



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Parámetros de diseño de un dinamómetro de rodillos para determinar potencia y torque en vehículos livianos del Ecuador

Armas Chusin, René Hernán

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Automotriz

Ing. Beltrán Reyna, Roberto Félix

04 de marzo del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular, “**PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS PARA DETERMINAR POTENCIA Y TORQUE EN VEHÍCULOS LIVIANOS DEL ECUADOR**” fue realizado por el señor **Armas Chusin, René Hernán** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 4 de marzo del 2022



Firmado electrónicamente por:

**ROBERTO FELIX
BELTRAN REYNA**

Ing. Beltrán Reyna, Roberto Félix

C.C.: 1755523923

Reporte verificación de contenido



Tabajo de UIC - ARMAS CHUSIN RENÉ HERNAN.pdf

Scanned on: 23:24 February 1, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	262
Words with Minor Changes	178
Paraphrased Words	64
Ommited Words	0



Website | Education | Businesses



Firmado electrónicamente por:

**ROBERTO FELIX
BELTRAN REYNA**

Ing. Beltrán Reyna, Roberto Félix

C.C.: 1755523923



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Armas Chusin, René Hernán** con cedula de ciudadanía N° **050347134 – 4**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS PARA DETERMINAR POTENCIA Y TORQUE EN VEHÍCULOS LIVIANOS DEL ECUADOR”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 4 de marzo del 2022

Armas Chusin, René Hernán

C.C.: 050347134 – 4



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Autorización de publicación

Yo, **Armas Chusin, René Hernán** con cedula de ciudadanía N° **050347134 – 4**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS PARA DETERMINAR POTENCIA Y TORQUE EN VEHÍCULOS LIVIANOS DEL ECUADOR”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 04 de marzo del 2022

Armas Chusin, René Hernán

CC. 050347134 – 4

Dedicatoria

A Dios, por darme la fuerza y valor necesario para poder culminar con el presente proyecto y poder cumplir una meta más en mi vida

A mi padre Aquilino Armas, el cual desde el cielo me ha brindado su bendición y amor para poder cumplir con una meta muy importante en mi vida.

A mi madre y padre, Carmen Chusin y Francisco Castellano, que han brindado su apoyo y amor incondicional en momentos difíciles de mi vida para que esta etapa de mi vida para poder concretar el presente proyecto y una meta más en mi vida.

A mi hermano y a mi prima, Kevin Castellano y Katherine Tigasi, por ser mi motivación para ser mejor persona y darles un buen ejemplo para su vida.

ARMAS CHUSIN, RENÉ HERNÁN

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por brindar la salud, la fuerza y valor necesario para cumplir con una meta más que me he propuesto en la vida y agradezco por haber puesto en mi camino a personas que directa e indirectamente me ayudaron a forjarme como una excelente persona y profesional.

Agradezco a mis padres, que con su amor, esfuerzo y dedicación procuraron que no me falte nada al momento de mis estudios y en la vida, son un pilar muy importante en mi vida y la vida no me alcanzara para agradecer todas las cosas que han hecho por mí.

A mi prima y mi hermano que con su cariño y amor me ayudaron a no darme por vencido y formarme como una persona de bien.

Al Ingeniero Roberto Beltrán, le agradezco por la supervisión en las diferentes etapas que conformaron este proyecto.

ARMAS CHUSIN, RENÉ HERNÁN

Tabla de contenidos	
Caratula.....	1
Certificación	2
Reporte verificación de contenido	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Generalidades	16
Antecedentes	16
Proyectos relacionados.....	17
Planteamiento del Problema	18
<i>Identificación del problema.....</i>	<i>18</i>
<i>Formulación del problema</i>	<i>18</i>
Justificación e importancia.....	19
Objetivos.....	19
<i>Objetivo General.....</i>	<i>19</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>19</i>
Hipótesis.....	20
Variables de Investigación	20
<i>Variables Independientes</i>	<i>20</i>
<i>Variables Dependientes.....</i>	<i>20</i>

Metas.....	20
Marco teórico	21
Dinamómetro	21
Historia del dinamómetro.....	22
Normas de medición de potencia.....	23
Tipos de dinamómetros.....	23
<i>Dinamómetro de motor.....</i>	<i>23</i>
<i>Dinamómetro de rodillos.....</i>	<i>25</i>
Curvas características del motor	27
Potencia.....	28
<i>Potencia indicada.....</i>	<i>28</i>
<i>Potencia pérdida por resistencia mecánica.....</i>	<i>28</i>
<i>Potencia efectiva</i>	<i>29</i>
Potencia normalizada	29
<i>Potencia bruta.....</i>	<i>30</i>
<i>Potencia en la rueda.....</i>	<i>30</i>
<i>Potencia corregida</i>	<i>31</i>
<i>Potencia neta</i>	<i>31</i>
Par motor o torque	31
Componentes de un dinamómetro de rodillos	32
<i>Rodillos.....</i>	<i>33</i>
<i>Extractor de gases de un dinamómetro</i>	<i>33</i>
<i>Estructura del dinamómetro</i>	<i>34</i>
<i>Ventiladores</i>	<i>35</i>
<i>Freno o Carga</i>	<i>36</i>
Unidades de absorción de potencia	37
<i>Freno de Prony</i>	<i>38</i>

<i>Freno Hidráulico</i>	38
<i>Freno de histéresis</i>	39
<i>Freno de inducción electromagnética</i>	40
Aplicaciones y uso	40
Sistema de Inercia.....	42
Computadora y software	43
<i>Computadora</i>	43
<i>Software</i>	43
Normas de seguridad.....	44
Parametros de diseño	46
Norma utilizada para el diseño del dinamómetro automotriz.....	46
Parámetros de diseño del dinamómetro automotriz	46
Selección de material.....	47
<i>Matriz morfológica de selección para el diseño</i>	48
<i>Propiedades del material seleccionado en la matriz morfológica</i>	49
Diseño de los rodillos.....	52
<i>Matriz morfológica de diseño de los rodillos del dinamómetro</i>	52
<i>Flexión en los rodillos</i>	53
<i>Balaceo de los rodillos</i>	54
Selección del freno dinamométrico	54
<i>Matriz morfológica de la selección del freno para el dinamómetro automotriz</i>	55
<i>Parámetros de diseño para el freno del dinamómetro</i>	56
Selección de la chumacera	57
<i>Datos de la chumacera</i>	58
<i>Desalineación admisible de la chumacera</i>	59
<i>Cargas admisibles del soporte</i>	60

<i>Material de la chumacera</i>	61
<i>Fallas comunes en las chumaceras</i>	61
<i>Mantenimiento de la chumacera</i>	63
Selección de la chaveta	63
<i>Selección del material de la chaveta</i>	64
<i>Fallas comunes de una chaveta</i>	65
Análisis de resultados	67
Análisis de la selección del material.....	67
Análisis del diseño de los rodillos	68
Análisis de resultados de la selección del freno dinamométrico	70
Análisis de la selección de la chumacera.	72
Análisis de la selección de la chaveta.....	73
Conclusiones y recomendaciones	74
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	74
Bibliografía	76
Anexos	79

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Matriz Morfológica de selección de material.</i>	48
Tabla 2 <i>Propiedades generales del material AISI 1010 HR.</i>	49
Tabla 3 <i>Propiedades mecánicas del material 1010 HR</i>	50
Tabla 4 <i>Propiedades térmicas del material 1010 HR</i>	50
Tabla 5 <i>Propiedades eléctricas del material 1010 HR</i>	51
Tabla 6 <i>Propiedades magnéticas del material 1010 HR</i>	51
Tabla 7 <i>Propiedades químicas del material 1010 HR</i>	51
Tabla 8 <i>Matriz morfológica de selección de rodillos del dinamómetro automotriz</i>	52
Tabla 9 <i>Matriz morfológica de selección del freno para dinamómetro automotriz.</i>	55
Tabla 10 <i>Especificaciones del freno de histéresis para el dinamómetro automotriz.</i>	57
Tabla 11 <i>Propiedades químicas del acero AISI 1045</i>	64
Tabla 12 <i>Propiedades mecánicas del acero AISI 1045</i>	65
Tabla 13 <i>Resultados de la selección de material para el diseño del dinamómetro</i>	67
Tabla 14 <i>Resultados de la selección de diseño de rodillos en la matriz morfológica</i>	69
Tabla 15 <i>Resultados de la matriz morfológica para la selección freno dinamométrico.</i> 71	

Índice de figuras

Figura 1 <i>Dinamómetro método de Prony.</i>	22
Figura 2 <i>Dinamómetro de motor.</i>	25
Figura 3 <i>Dinamómetro de rodillos.</i>	26
Figura 4 <i>Potencia en la rueda.</i>	31
Figura 5 <i>Rodillos de un dinamómetro.</i>	33
Figura 6 <i>Extractor de gases.</i>	34
Figura 7 <i>Estructura de un dinamómetro automotriz en el piso.</i>	34
Figura 8 <i>Ventilador de un dinamómetro automotriz.</i>	36
Figura 9 <i>Sistema de freno de un dinamómetro de rodillos.</i>	37
Figura 10 <i>Funcionamiento de la unidad de absorción de potencia.</i>	38
Figura 11 <i>Freno hidráulico.</i>	39
Figura 12 <i>Freno de histéresis.</i>	40
Figura 13 <i>Uso y aplicación del dinamómetro de rodillos.</i>	42
Figura 14 <i>Sistema de inercia</i>	43
Figura 15 <i>Computadora para graficar las muestras.</i>	43
Figura 16 <i>El software de condiciones de operación del vehículo en la computadora.</i> ..	44
Figura 17 <i>Manual de usuario del vehículo a utilizar.</i>	47
Figura 18 <i>Rodillos Dobles.</i>	53
Figura 19 <i>Flexión de los rodillos.</i>	54
Figura 20 <i>Freno de histéresis.</i>	56
Figura 21 <i>Chumacera FYJ 80 TF.</i>	58
Figura 22 <i>Desalineación estática.</i>	59
Figura 23 <i>Desalineación dinámica.</i>	60
Figura 24 <i>Luz o juego de la chumacera.</i>	62

Resumen

En el presente trabajo se presentan los diferentes parámetros de diseño que se toman en cuenta para el diseño del dinamómetro de rodillos o dinamómetro de chasis, esto se realiza para verificar la potencia y el torque en vehículos livianos para medianas y pequeñas empresas. El dinamómetro de chasis del que se trata en el presente trabajo se utiliza para conocer los elementos que formaran parte del mismo para un correcto diseño con esto se podrá comprender el comportamiento dinámico de un vehículo, con esto se podrá realizar análisis mediante ensayos de torque y potencia en medianas y pequeñas empresas. El presente trabajo se lo ha realizado compilando información de artículos científicos, fuentes, textos científicos y también se compilo información de libros referentes al tema de un dinamómetro de rodillos que se da a conocer en el capítulo II que es el marco teórico. También se implementó el uso de matrices morfológicas las cuales nos permitieron realizar la selección correcta del material que se utilizará, el tipo de rodillos y freno que formaran parte en el diseño del dinamómetro de rodillos, gracias a todo lo mencionado anteriormente se logró cumplir con los objetivos que se plantearon al momento de realizar el presente trabajo. De manera satisfactoria con el trabajo finalizado y la información que se obtuvo de los artículos, fuentes y textos científicos, se realizó el análisis de resultados, en cual se da a conocer las tablas de las matrices morfológicas que se utilizaran para la selección adecuada de los elementos y el material que se utilizó en el diseño del dinamómetro de rodillo.

