIDAD MÁXIMA	12000 RPM (147,2 KW)

INSTRUCCIONES PARA EL CORRECTO USO DEL EQUIPO

Para que el equipo mantenga su función requerida preste atención a las siguientes instrucciones:

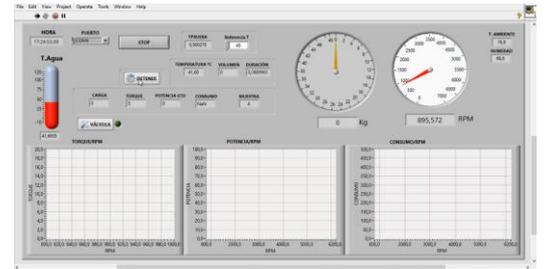
- a) No sobrepasar el número máximo de velocidad (rpm) del freno.
- b) Una incorrecta alimentación del sistema de enfriamiento podría causar graves daños en el equipo.
- c) No realizar recargues bruscos de voltaje para generar el frenado del equipo.
- d) No arrancar el dinamómetro antes de la bomba de agua.
- e) Verificar que el tanque reservorio de agua para el motor de combustión interna este alimentada.
- f) Verificar que no exista vibraciones o desalineación el sistema eje cardan.

INSTRUCCIONES PREVIAS A LA OPERACIÓN DEL EQUIPO.

- a) Mantenga el área de trabajo limpio para evitar percances.
- b) Usar el distanciamiento adecuado para la toma de datos.
- c) Asegurarse que el reservorio de gasolina este con combustible.
- d) Usar mandil, tapones para oídos, mascarilla.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DEL SOFTWARE DEL DINAMÓMETRO.

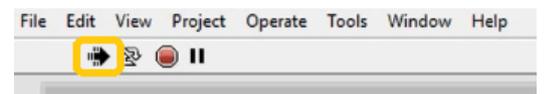
- a) Con la ayuda del software LabVIEW se procede a abrir el programa para la obtención de datos del dinamómetro.



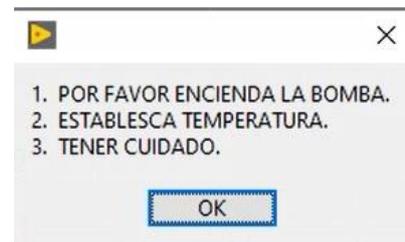
- b) Pulsar el botón prueba para ir a la interfaz de obtención de datos



- c) Pulsar el botón para correr el programa



- d) Tener en cuenta el aviso del programa antes de empezar a obtener datos caso contrario los datos pueden llegar a tener errores de medición.



- e) Pulsar el botón medir para empezar a obtener datos



- f) Acelerar el motor para que el programa empiece tomar datos para las gráficas del torque, potencia, consumo de combustible.
- g) Al acabar la obtención de datos pulsar el botón detener



- h) Los datos obtenidos serán guardados en un archivo de Excel

INSTRUCCIONES PARA EL ENCENDIDO DEL DINAMÓMETRO

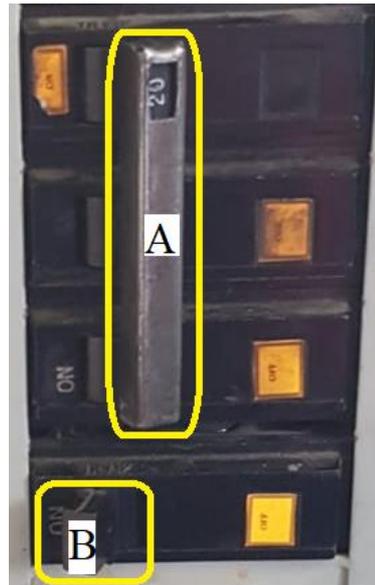
Para la actualidad el dinamómetro ha sido simplificado con la instalación de una tarjeta electrónica para ser operado a través de un ordenador.

Para la puesta en marcha del dinamómetro se debe seguir los siguientes pasos:

- Abrir el paso de flujo de agua tratada del ablandador hacia la cisterna con la apertura de la llave de paso.



- Encender a través del tablero de control la bomba de agua al igual la válvula solenoide, para la refrigeración del sistema de frenado del dinamómetro y del motor de combustión interna.



A	Bomba de agua
B	Válvula solenoide

- Para el encendido el banco de pruebas se procede colocar en el modo de apertura el switch.



- Pulsar el botón para encender el motor de combustión interna para que el mismo active el funcionamiento del eje del dinamómetro.

MANUAL DE OPERACIÓN



ABLANDADOR DE AGUA

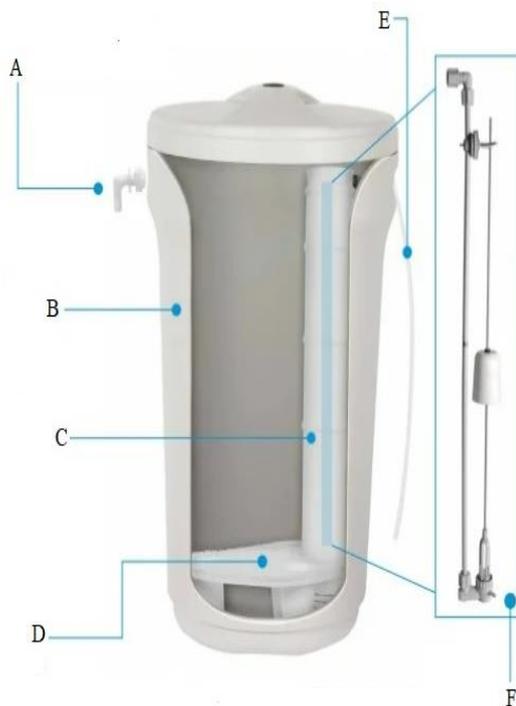
AEROMAT

Datos técnicos del tanque ablandador

En la Tabla 2, se detalla las características técnicas del equipo.