Palabras clave:

- **DINAMÓMETRO**
- **TORQUE**
- **FRENO DINAMOMÉTRICO**
- **MATRIZ MORFOLÓGICA**

Abstract

This paper presents the different design parameters that are taken into account for the design of the roller dynamometer or chassis dynamometer, this is done to verify the power and torque in light vehicles for medium and small companies. The chassis dynamometer that is discussed in this work is used to know the elements that will be part of it for a correct design with this you can understand the dynamic behavior of a vehicle, with this you can perform analysis by testing torque and power in medium and small businesses. This work has been done by compiling information from scientific articles, sources, scientific texts and also compiled information from books on the subject of a roller dynamometer that is disclosed in Chapter II which is the theoretical framework. We also implemented the use of morphological matrices which allowed us to make the correct selection of the material to be used, the type of rollers and brake that will be part of the design of the roller dynamometer, thanks to all the above mentioned we were able to meet the objectives that were raised at the time of this work. In a satisfactory way with the finished work and the information that was obtained from articles, sources and scientific texts, the analysis of results was carried out, in which the tables of the morphological matrices that will be used for the adequate selection of the elements and the material that will be used in the design of the roller dynamometer are made known.

Keywords:

- **DYNAMOMETER**
- **TORQUE**
- **DYNAMOMETRIC BRAKE**
- **MORPHOLOGICAL MATRIX.**

Capítulo I

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

Un dinamómetro automotriz se la conoce como una herramienta donde se puede realizar comprobaciones, el cual está proyectado para poder realizar algunas pruebas en vehículos con el objetivo de realizar mediciones y analizar los diferentes datos de potencia y torque, los cuales ayudaran en el mantenimiento y en la reparación de motores de los vehículos.

Para evaluar los parámetros de diseño se debe tomar en cuenta los componentes que se necesitan para poder diseñar el dinamómetro que en este caso se utilizaran lo que es, rodillos, chasis del dinamómetro, freno, ventiladores, computadora, extractor de gases y sistema de adquisición de datos.

El dinamómetro automotriz es un instrumento que ayuda en la medición de fuerzas, la cual está basada en la deformación elástica de un resorte que se encuentra calibrado, pero en algunos casos también se los conoce como dinamómetros a los dispositivos que se utilizan para emplear y/o disipar potencia o torque, con esta máquina se determina algunos problemas de funcionamiento en el motor, los cuales pueden ser problemas de torque o potencia del vehículo, el dinamómetro es una herramienta de diagnóstico, la cual es considerada como una forma para poder evaluar los resultados al momento de modificar el motor para aumentar el rendimiento.

El dinamómetro de rodillos ayuda a realizar ensayos en los talleres automotrices, los cuales permitirán verificar los diferentes resultados de torque y potencia, puede ser antes o después de haber realizado la reparación de un vehículo, si se realiza después de la reparación se puede garantizar de una excelente manera el trabajo realizado.

El dinamómetro permite controlar y asegurar la utilización de los vehículos, puede ser en competencias o carreteras y el equipo ayudará con los diagnósticos que se podrán verificar ya sea antes y/o después de cualquier alteración las condiciones en las que se encuentra el vehículo y con los resultados se demostrará si el rendimiento del mismo aumenta o disminuye.

1.2. Proyectos relacionados

Tema: Diseño de un dinamómetro de rodillos para determinar potencia y torque de vehículos livianos.

Autor: Armando Baltazar Soto.

Institución: Universidad Mayor de San Andrés.

Año: 2017.

Observación: El proyecto el diseño de un dinamómetro automotriz de rodillos para vehículos livianos, el cual se tomará como referencia un vehículo, cuyo peso bruto es de 3220 Kg, con la ayuda de este proyecto se podrá dejar plasmado para que un futuro se pueda implementar en talleres pequeños y medianos, los cuales permitirán determinar las curvas características tanto de potencia como torque, en los vehículos livianos.

Tema: Diseño de los rodillos de un dinamómetro automotriz de chasis mediante el cálculo de deflexiones mínimas y velocidad crítica.

Autor: Hernández Anda Juan Leonardo.

Año: 2009

Observación: En este proyecto se presenta el diseño de los rodillos de carga que formaran parte del dinamómetro de chasis o conocido como dinamómetro de

rodillos, este diseño se tomara desde el punto de vista de la deflexión mínima de sus ejes y la velocidad crítica.

Tema: Diseño de procesos para la aplicación operativa de un dinamómetro de chasis modelo X tracción dos ruedas del fabricante DYNOCOM.

Autor: Thomas Lanhen NG Robles

Año: 2016

Observación: En este proyecto se presenta la operación de un dinamómetro automotriz, bajo las normas, procedimientos, tutoriales del fabricante del Dinamómetro, donde se realiza pruebas en los vehículos seleccionados para poder analizar las curvas de torque y potencia, y al finalizar el proyecto se comparará esta información con el manual del fabricante.

1.3. Planteamiento del Problema

1.3.1. Identificación del problema

El dinamómetro automotriz tiene un elevado costo, lo cual impide que talleres automotrices pequeños y medianos, cuenten con este equipo de comparación para dar prestaciones características de un motor, luego de realizar un mantenimiento podrá realizar verificaciones de potencia y torque.

Este equipo ayuda a realizar comprobaciones dentro del taller sin la necesidad de que el vehículo salga del mismo, con ayuda del equipo ahorramos tiempo en las pruebas que se realiza en un vehículo que se realizó el mantenimiento.

1.3.2. Formulación del problema

En base a lo descrito anteriormente, surge la necesidad de diseñar un dinamómetro automotriz de rodillos, para determinar las prestaciones del motor de

vehículos livianos en el Ecuador, con el diseño de un dinamómetro automotriz se podrá verificar mediante un diagnóstico real en que condición se encuentra el motor del vehículo que se realizó el mantenimiento requerido.

1.4. Justificación e importancia

El dinamómetro automotriz permitirá adquirir el torque de un motor tanto antes como después de haber realizado el mantenimiento del motor de los vehículos en el Ecuador, por tal motivo se puede tomar en cuenta los parámetros de diseño de un dinamómetro automotriz para poder llegar a un punto óptimo, al momento de realizar las pruebas en dicho equipo.

Al momento de realizar las pruebas se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas para realizar el ensayo del motor, se toma en cuenta la densidad del aire, la humedad, presión atmosférica, entre otras.

Al momento de realizar los parámetros de diseño de un dinamómetro automotriz, se realizará un diseño que pueda tener un bajo costo en comparación a otros modelos que existen en el mercado, con este diseño favorecerá la implementación de un dinamómetro en talleres automotrices que tengan una economía limitada y puedan prestar un excelente servicio a los clientes del taller.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Evaluar los parámetros de diseño que formaran parte del dinamómetro automotriz para su correcto funcionamiento.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Conocer los elementos que forman parte de un dinamómetro automotriz para su diseño.

- Analizar la importancia de cada uno de los elementos que forman parte de un dinamómetro automotriz en su diseño.
- Seleccionar el material adecuado con ayuda de una matriz morfológica para los elementos que formarán parte del dinamómetro automotriz.

1.6. Hipótesis

Los parámetros de diseño para realizar un dinamómetro automotriz son muy importantes para que el equipo funcione de forma correcta, y al momento que se realice las pruebas los resultados tanto de torque y potencia de los vehículos livianos sean correctos. Y así poder verificar si el mantenimiento realizado al motor fue de forma exitosa.

1.7. Variables de Investigación

1.7.1. Variables Independientes

Los materiales que se necesitaran para el diseño del dinamómetro automotriz.

1.7.2. Variables Dependientes

Los parámetros necesarios para realizar un diseño correcto del dinamómetro automotriz.

1.8. Metas

Analizar los parámetros de diseño para cada elemento que forma parte de un dinamómetro automotriz.

Conocer los elementos que forman parte del dinamómetro automotriz para su correcto funcionamiento dentro de un taller automotriz.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. Dinamómetro

Un dinamómetro se lo describe como un equipo que ayuda a tomar medidas de la fuerza en una determinada distancia, la intensidad de la fuerza que se da en una distancia, se la conoce como el torque.

Existen algunos tipos de dinamómetros que tienen un uso específico en el campo automotriz, el cual ayuda a determinar el torque y por medio de fórmulas se puede calcular la potencia. En este caso al conocer el torque que genera el motor del vehículo, se lo multiplica por las revoluciones por minuto (RPM) del motor y así se podrá obtener la potencia del mismo.

Los componentes que forman parte de un dinamómetro de rodillos son los siguientes: los rodillos, estructura, la unidad que absorbe la potencia y el sistema de alimentación del fluido de trabajo.

Según (Salazar Arellano, 2016) el dinamómetro es una herramienta de comprobaciones, proyectado para realizar pruebas en vehículos con objetivo de medir y analizar datos de rendimiento como potencia y torque, ayudando en el mantenimiento y preparación de motores. El dinamómetro reproduce un ambiente controlado y seguridad en la utilización del vehículo tanto como carreteras o en competencias. En este equipo de diagnóstico será posible verificar las condiciones de vehículos antes y después de cualquier alteración, demostrando con fidelidad cuales son los resultados si su rendimiento aumenta o disminuye.

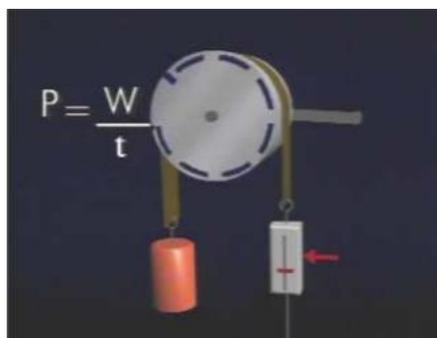
2.2. Historia del dinamómetro

Gaspard de Prony inventó el primer dinamómetro conocido de la historia en 1821. Este instrumento permitía calcular el torque del motor o de un eje al montar una banda sobre el eje del motor y al medir la fuerza transferida a la banda por fricción. La fricción puede incrementarse al aumentar la tensión de la banda y de esta manera reduciendo la velocidad angular del eje del motor hasta el punto deseado (Chávez Enríquez, 2007).

El método más común para medir el torque era utilizar dos resortes en cada lado de la banda colocada alrededor del eje del motor, y aplicar una pretensión a la banda. Cuando el motor está girando se puede medir un aumento de tensión en un resorte y una reducción de tensión en el otro. La diferencia en estas tensiones puede ser considerada como un torque al conocer el diámetro del eje de salida del motor (Chávez Enríquez, 2007).

Figura 1

Dinamómetro método de Prony.



Nota. Tomado de Nelson Chávez

En la figura 1 se observa un dinamómetro que funciona por el método de Prony, donde se puede observar el resorte que se encuentra calibrado y la disposición de las partes en un dinamómetro utilizando el método de Prony.

2.3. Normas de medición de potencia

La potencia que genera un motor tiene varios factores que interactúan como son las condiciones ambientales donde está trabajando el vehículo y también se toma en cuenta los diferentes accesorios que vienen incorporados en el vehículo, por tal motivo se creó algunas normas las cuales establecen condiciones ambientales, patrones y los accesorios que forman parte del motor para poder realizar la prueba o ensayo.

Los factores ambientales que actúan o interfieren en la potencia de un motor son los siguientes:

- Humedad del aire.
- Temperatura ambiental.
- Presión barométrica.

La NORMA SAE, toma en cuenta los siguientes parámetros: Temperatura del ambiente 29.4 °C, Presión barométrica 746.25 mmHg, 760 mmHg, Presión del vapor 9.65 mmHg.

Mientras que la NORMA DIN, toma en cuenta los siguientes parámetros: Temperatura del ambiente 20 °C, Presión barométrica 760 mmHg (Baltazar Soto, 2017).

2.4. Tipos de dinamómetros

Los principales tipos de dinamómetros automotriz son los siguientes:

- Dinamómetro de motor.
- Dinamómetro de rodillos.

2.4.1. *Dinamómetro de motor.*

Este tipo de dinamómetro es un equipo que permite alcanzar el balance de la energía como son las curvas características del motor, potencia y el par del motor. Con

el dinamómetro de tipo motor se puede realizar pruebas en motores de vehículos, para motores de tractores, motores eléctricos y también para equipos que se puedan ajustar a las características que tiene el dinamómetro de motor para sus propósitos en general.

Este tipo de dinamómetros es usado tanto para motores diésel y gasolina, el dinamómetro de motor normalmente mide el torque directamente en el volante de inercia del motor, para lograr la medición con más exactitud no existe ninguna pérdida por transmisión que influyen en los resultados (Baltazar Soto, 2017).

Según (Baltazar Soto, 2017) las ventajas y desventajas que tiene un dinamómetro de motor son las siguientes:

Ventajas del dinamómetro de motor.

- Mide sólo el motor sin influencia de otros elementos de transmisión (Baltazar Soto, 2017).
- Homologables bajo normas puede ensayarse el motor en condiciones muy controladas temperatura de refrigerante controlada, alternador, arranque y otros subsistemas desmontados (Baltazar Soto, 2017).

Desventajas del dinamómetro de motor:

- Es necesario desmontar el motor para su ensayo por lo que requiere una infraestructura externa al vehículo suministro de combustible, arranque, encendido, cableado y ECU en el caso de inyección electrónica, cable de acelerador, sistema de refrigeración del motor (Baltazar Soto, 2017).
- Brinda solo información del motor lo cual puede ser una desventaja para algunas aplicaciones (Baltazar Soto, 2017).

Figura 2

Dinamómetro de motor.



Nota. Obtenido de <http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm>

2.4.2. Dinamómetro de rodillos

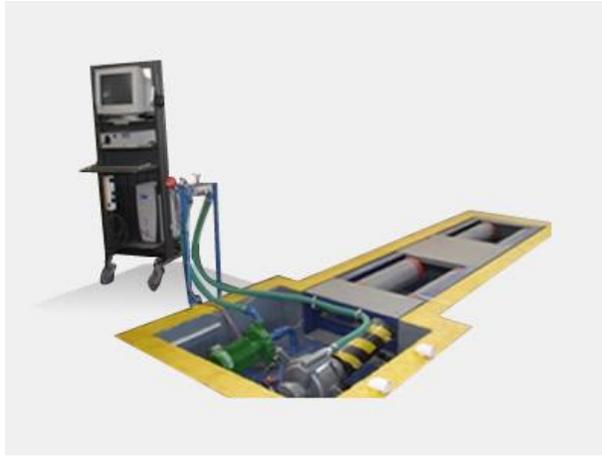
El dinamómetro de rodillos es uno de los más empleados en el mercado, es el más utilizado para realizar ensayos y poder medir las curvas características de un motor.

Según (Baltazar Soto, 2017), El dinamómetro de rodillos tiene un freno ligado a un rodillo acoplado mecánicamente a un acople flexible así lograr mantener al vehículo a una velocidad específica con este tipo de dinamómetro el vehículo puede manejarse y se puede mantener a velocidades constantes bajo varias condiciones de carga. Esta es la forma de realizar los ensayos en un vehículo más adecuadamente sobre todo para condiciones de carga normales.

Como el dinamómetro de motor, el de rodillos igual tiene sus ventajas y desventajas, son las siguientes (Baltazar Soto, 2017):

Figura 3

Dinamómetro de rodillos.



Nota. Obtenido de (Saenz, 2018)

Ventajas del dinamómetro de rodillos:

- Rapidez para el montaje y desmontaje del vehículo en el dinamómetro y permite ensayar muchos vehículos en poco tiempo y realizar cambios para mejorar el rendimiento (Baltazar Soto, 2017).
- Mide la potencia efectiva del vehículo que llega a través de la transmisión a las ruedas (Baltazar Soto, 2017).
- Toma en cuenta las pérdidas de la transmisión (Baltazar Soto, 2017).

Desventajas del dinamómetro de rodillos:

- La influencia de los componentes del vehículo en el resultado de la medición (Baltazar Soto, 2017).
- Costo elevado respecto del dinamómetro de motor (Baltazar Soto, 2017).

2.5. Curvas características del motor

El concepto de curvas características según (Zambrano Mantilla & Núñez Prada, 2013), está definido como, las curvas características se encuentran entre dos límites los cuales son impuestos por las revoluciones del motor. El mínimo es cuando el motor llega al punto conocido como ralentí el cual es el punto de revoluciones mínimas permitidas por el motor antes de apagarse, el punto máximo está limitado por fallas mecánicas ya que si se llega exceder de este punto se pueden generar daños internos al motor.

Por otra parte (Baltazar Soto, 2017), denomina a las curvas características de un motor de combustión interna la que se expresa gráficamente potencia efectiva y par motor en función de la velocidad de rotación del cigüeñal. Las curvas se trazan señalando un diagrama de valores de la potencia, el par que el motor proporciona a cada variación de su régimen de rotación. El motor se coloca en un dinamómetro de ensayos se hace funcionar en condiciones de alimentación máxima con la mariposa del carburador completamente abierta o con la bomba de inyección al caudal máximo.

A partir de las dos definiciones de las curvas características es posible establecer una definición propia sobre las curvas características, es un proceso que se da entre dos límites que tiene un motor de combustión interna, el límite está dado por las revoluciones por minuto (RPM), y por medio de dichos límites se puede representar de forma gráfica el par que da el motor y la potencia efectiva del mismo.

Las curvas de potencia que más se utilizan son las siguientes:

- La curva del par de un motor: Está curva va creciendo al mismo tiempo que el motor aumenta sus revoluciones por minuto (RPM), al alcanzar el límite de máximo de par de motor la curva empieza a decrecer.

- La curva de potencia de un motor: Esta curva crece de manera constante hasta llegar a un valor determinado, el cual indica el régimen de potencia máxima que tiene el motor que se está realizando la prueba, después de llegar al límite máximo empieza a decrecer de forma rápida hasta el límite máximo de utilización.

Las curvas que son de límite mínimo de las revoluciones que están por debajo del funcionamiento de un motor son irregulares, pero si se encuentran por encima del límite máximo perjudica los componentes mecánicos del motor.

2.6. Potencia

La potencia es un aporte muy importante dentro de un vehículo ya que abastece información sobre el estado que se encuentra el vehículo, en caso de existir alguna falla en los sistemas que tiene el mismo se afecta de manera muy sensible.

La potencia en los vehículos viene dada en Caballos de Fuerza (HP) y también ayuda a representar la rapidez en la que puede realizar un trabajo el motor.

2.6.1. Potencia indicada

Según (Baltazar Soto, 2017) La potencia indicada se obtiene a partir del diagrama o ciclo indicado del motor que representa el trabajo realizado por la combustión del combustible en el interior del cilindro durante un ciclo, es característica del proceso termo fluidodinámico que se lleva a cabo en su interior y por lo tanto depende del correcto funcionamiento de todo su sistema.

2.6.2. Potencia pérdida por resistencia mecánica

La potencia que se pierde por la existencia de la resistencia mecánica es necesaria para así poder mover los mecanismos que tiene el motor, y tiene cuatro motivos para que se consuma que son los siguientes (Baltazar Soto, 2017):

- Rozamiento que se da entre los mecanismos principales en el motor, como son la fricción entre cojinetes, la fricción que se da entre el pistón y el cilindro.
- Al momento de accionar el compresor, el motor realiza una sobrealimentación mecánica.
- Bombeo del fluido al momento que se realiza el intercambio de gases en la combustión.
- El último motivo es cuando se acciona elementos auxiliares como es la bomba de aceite, bomba de agua, entre otros elementos auxiliares.

2.6.3. Potencia efectiva

Para obtener la potencia efectiva se debe realizar una diferencia entre la potencia indicada y la potencia de pérdida por resistencia mecánica, se debe tomar en cuenta que la potencia efectiva se puede obtener a la salida del volante de inercia.

La potencia efectiva depende de todos los sistemas que forman el motor, de esta manera se llega a la conclusión que si algún sistema falla y afecte ya sea a potencia indicada o la potencia perdida por resistencia mecánica influirá mucho en la potencia efectiva.

2.7. Potencia normalizada

Es la potencia que se obtiene al momento de realizar las pruebas en mejores condiciones ambientales también es corregida a las normas internacionales como son las normas ISO, SAE – J, DIN, JIS y EWG (Baltazar Soto, 2017).