TIPO DE EQUIPO:	Tanque Ablandador
MARCA:	AEROMAT
Material:	Fibra de vidrio
Color:	Natural
Temperatura máxima:	40°C
Temperatura mínima:	1°C
Presión Máxima:	150 psi
Volumen:	44,6 L
Peso:	6,2 Kg
Tasa de flujo:	0,3-0,6 m ³ /h

Tanque de salmuera



Ítem	Significado
A	Conexión de seguridad para desbordamiento

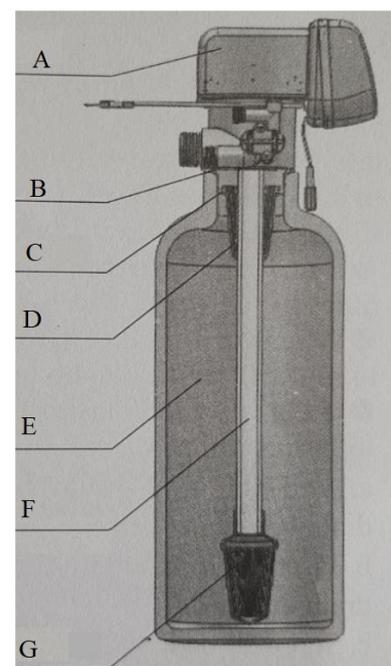
B	Tanque
C	Tubo colector
D	Malla Inferior
E	Manguera de succión
F	Válvula de seguridad montada en el tubo colector

Valvula automatica



Ítem	Significado
A	Salida
B	Drenaje
C	Entrada
D	Colector de salmuera
E	Inyector

Tanque ablandador



Ítem	Significado
A	Válvula de control
B	Junta tórica base
C	Junta tórica del tubo ascendente
D	Colador superior
E	Tanque de resina
F	Tubo elevador
G	Colador inferior

Datos Técnicos de la válvula automática

En la Tabla 2, se detalla las características técnicas del equipo.

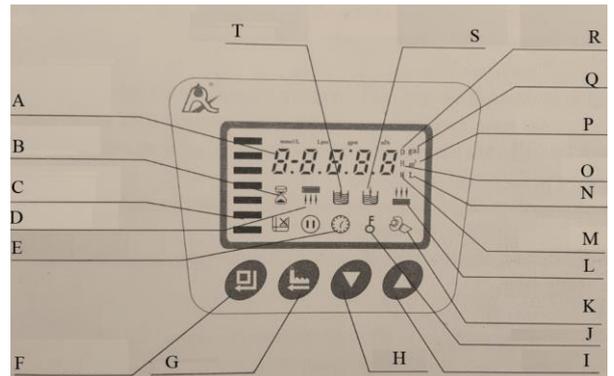
TIPO DE EQUIPO:	válvula automática
Modelo:	F68C1
Presión adecuada:	21-87 psi
Tratamiento de Aguas Máxima capacidad:	10 m ³ /h
Entrada del transformador:	100-240 V/50-60Hz
Salida del transformador:	DC12V, 1.5A
Humedad relativa:	95% (°C)

Instrucción de funcionamiento del ablandador de agua

El agua dura ingresa por la entrada de la válvula automática pasando a través de la ranura y del pistón inferior, ingresa al tanque ablandador desde la parte superior descendiendo por la capa de resina para transformarse en agua ablandada, regresa por la tubería central a través del colador inferior hasta el colador superior, el agua ablandada sale por la válvula automática hacia la cisterna.

Configuración de la válvula automática

Para garantizar la calidad del agua ablandada se debe asegurar que haya sal en el tanque de salmuera, el cual debe tener una pureza mínima del 99.5 %, prohibiendo el uso de sal chica y sal yodada.



Ítem	Significado
A	Área digital
B	Servicio
C	Luces de visualización dinámica
D	lavado
E	hora
F	Menú/ Confirmar
G	Manual/ Retorno
H	Abajo
I	Arriba
J	Bloqueo de botones
K	Configuración
L	Enjuague rápido
M	Minuto
N	Litro
O	Hora
P	CBM
Q	Galón
R	Día
S	Recarga de salmuera
T	Salmuera y lento enjuagar

- Para configurar los parámetros de tratamiento de agua se mantiene presionado los dos botones  por 5 segundos
- En el modo menú presione  y las luces encienden, luego ingrese al modo de visualización del programa para ver todos los valores.
- En el modo de visualización de programa, presione  ingrese al modo de configuración de programa, presione  o  para ajustar los valores
- Presione  después de configurar todos los programas, y luego la voz “Di” significa que todos los ajustes son exitosos y regresan al modo de visualización del programa.