Para poder obtener una corrección de la potencia existen dos sistemas principales, los cuales son los siguientes:

- Norma SAE J1995: la cual permite medir la potencia de un motor que está libre de accesorios para que no consuman potencia sin la bomba aire, sin la bomba de agua, sin alternador, entre otros accesorios más.
- Norma DIN 70020: esta norma permite medir la potencia de un motor completo con todos sus accesorios.

2.7.1. Potencia bruta

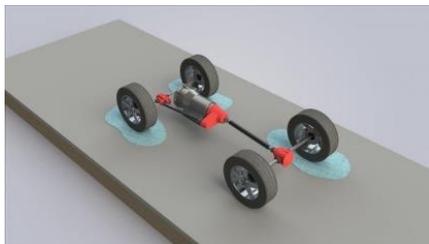
De acuerdo con la norma SAE J 1995, la potencia bruta se mide desde el volante de inercia del motor que se está realizando el ensayo, para este ensayo al motor se les desmonta algunos elementos que consumen potencia al momento de su funcionamiento como son el silenciador del escape, aire acondicionado, alternador. Con eso se logra conseguir la potencia máxima que puede entregar el motor.

2.7.2. Potencia en la rueda

Esta potencia se desarrolla en la parte interna de los cilindros del motor, el cuál es entregado tomando en cuenta los aspectos de pérdidas hasta cuando se llega a las ruedas motrices del automóvil, puede causar rozamiento, fricciones, entre otras causas.

Figura 4

Potencia en la rueda.



Nota. Obtenido de (David A. , 2020)

2.7.3. Potencia corregida

Esta potencia es el producto de la potencia efectiva que esta observada por algunos coeficientes de corrección en la presión barométrica, en la temperatura del aire, humedad relativa.

2.7.4. Potencia neta

La potencia neta al igual que la potencia bruta se debe realizar la medición en el volante de inercia del motor que se está realizando el ensayo, por otro lado, la norma SAE J1349 explica que el motor debe estar con todos los componentes que tiene al momento que está montado en el vehículo.

2.8. Par motor o torque

El concepto de par motor está definido según (David P. , 2016), se expresa en Newton metro (Nm) y se define como la fuerza que debe ser aplicada a un eje que gira sobre sí mismo a una determinada velocidad. Si aplicamos dicha definición a un motor, el par motor determina la fuerza necesaria para hacer girar el cigüeñal, transmitiendo así ese movimiento al vehículo y haciendo posible su desplazamiento.

Por otra parte, según (Baltazar Soto, 2017) el torque también denominado par motor, es el momento dinámico de una fuerza que ejerce el motor sobre el eje de

transmisión de potencia. La fuerza de explosión aplicada a la biela y transmitida al brazo del cigüeñal para hacer girar produciendo un esfuerzo de rotación que se conoce como par motor. El torque y la potencia son indicadores que permiten saber cómo funciona el motor, la fuerza que realiza y la rapidez con la que puede realizar un determinado movimiento.

El par es una variable que depende de la potencia generada en la cámara de los cilindros y del número de revoluciones a las que gira el motor en un determinado momento, por lo que se puede calcular su valor a partir de (Toro Ladino & Marín Arias, 2018) :

$$P = T * \omega$$

donde P es la potencia, T es el par y ω es la velocidad de giro radial. Sin embargo, hay factores que afectan los valores teóricos como por ejemplo los rozamientos internos del motor. Estos rozamientos hacen que parte de la potencia obtenida por el motor no sea aprovechable, sino que se pierda en el mismo proceso de movimiento del motor, normalmente en forma de calor (Toro Ladino & Marín Arias, 2018).

El par es positivo durante el proceso de expansión de los gases, y se convierte en negativa el resto del tiempo durante cada dos vueltas (Toro Ladino & Marín Arias, 2018).

2.9. Componentes de un dinamómetro de rodillos

Los componentes son muy importantes en un dinamómetro de rodillos, por tal motivo se debe conocer cada uno de ellos para poder realizar un diseño que tenga una larga vida útil y los componentes estén bien diseñados.

2.9.1. Rodillos

Los rodillos son los elementos que soportan el peso del vehículo, de tal manera que las ruedas del automóvil puedan transmitir el giro hacia el freno del dinamómetro, el giro viene desde el motor.

Esta parte del dinamómetro es muy importante de tal manera que se debe tener una excelente exactitud al momento que se lo vaya a diseñar y construir el mismo.

Los rodillos pueden variar las medidas esto depende del diseño que tendrá el dinamómetro, pero se debe tomar en cuenta también el tipo y la capacidad que tenga al momento de realizar la medición que generalmente son sólidos de aceros.

Figura 5

Rodillos de un dinamómetro.



Nota. Obtenido de (Foerdere, 2019)

2.9.2. Extractor de gases de un dinamómetro

Su función es extraer los gases de escape generado por el motor, como el dinamómetro se encuentra instalado dentro un ambiente cerrado, ya que los gases que genera el motor cuando se realiza el ensayo pueden provocar una saturación del aire en el ambiente causando mal estar a las personas que se encuentre dentro el ambiente expuesto a los gases del ensayo durante mucho tiempo como intoxicación grave incluso llegar hasta la muerte del operador. Además, la saturación del aire dentro el cuarto de

ensayos afectaría en el funcionamiento y rendimiento del motor porque no entraría aire puro por el múltiple de admisión al motor (Baltazar Soto, 2017).

Figura 6

Extractor de gases.



Nota. Obtenido de (Equipments, 2019)

2.9.3. Estructura del dinamómetro

La estructura de un dinamómetro consiste apenas de un marco de metal que apoya los montajes del rodillo o del tambor, y forma el lazo entre el vehículo y los demás accesorios como ventiladores, extractores etc. (Hernández Morales, 2007).

Figura 7

Estructura de un dinamómetro automotriz en el piso.



Nota. Obtenido de (Potencia, 2020)

Para la fabricación de la estructura del dinamómetro se la realiza con perfiles de acero tipo C los cuales constan de una buena rigidez. Para su diseño se toma en cuenta

las normas industriales, se conoce por una excelente apariencia, su montaje es sencillo y, por último, su estructura es muy razonable.

2.9.4. Ventiladores

Los ventiladores dentro de un dinamómetro son muy importantes y esenciales, porque con ellos se puede evitar que el motor sufra un recalentamiento, la función que tiene el ventilador es expeler el calor que se da en el radiador del automóvil que se está realizando la prueba, otra función que tiene es suministrar suficiente aire al vehículo para simular que se encuentra en un normal funcionamiento en la carrera.

Según (Hernández Morales, 2007), los ventiladores son un equipo esencial, para no sólo evitar que el vehículo sufra de "recalentamiento" sino que también deben de proporcionar bastante aire simulando el que recibe el vehículo cuando se maneja por la carretera, además proporcionan suficiente aire para que funcionen los extractores de gases y calor.

Sin un buen sistema de ventilación cuando el dinamómetro se encuentra instalado en un cuarto las mediciones pueden variar, así como también se elevaría en forma dramática la temperatura del motor pudiendo así dañarse el mismo (Hernández Morales, 2007).

Figura 8

Ventilador de un dinamómetro automotriz.



Nota. Obtenido de (Dinamometro, 2020)

2.9.5. Freno o Carga

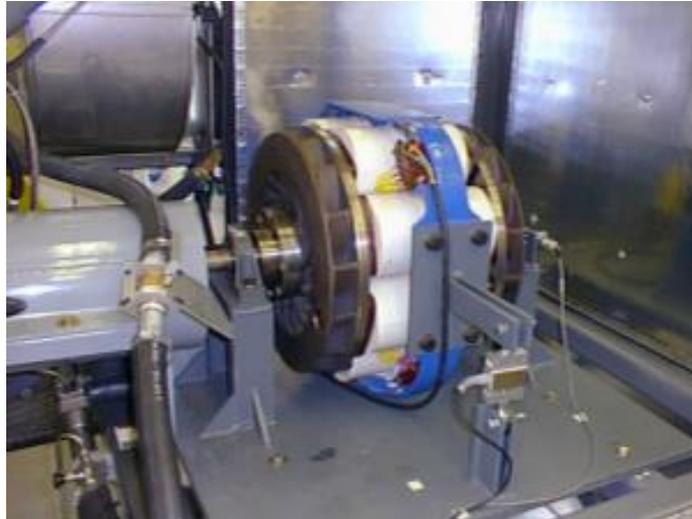
El sistema de carga o conocido como freno, ayudará para poder simular las condiciones que tiene la carretera por las cuales puede circular el vehículo, para así poder determinar la potencia que debería estar dando el vehículo.

Según el autor (Hernández Morales, 2007), Un buen sistema de freno debe de ser capaz de variar su carga que ejerza al vehículo en una amplia gama para que así se pueda simular desde una carretera sin pendiente hasta una carretera con la pendiente que nosotros deseemos medir.

En la mayoría de los sistemas modernos estos son generalmente frenos eléctricos, situados junto a los rodillos que hacen girar las ruedas del vehículo, estos frenos eléctricos generan electricidad la cual a la vez se utiliza para generar la carga (Hernández Morales, 2007).

Figura 9

Sistema de freno de un dinamómetro de rodillos.



Nota. Obtenido de (Hernández Morales, 2007)

2.10. Unidades de absorción de potencia

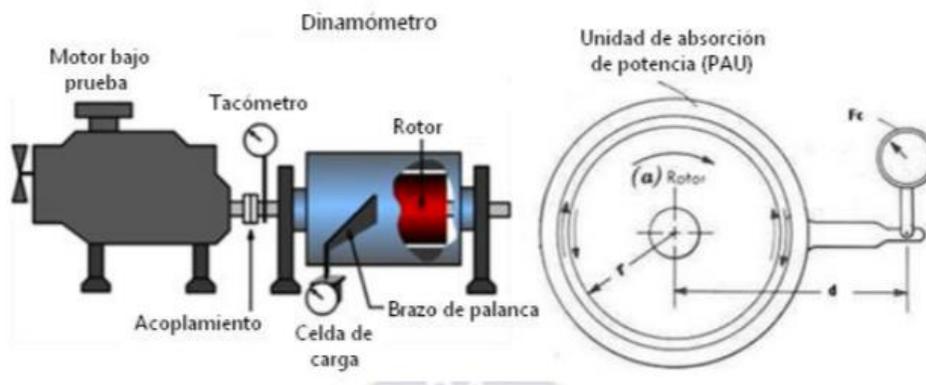
Es un equipo empleado en su mayoría en dinamómetros automotrices y son capaces de oponerse al giro que está produciendo el motor.

Según (Ávila Avelino, 2016), la unidad de absorción es la pieza encargada de oponerse al giro de los rodillos.

La unidad de absorción de potencia existe varios tipos según su diseño al momento de ser construida algunos de ellos son de fricción, eléctricos, hidráulicos, entre otros que se puede encontrar en el mercado automotriz.

Figura 10

Funcionamiento de la unidad de absorción de potencia.



Nota. Obtenido de (Baltazar Soto, 2017)

2.10.1. Freno de Prony

Es un dispositivo que se emplea para la medición de potencia en el motor, la principal función que tiene es mantener fija la flecha del motor que se va a medir, el tambor se coloca en la periferia una banda la cual permitirá ajustar la tensión de la misma, de este modo se consigue una fricción de arrastre que ejerce en el tambor y la cuál opone resistencia al giro de la flecha, el brazo de la palanca es fijado a la banda y para su otro extremo se pone una báscula, que permitirá registrar el empuje del motor que se está realizando la prueba, también se debe colocar una contrapesa para garantizar que la estructura este en equilibrio y al momento de verificar la lectura de la báscula no debe reflejar el peso del equipo.

2.10.2. Freno Hidráulico

Su principal característica es el uso de agua como un fluido para poder realizar su trabajo, este freno es muy similar a un convertidor hidráulico de par el cual trata de impedir el giro del eje de salida, este se compone de un rotor y una carcasa o en otros casos un estator que está lleno de líquido que ayuda como elemento de freno.

Existen dos tipos de frenos hidráulicos, los cuáles son:

- Rotor exterior
- Rotor interior.

También, existen dos tipos de regulaciones que son:

- Por compuertas
- Por nivel de líquido.

Figura 11

Freno hidráulico.



Nota. Obtenido de (Industrial, 2021)

2.10.3. Freno de histéresis

Este tipo de freno ejecuta un rotor de acero el cual se mueve por líneas de flujo que generan entre los polos magnéticos, con este diseño se puede acceder al esfuerzo de torsión completo sea producido a la velocidad cero como también puede ser a la velocidad completa.

Para la disipación de calor se puede asistir por el aire de presión. Estos frenos son la tecnología más eficiente que se puede encontrar en dinamómetros automotrices de tamaño pequeño.

Figura 12*Freno de histéresis.**Nota.* Obtenido de (Technologies, 2021)**2.10.4. Freno de inducción electromagnética**

El descubrimiento de Hans Christian Oersted una corriente eléctrica produce un campo magnético estimuló la imaginación de los físicos de la época y multiplicó el número de experimentos en busca de relaciones nuevas entre la electricidad y el magnetismo. El ambiente científico pronto surgiría la idea inversa de producir corrientes eléctricas mediante campos magnéticos, fue Faraday el primero en precisar condiciones que podía ser observado semejante fenómeno las corrientes eléctricas producidas mediante campos magnéticos, Michael Faraday las llamó corrientes inducidas desde entonces el fenómeno consistente en generar campo eléctrico a partir de campos magnéticos variables se denomina inducción electromagnética.

2.11. Aplicaciones y uso

Los dinamómetros automotrices son equipos que se emplean como herramientas para poder diagnosticar y comprobar el correcto funcionamiento del motor de un vehículo, con el cual se puede verificar la entrega de potencia y para el comportamiento en similares condiciones sea el más adecuado.

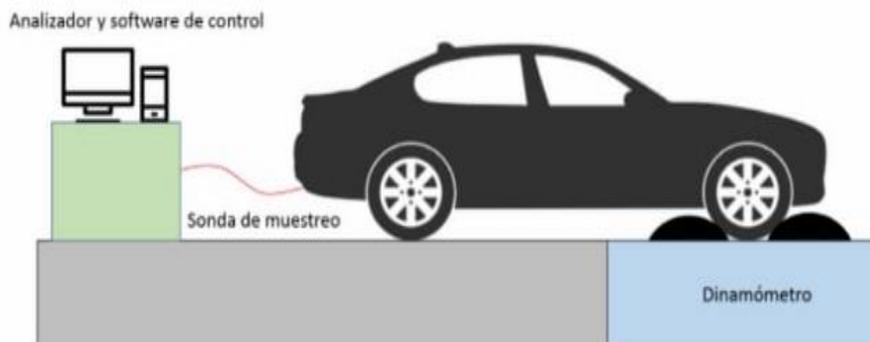
También se utiliza para poder comprobar los diferentes niveles de emisiones contaminantes que el automóvil emite a la atmosfera bajo condiciones de carga simulada.

Al momento de una investigación y un desarrollo de motores y vehículos de combustión interna, esto va a ser aplicado en el desarrollo de nuevos motores o nuevos componentes, y también nos ayudara en analizar los diferentes procesos que ocurren en los vehículos. Los parámetros más principales que se van a estudiar son: la potencia que desarrolla el motor, par del motor, el consumo específico del motor y también se tomara en cuenta las pruebas a largo plazo que se debe verificar con respecto a la durabilidad de los diferentes componentes que tiene un vehículo, el cual incluye también al motor y se debe establecer parámetros de funcionamiento.

Los ensayos que se realizan en un dinamómetro automotriz tienen como objetivo realizar pruebas para el control de calidad a vehículos livianos en el Ecuador, esto se realiza con el propósito de poder verificar y al mismo tiempo controlar las diferentes características que tiene un motor según las características que tuvo al ser diseño.

Figura 13

Uso y aplicación del dinamómetro de rodillos.



Nota. Obtenido de (Automotriz, 2019)

2.12. Sistema de Inercia

Este es el sistema que se utiliza para simular la resistencia al avance que tendría el vehículo en una carretera normal.

Los dinamómetros con bases inerciales están constituidos básicamente por unos rodillos de masa y dimensiones conocidos que pueden girar libremente y que junto a un programa de ordenador que interpreta cómo éstos son acelerados (y frenados) por las ruedas del coche, convierte los datos en gráficas de potencia en función de las RPM.

Figura 14

Sistema de inercia



Nota. Obtenido de (Automotriz, 2019)

2.13. Computadora y software

2.13.1. Computadora

El dinamómetro requiere la conexión a la computadora (PC), esto por la gran cantidad de datos que se generan en tiempos tan cortos es necesario contar con una computadora para que pueda procesar todos estos datos y así mostrarlos de una forma más fácil de visualizar lo que sucede en ese instante con el desempeño del motor mostrando las curvas características del motor como ser torque, potencia y rpm (Baltazar Soto, 2017).

Figura 15

Computadora para graficar las muestras.



Nota. Obtenido de (Larrea, 2022)

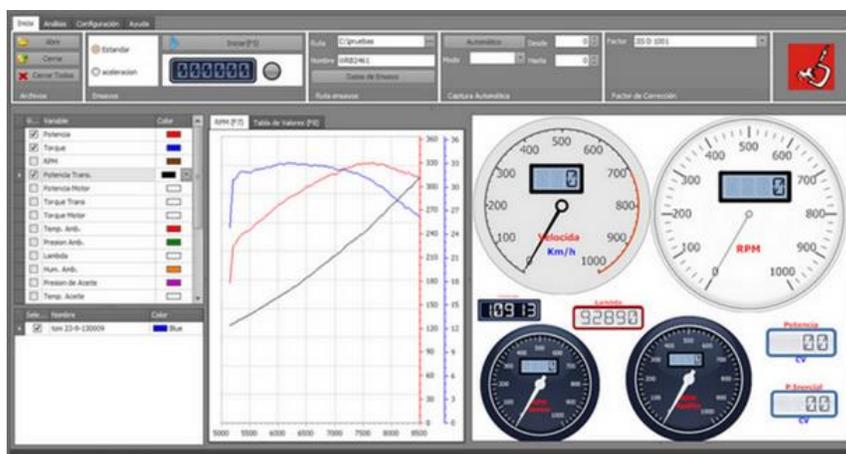
2.13.2. Software

El software es el programa de enlace entre la computadora y los sensores, actuadores que se encuentran instalados en el dinamómetro el programa procesa todas las señales que recibe para registrarlo en forma gráfica o tablas (Baltazar Soto, 2017).

Dependiendo del diseño contiene consola personalizable, trazado de gráficos en tiempo real, fórmulas de datos, gráficos de barras de temperatura, límites visuales ajustables, informes a color, ampliación y cortes de gráficos, medidores digitales y analógicos configurables por el usuario, compensación de inercia se refiere con la ayuda de los sensores el software da un valor para compensar al inercia de los componentes y esto hace que tenga un amortiguamiento ajustable para la adquisición de datos, promedio de datos de reproducción, corrección atmosférica Standard, cuenta con una protección automática cuando excede límites permisibles para proteger el motor si se complica durante el ensayo.

Figura 16

El software hace posible ver las condiciones de operación del vehículo en la computadora.



Nota. Obtenido de (Saenz, 2018)

2.14. Normas de seguridad

- Las instalaciones eléctricas están previstas de toma a tierra.
- Los cuadros eléctricos están dotados de sistemas de seguridad (magnetotérmicos).

- Antes de su utilización, inspeccionar visualmente los conectores.
- Al acabar la jornada se apagarán los componentes eléctricos.
- Verificar que el cableado se encuentre en perfectas condiciones de aislamiento.
- Tratar de mantener los cables fuera del paso de los usuarios.
- Protegerse con toda la vestimenta necesaria para el taller.
- Tener cuidado con el agua para todos los componentes del equipo.

Capítulo III

3. Parámetros de diseño

3.1. Norma utilizada para el diseño del dinamómetro automotriz

La norma en la que se basó para realizar el dinamómetro es NOM – 047 – SEMARNAT – 2014, la cual ayuda a establecer las características del equipo y también ayuda con el procedimiento al momento de realizar la medición para poder verificar los límites de emisión de gases contaminantes de los automóviles que funcionan con gasolina, Gas Licuado del Petróleo (GLP) y entre otros combustibles alternativos.

Como objetivo y campo de aplicación esta norma ayudará a establecer las características del equipo y también ayuda con el proceso de medición, para verificar los límites máximos que se permiten para la emisión de agentes contaminantes que producen los vehículos al momento de su circulación equipados con motores que utilizan combustibles como gasolina, GLP, entre otros combustibles alternativos, lo cual es de mucha importancia la verificación obligatoria de los centros de verificación vehicular autorizados o proveedores de equipo de comprobación como es el dinamómetro automotriz.

3.2. Parámetros de diseño del dinamómetro automotriz

Para los parámetros de diseño en este dinamómetro automotriz se extraerá todos los parámetros de las especificaciones técnicas de un vehículo Great Wall H3 de año 2018 (Anexo 1), las especificaciones se tomarán del manual del vehículo y algunas de ellas que se encuentran en el mismo.

Figura 17

Manual de usuario del vehículo a utilizar.

**3.3. Selección de material**

Para diseñar de forma correcta un dinamómetro automotriz de rodillos se debe elegir un material de la parte de anexos 2 (Tabla 16 – Anexo 1B), que tienen que cumplir con ciertos requisitos de diseño, se debe conocer la carga que soportara el material, tener una iniciativa del material a utilizar y asumir los materiales que no podrán soportar dicha carga.

Para diseñar el dinamómetro debe ser viable y competitivo, y este debe tener ciertas condiciones que debe cumplir.

Los criterios de diseño que se van a tomar en cuenta para realizar una correcta selección del material son los siguientes:

- Costo.
- Resistencia a la corrosión.
- Maquinabilidad.
- Propiedades mecánicas.

- Disponibilidad de material en el mercado.
- Dureza.

3.3.1. Matriz morfológica de selección para el diseño.

La matriz morfológica ayudará a seleccionar el material que se utilizará para definir el tipo de acero que tendrá el diseño de los rodillos, esto se realizará con los criterios que se expusieron anteriormente, se evaluará del 1 al 5 para poder elegir el material, dónde 1 es malo y 5 es excelente para el diseño.

Tabla 1

Matriz Morfológica de selección de material.

MATRIZ MORFOLOGICA DE SELECCIÓN DE MATERIAL									
%	SAE / AISI	1010HR		1020HR		1030HR		1035HR	
40	Costo	5	2	4	1,6	4	1,6	3	1,2
10	Disponibilidad	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
10	Dureza	3	0,3	3	0,3	4	0,4	5	0,5
10	Propiedades mecánicas	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
10	Maquinabilidad	5	0,5	5	0,5	4	0,4	4	0,4
20	Resistencia a la corrosión	4	0,8	4	0,8	4	0,8	5	1
100	Total	4,4		4		4		3,9	

Luego de haber realizado el análisis de los criterios en la matriz morfológica mediante su ponderación se pudo identificar como la mejor opción es la alternativa número 1, el cual es el material 1010HR por el hecho de cumplir con los requerimientos como son: un bajo costo, una buena resistencia a la corrosión, disponibilidad del

material en el mercado nacional, dureza, maquinabilidad y buenas propiedades mecánicas.

3.3.2. Propiedades del material seleccionado en la matriz morfológica

El material seleccionado que en este caso fue el material acero SAE 1010HR, se utiliza para la fabricación de partes de maquinaria que no se sujeten a grandes esfuerzos, se utiliza únicamente para el endurecimiento superficial de elementos como son:

- Pernos.
- Ejes de motores eléctricos.
- Sujetadores.
- Tornillos.

Propiedades del material 1010 HR

Las propiedades de este material se dividen en las siguientes:

- Propiedades generales.

Tabla 2

Propiedades generales del material AISI 1010 HR.

Propiedades	Temperatura	Valor
Densidad	23.00 °C	7,9 $\frac{g}{cm^3}$

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

➤ Propiedades mecánicas

Tabla 3

Propiedades mecánicas del material 1010 HR

Propiedades	Temperatura	Valor
Coefficiente de Poisson	23.00 °C	0,29
Elongación	23.00 °C	30 %
Límite elástico	23.00 °C	190 Mpa
Módulo de cizallamiento	23.00 °C	82 Gpa
Módulo elástico	23.00 °C	210 Gpa
Resistencia a la tracción	23.00 °C	350 Mpa

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

➤ Propiedades de aplicación térmica.

Tabla 4

Propiedades térmicas del material 1010 HR

Propiedades	Temperatura	Valor
Calor específico	23.00 °C	$450 \frac{J}{Kg \cdot K}$
Coefficiente de dilatación térmica	23.00 °C	$1,25 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$
Conductividad térmica	23.00 °C	$25 - 93 \frac{W}{m \cdot K}$
Temperatura de fusión		1480 – 1526 °C
Temperatura máxima de funcionamiento		500 °C

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

➤ Propiedades eléctricas.

Tabla 5

Propiedades eléctricas del material 1010 HR

Propiedades	Temperatura	Valor
Resistividad eléctrica	23.00 °C	$1,43 \times 10^{-7} - 1,74 \times 10^{-7} \Omega$ * m

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

➤ Propiedades magnéticas.

Tabla 6

Propiedades magnéticas del material 1010 HR

Propiedades	Temperatura	Valor
Temperatura de Curie	-----	770 °C

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

➤ Propiedades químicas.

Tabla 7

Propiedades químicas del material 1010 HR

Propiedades	Valor
Azufre	0 – 0,05 %
Carbono	0,08 – 0,13 %
Fósforo	0 – 0,04 %
Hierro	99,18 – 99,62 %
Manganeso	0,3 – 0,6 %

Nota. Obtenido de (MatMatch, 2020)

3.4. Diseño de los rodillos

Para el diseño de los rodillos se toma en cuenta los mismos criterios de diseño que se usaron en el dinamómetro, esto se realiza para tener un excelente diseño del mismo, como se realizó anteriormente se aplicara una matriz morfológica con los siguientes criterios de diseño que son:

- Costo.
- Eficiencia.
- Seguridad.
- Mantenimiento.
- Calibración.

3.4.1. Matriz morfológica de diseño de los rodillos del dinamómetro.

En la siguiente matriz morfológica se seleccionará la disposición de los rodillos en el dinamómetro esto bajo diferentes criterios que se expusieron anteriormente.

Tabla 8

Matriz morfológica de selección de rodillos del dinamómetro automotriz

MATRIZ MORFOLOGICA DE SELECCIÓN DE RODILLOS DEL DINAMOMETRO									
%	Disposición	Un rodillo		Dos rodillos		Un rodillo		Dos rodillos	
		simple	1,6	simples	1,6	doble	1,2	dobles	1,2
40	Costo	4	1,6	4	1,6	3	1,2	3	1,2
20	Eficiencia	3	0,6	4	0,8	4	0,8	5	1
15	Seguridad	3	0,45	4	0,6	3	0,45	5	0,75
15	Mantenimiento	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0,6
10	Calibración	4	0,4	4	0,4	5	0,5	5	0,5

%	Disposición	Un rodillo	Dos rodillos	Un rodillo	Dos rodillos
		simple	simples	doble	dobles
100	Total	3,65	4	3,55	4,05

Al terminar de analizar los criterios de ponderación se pudo observar como la mejor opción la alternativa número 4 para la disposición de rodillos en el dinamómetro, por cumplir con los requerimientos que son los de bajo costo, mayor eficiencia, mayor seguridad, mantenimiento y calibración.

Figura 18

Rodillos Dobles



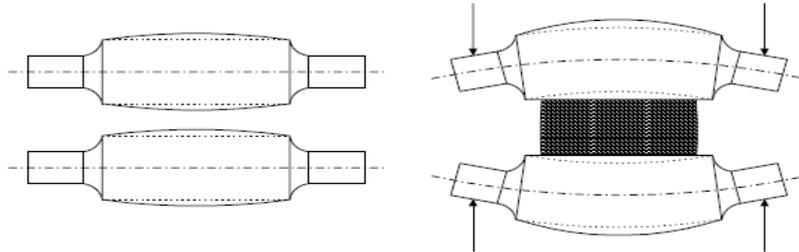
Nota. Obtenido de (Potencia, 2020)

3.4.2. Flexión en los rodillos

Para la flexión de un rodillo se entiende como la deformación cíclica del eje del rodillo esto sucede por las fuerzas no uniformes que se realiza al momento de una prueba en un dinamómetro automotriz, por tal motivo que las fuerzas no uniformes implican de forma automática la sobre tensión ya que los rodillos estan diseñados para soportar la fuerza de un valor promedio al momento de realizar la comprobación en el dinamómetro automotriz.

Figura 19

Flexión de los rodillos



Nota. Obtenido de (Ramírez, 2010)

3.4.3. Balanceo de los rodillos

Los rodillos del dinamómetro automotriz deben estar equilibrados de una forma completa, por motivos que al realizar el ensayo a velocidades muy altas, esto produce vibraciones en los rodillos lo cual no es conveniente, y por este motivo se debe realizar el balanceo de los rodillos con un equipo especial de balanceos, para el balanceo se gira los rodillos en reiteradas veces se compensa con pequeños contrapesos esto sirve para equilibrar el giro del rodillo de una manera uniforme y no vibre a altas velocidades.

3.5. Selección del freno dinamométrico

Para la selección del freno se debe tomar en cuenta el esfuerzo que va a frenar, carga variable para poder simular de mejor manera las condiciones de ensayo en diferentes vehículos, para que sean de un fácil mantenimiento y una configuración simple.

Para la selección de frenos se utilizará una matriz morfológica, la cual va a ser evaluada del 1 al 5, donde 1 es la opción mala y el número 5 es excelente para el diseño.

Se toma en cuenta los siguientes criterios de diseño.

- Carga variable.
- Precisión de la medida.
- Costo.
- Mantenimiento.
- Toma de datos.
- Instalación.
- Torque.
- Tiempo de respuesta.

3.5.1. Matriz morfológica de la selección del freno para el dinamómetro automotriz

En la matriz morfológica se seleccionará el tipo de freno que se utilizará en el dinamómetro automotriz esto se realiza bajo los criterios de diseño que se expusieron anteriormente.

Tabla 9

Matriz morfológica de selección del freno para dinamómetro automotriz.

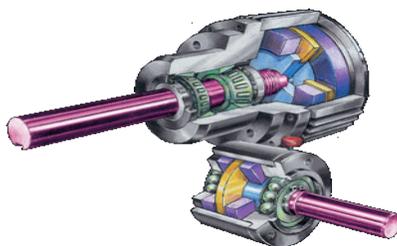
SELECCIÓN DEL FRENO PARA DINAMOMETRO									
%	Criterios de diseño	Freno de		Motor		Polvo		Freno	
		Hidráulico		eléctrico		Magnético		Histéresis	
10	Carga variable	4	0,4	4	0,4	3	0,3	5	0,5
10	Precisión de la medida	5	0,5	3	0,3	4	0,3	5	0,5
25	Costo	4	1	5	1,25	3	0,75	4	1
10	Mantenimiento	4	0,4	4	0,4	3	0,3	5	0,5

%	Criterios de diseño	Freno de		Motor		Polvo		Freno	
		Hidráulico		eléctrico		Magnético		Histéresis	
10	Toma de datos	3	0,3	3	0,3	4	0,4	3	0,3
10	Instalación	4	0,4	3	0,3	5	0,5	5	0,5
10	Torque	5	0,5	4	0,4	3	0,3	5	0,5
15	Tiempo de respuesta	3	0,45	4	0,6	3	0,45	4	0,6
100	Total	3,95		3,95		3,3		4,4	

Al terminar de analizar los criterios de ponderación se pudo observar como la mejor opción la alternativa número 4 para el freno del dinamómetro que en este caso fue el freno por histéresis, por cumplir con los requerimientos que son los de carga variable, mantenimiento, costo, precisión de medida, toma de datos, instalación, torque y lo que es el tiempo de respuesta.

Figura 20

Freno de histéresis.



Nota. Obtenido de (Arcteryx, 2011)

3.5.2. Parámetros de diseño para el freno del dinamómetro

Para realizar un freno de histéresis y que funcione de forma correcta en el dinamómetro automotriz, se toma en cuenta los parámetros como es, total de masa, máximo torque de frenado, rotores masa (con brida), entre otros parámetros.

Las especificaciones técnicas son muy importantes para el diseño del freno, por lo que tendremos los siguientes datos:

Tabla 10

Especificaciones del freno de histéresis para el dinamómetro automotriz.

Especificaciones del freno	Medidas Sistema	
	Internacional	Medidas Sistema Ingles
Máximo par de frenado	800 N*m	589 lb*ft
Masa Total	134 kg	295 lb
Masa del Estator	100 kg	220 lb
Masa de rotores (con bridas)	34 kg	75 lb
Entrega de Aire	0,8 mm	0,031 in
Resistencia por etapas	12 V (0,3 Ω)	12 V (0,3 Ω)
	24 V (1,2 Ω)	24 V (1,2 Ω)
Amperaje por etapas	12 V (40 A)	12 V (40 A)
	24 V (20 A)	24 V (20 A)
Resistencia de aislamiento	≥ 1	
Resistencia por bobina	1,2 Ω	

Nota. Obtenido de (Telma, 2001)

3.6. Selección de la chumacera

Para poder seleccionar la chumacera que se va a utilizar para el diseño del dinamómetro automotriz, se debe buscar en algunos catálogos la chumacera que se utilizará para el diseño.

Para el diseño se tomó en cuenta la chumacera FYJ 80 TF, la cual tiene un cumplimiento estándar JIS, como material de soporte es la fundición y como propósito específico que tiene aplicaciones de manipulación de materiales.

Figura 21

Chumacera FYJ 80 TF.



Nota. Obtenido de (SFK, 2022)

3.6.1. Datos de la chumacera

Los datos de la chumacera que se utilizará para el diseño del dinamómetro automatizado son los siguientes:

- Capacidad de carga dinámica básica: $C = 72,8 \text{ kN}$
- Capacidad de carga estática básica: $C_o = 53 \text{ kN}$
- Carga límite de fatiga: $P_u = 2,16 \text{ kN}$
- Velocidad límite: 6000 RPM

Y tendrá una tolerancia de eje h6.

3.6.2. Desalineación admisible de la chumacera

Existen dos tipos de desalineación admisible en la chumacera las cuales se explicarán a continuación:

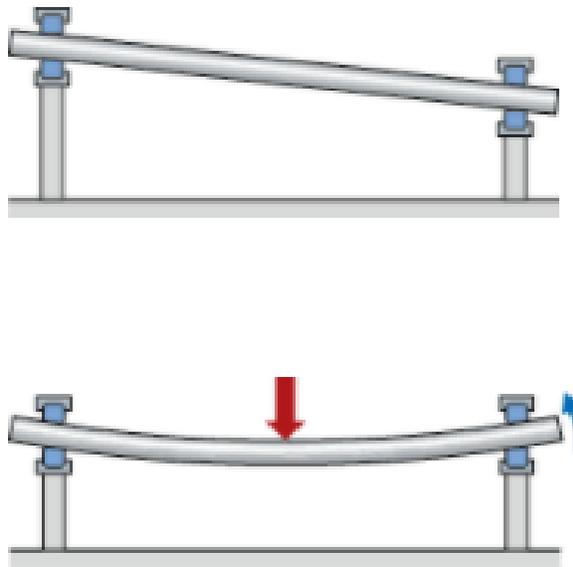
3.6.2.1. Desalineación estática

Esta desalineación se da cuando existe lo que es un error de alineación inicial entre los ejes de apoyo donde se encontraran las chumaceras.

Al momento que se realiza la flexión del eje este genera la desalineación entre el aro interior y exterior de la chumacera, la cual es de forma constante tanto en magnitud como en la dirección.

Figura 22

Desalineación estática



Nota. Obtenido de (SKF, 2022)

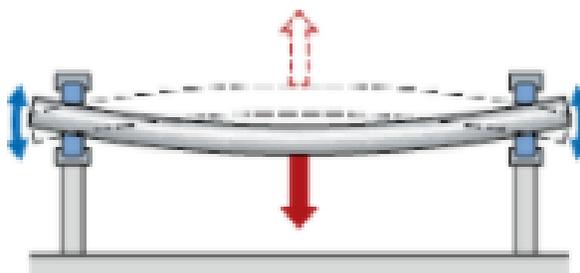
3.6.2.2. Desalineación dinámica

Al momento de existir una flexión variable en el eje, se produce una desalineación dinámica tanto en el aro interior como en el aro exterior de la chumacera, que en este caso como la desalineación es dinámica la magnitud o la dirección cambian de forma continua.

Se debe tomar en cuenta que las unidades de los rodamientos de bolas no pueden soportar la desalineación dinámica.

Figura 23

Desalineación dinámica.



Nota. Obtenido de (SKF, 2022)

3.6.3. Cargas admisibles del soporte

Los soportes están manufacturados de acero inoxidable, fundición tipo esferoidal o material compuesto, los cuales están diseñados para soportar las cargas tanto dinámicas y estáticas que la chumacera de inserción que esta acoplada.

También logran soportar lo que es cargas máximas o cargas axiales variables que se pueden presentar en el dinamómetro, se debe tener en cuenta que la carga axial no debe sobrepasar el 20 % de la carga radial que se admite.

3.6.4. Material de la chumacera

El material que se utiliza para la fabricación de la chumacera es el acero inoxidable, el cual es la aleación de metal el cual consiste en acero y algunos elementos más, como son: cromo, níquel, silicio, carbono, molibdeno, entre otros más elementos.

Se utiliza este material por sus características físicas que son las siguientes:

- Alta resistencia.
- Peso ligero.
- Ductilidad.
- Durabilidad.

Y las propiedades mecánicas que tiene el acero inoxidable también es muy importante y son las siguientes:

- Resistencia a la tracción.
- Dureza.
- Tenacidad.
- Fragilidad.
- Elasticidad y plasticidad.
- Flexibilidad.

Analizando todas las propiedades tanto físicas como químicas, se llega a la conclusión que el acero inoxidable es el material que se debe utilizar para la fabricación de las chumaceras para este diseño de dinamómetro.

3.6.5. Fallas comunes en las chumaceras

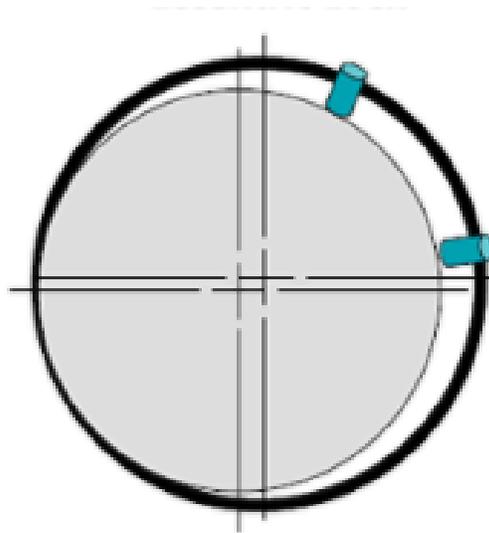
Existen varias causas por las que puede fallar una chumacera y cada causa tiene una consecuencia para la vida útil de la chumacera.

Las fallas más comunes que se pueden dar en las chumaceras son las siguientes:

- **Corrosión en el eje:** Las chumaceras tiene una luz o juego, por el cual pueden entrar ya puede ser agua, aire, polvos que contaminen por lo cual puede provocar la corrosión en el eje.

Figura 24

Luz o juego de la chumacera.



Nota. Obtenido de (Albán, 2018)

- **Desgaste en el eje:** Para esta falla los tornillos prisioneros se desajustan y por ese motivo el eje empieza a trabarse, por lo que se produce un desgaste sobre el eje en la parte de los tornillos, como consecuencia se tiene un daño permanente o provoca mantenimientos externos.
- **Ajuste del rodamiento:** Para este tipo de falla se necesita un proceso muy complejo que requiere una capacitación, ya que con ayuda de la

tecnología los rodamientos ya están ajustado desde la fábrica y por tal motivo el proceso de recambio es muy sencillo.

➤ **Contaminación y lubricación:** Las fallas de una chumacera es provocada por los problemas de contaminación y lubricación, para este punto el sello que tiene la chumacera juega un papel muy importante, ya que al momento de cambiar la grasa el sello se desacomoda y queda a completa libertad la entrada de contaminantes a la chumacera.

3.6.6. Mantenimiento de la chumacera

Para evitar la falla de lubricación que se dio a conocer anteriormente se debe realizar un mantenimiento en la chumacera lo que cual requiere un engrase cada cierto tiempo, este mantenimiento se lo realiza para que no se agrieten por la falta de lubricación que se dan en las chumaceras, el proceso de mantenimiento se lo realiza por un orificio de engrase que lleva cada chumacera para poder garantizar un buen funcionamiento después de haber realizado el respectivo mantenimiento en la misma.

3.7. Selección de la chaveta

Para seleccionar la chaveta que se utilizara para este diseño debemos conocer el diámetro del rodillo que para este caso tiene un valor de 80 mm.

Para saber el ancho de la chaveta es $\frac{1}{4}$ del diámetro del eje, por lo tanto, para este caso es un valor de $w = 20$ mm, con base en el resultado que se obtuvo y se realiza una observación en las chavetas comerciales en la siguiente tabla 17 (Anexo 2B) que se encuentra en la parte de los anexos, las chavetas van a ser fabricadas de $w = 22$ mm, la cual es muy adecuada para ejes con diámetros de 75 hasta 85 mm, tiene una altura $h = 14$ mm y con una longitud $l = 22$ mm, después de tomar en cuenta todos los datos la chaveta que se seleccionará será la antes mencionada.

3.7.1. Selección del material de la chaveta

Para el material de la chaveta, se toma en cuenta el material acero AISI 1045, ya que es un acero con carbono medio con una excelente calidad y alta resistencia, este material se debe lo debe tratar térmicamente mediante temple y revenido para obtener un mayor rendimiento mecánico al momento de su funcionamiento.

Este material es ideal para todo elemento que necesite dureza y tenacidad como puede ser en ejes, manivelas, chavetas, pernos, etc. En este caso se lo utilizará para realizar la fabricación de chavetas, el cual puede ser sometido a temple y revenido, para que su funcionamiento sea correcto.

Los tratamientos térmicos que se necesitan para la fabricación de las chavetas son los siguientes:

- Templado: 830 – 855 °C, enfriar en agua y aceite.
- Revenido: 300 – 650 °C, enfriado en aire.

Propiedades del acero AISI 1045

- Composición química.

Tabla 11

Propiedades químicas del acero AISI 1045

Propiedades	Valor
% Carbono	0,43 – 0,50
% Manganeso	0,60 – 0,90
% Silicio	0,15 – 0,35
% Fosforo	≥ 0,04

Propiedades	Valor
% Azufre	≤ 0,05

➤ Propiedades mecánicas.

Tabla 12

Propiedades mecánicas del acero AISI 1045

Propiedades	Valor
Dureza	163 HB
Esfuerzo de fluencia	310 Mpa
Esfuerzo máximo	565 Mpa
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de área	40 %
Módulo de Elasticidad	200 Gpa
Maquinabilidad	57 %
Calor específico	$460 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$
Densidad	$7,87 \frac{g}{cm^3}$
Conductividad térmica	$52 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$
Coefficiente de Poisson	0,3

3.7.2. Fallas comunes de una chaveta

La falla más común que se puede dar en una chaveta es que dichos materiales están esforzados a una compresión, en algunas ocasiones las chavetas pueden fallar

por aplastamiento de la estructura a la cual está acoplada y se pueden deformar por la relación ancho/altura de la chaveta.

Capítulo IV

4. Análisis de resultados

En este capítulo se va a presentar el análisis de resultados se pretende analizar los puntos de interés que se presentaron en los parámetros de diseño de los elementos que van a formar parte del dinamómetro automotriz.

4.1. Análisis de la selección del material

Para realizar la selección del material que se va a utilizar para el diseño del dinamómetro automotriz, se lo realiza por medio de una matriz morfológica, la cual va a estar calificada con un valor del 1 al 5, donde 1 es el valor menos factible y 5 es el valor más factible, la matriz morfológica está conformada por algunos criterios de diseño que se deben tomar en cuenta para una selección del material, que en este caso los criterios son: Costo, resistencia a la corrosión, maquinabilidad, propiedades mecánicas, disponibilidad en el mercado, dureza, una vez conocidos los criterios de diseño se coloca en la matriz morfológica que también está constituida por 4 materiales de los cuales vamos a seleccionar el más adecuado para el diseño del dinamómetro automotriz.

Después de haber realizado el análisis con ayuda de la matriz morfológica, como mejor opción fue el material 1010 HR, con un valor de 4,4 sobre las demás opciones de material que se colocó en la matriz.

Tabla 13

Resultados de la selección de material para el diseño del dinamómetro.

MATRIZ MORFOLOGICA DE SELECCIÓN DE MATERIAL

%	SAE / AISI	1010HR	1020HR	1030HR	1035HR
40	Costo	5 2	4 1,6	4 1,6	3 1,2
10	Disponibilidad	4 0,4	4 0,4	4 0,4	4 0,4
10	Dureza	3 0,3	3 0,3	4 0,4	5 0,5
10	Propiedades mecánicas	4 0,4	4 0,4	4 0,4	4 0,4
10	Maquinabilidad	5 0,5	5 0,5	4 0,4	4 0,4
20	Resistencia a la corrosión	4 0,8	4 0,8	4 0,8	5 1
100	Total	4,4	4	4	3,9

Para analizar la tabla se toma en cuenta los porcentajes que se colocó a cada criterio de diseño según la importancia que tiene cada uno para el diseño del dinamómetro automotriz, como primer el mayor porcentaje se colocó al costo el cual tiene un porcentaje de 40 % y tiene un valor de 5 que se dice que es el más factible para un dinamómetro, luego de eso se colocó con un 20 % a la resistencia a la corrosión, por motivos que el dinamómetro se va a instalar en el suelo y puede existir la corrosión general la cual es caracterizada por la cantidad de material perdido por unidad de tiempo, y con un 10 % se colocó a los demás criterios de diseño como es la disponibilidad en el mercado, dureza, propiedades mecánicas y la maquinabilidad que igual son muy importantes para poder seleccionar el material adecuado para el diseño de un dinamómetro automotriz.

4.2. Análisis del diseño de los rodillos

Para realizar el análisis de resultados del diseño de rodillos, al igual que en la selección del material se va hacer uso de una matriz morfológica con sus respectivos

criterios de diseño que se tomarán en cuenta para el dinamómetro automotriz, los criterios de diseño para esta matriz fueron los siguientes: costo, eficiencia, seguridad, mantenimiento y como último criterio la calibración, en la matriz estarán evaluados con los valores de 1 al 5, donde 1 es la opción menos factible y el valor 5 es la opción más factible, dentro de la matriz morfológica se tendrán 4 opciones para el diseño de los rodillos en el dinamómetro automotriz, de los cuáles se va a seleccionar el más adecuado para el diseño de este dinamómetro automotriz.

Al terminar de analizar con ayuda de la matriz morfológica, como mejor opción se obtuvo lo que es, dos rodillos dobles, con un valor de 4,05 sobre las demás opciones de rodillos que se colaron en la matriz morfológica.

Tabla 14

Resultados de la selección de diseño de rodillos en la matriz morfológica.

MATRIZ MORFOLOGICA DE SELECCIÓN DE RODILLOS DEL DINAMOMETRO									
%	Disposición	Un rodillo		Dos rodillos		Un rodillo		Dos rodillos	
		simple	1,6	simples	1,6	doble	1,2	dobles	1,2
40	Costo	4	1,6	4	1,6	3	1,2	3	1,2
20	Eficiencia	3	0,6	4	0,8	4	0,8	5	1
15	Seguridad	3	0,45	4	0,6	3	0,45	5	0,75
15	Mantenimiento	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0,6
10	Calibración	4	0,4	4	0,4	5	0,5	5	0,5
100	Total	3,65		4		3,55		4,05	

Para poder analizar esta la tabla, al igual que en la selección del material, se coloca porcentajes para cada criterio de diseño que se tomó en cuenta para poder

seleccionar los rodillos para el dinamómetro automotriz, el porcentaje más alto se lo coloco al costo con un porcentaje de 40 % por motivos que el diseño del dinamómetro automotriz está diseñado para medianas y pequeñas empresas.

A continuación, se colocó la eficiencia que tendrá los rodillos en el dinamómetro, tomando un valor del 20 % en la matriz morfológica y la eficiencia es muy importante al momento de realizar los ensayos en el dinamómetro.

Los dos siguientes criterios de diseño que son la seguridad y el mantenimiento se dieron un porcentaje del 15 %, porque la seguridad y el mantenimiento tienen la misma importancia dentro del diseño del dinamómetro automotriz.

Y para finalizar con un 10 % se tiene la calibración que es muy importante también en los rodillos porque, si no es fácil de realizar la calibración los datos del ensayo en el dinamómetro serían erróneos.

4.3. Análisis de resultados de la selección del freno dinamométrico

Para el análisis de la selección del freno que se utilizará para el diseño del dinamómetro automotriz, se lo realizó con ayuda de una matriz morfológica al igual que la selección de los rodillos y el material, la matriz morfológica va a estar evaluada, así como en los casos anteriores con un valor del 1 al 5, donde el valor de 1 es la opción menos factible y la opción 5 es la opción más factible, para esta matriz morfológica se tomaran en cuenta algunos criterios de desempeño muy importantes que debe tener un freno dinamométrico, los criterios que se tomó en cuenta son los siguientes: carga variable, precisión de la medida, costo, mantenimiento, toma de datos, instalación, torque y el tiempo de respuesta que tendrá el freno para el dinamómetro automotriz, al igual que en los anteriores casos, la matriz está conformada por 4 opciones de frenos

para un dinamómetro, de los cuales uno será el seleccionado como mejor opción para este diseño.

Después, de haber realizado el análisis correspondiente en la matriz morfológica, como la mejor opción para el freno en el dinamómetro automotriz fue el freno de histéresis con un valor de 4,4 sobre las demás opciones de frenos que se encontraban en la matriz morfológica.

Tabla 15

Resultados de la matriz morfológica para la selección del freno dinamométrico.

SELECCIÓN DEL FRENO PARA DINAMOMETRO									
%	Criterios de diseño	Freno de		Motor		Polvo		Freno	
		Hidráulico		eléctrico		Magnético		Histéresis	
10	Carga variable	4	0,4	4	0,4	3	0,3	5	0,5
10	Precisión de la medida	5	0,5	3	0,3	4	0,3	5	0,5
25	Costo	4	1	5	1,25	3	0,75	4	1
10	Mantenimiento	4	0,4	4	0,4	3	0,3	5	0,5
10	Toma de datos	3	0,3	3	0,3	4	0,4	3	0,3
10	Instalación	4	0,4	3	0,3	5	0,5	5	0,5
10	Torque	5	0,5	4	0,4	3	0,3	5	0,5
15	Tiempo de respuesta	3	0,45	4	0,6	3	0,45	4	0,6
100	Total	3,95		3,95		3,3		4,4	

Para el análisis de la matriz morfológica en la selección del freno, los criterios de diseño van a tener un porcentaje cada uno, al igual que al seleccionar los rodillos y el material el costo tendrá mayor porcentaje, por motivos que es muy importante para que

puedan adquirir las pequeñas y medidas empresas, por ese motivo tiene un porcentaje del 25 %.

Para el siguiente criterio de diseño se tiene el tiempo de respuesta que tendrá el freno para el diseño del dinamómetro de rodillos, es muy importante el tiempo de respuesta porque ayuda a detener el ensayo de una forma casi inmediata, por tal motivo se le dio un valor del 15%.

Y para los criterios de diseño que son carga variable, precisión de medida, toma de datos, instalación, torque y el mantenimiento tiene un porcentaje del 10 %, cada uno de estos criterios son de igual importancia para un correcto diseño de un dinamómetro de rodillos.

4.4. Análisis de la selección de la chumacera.

La chumacera fue seleccionada por ayuda de un catálogo, que nos ayudó con las especificaciones que tiene dicha chumacera y al analizar las diferentes especificaciones y dimensiones de la misma, se seleccionó la chumacera FYJ 80 TF.

Los datos que se tomaron en cuenta para seleccionar dicha chumacera son: la capacidad de carga dinámica básica que tiene un valor de 72,8 kN, otro aspecto es la capacidad de carga estática básica que tiene un valor de 53 kN, el aspecto de carga limite a la fatiga también es muy importante y tiene un valor de 2,16 kN y como aspecto final se tomó la velocidad límite que soportaría que tiene como valor de 6000 RPM.

Y para el material se toma un acero inoxidable que ya viene dado desde el catálogo con sus propiedades físicas que son, alta resistencia, peso ligero, ductilidad y durabilidad de la chumacera.

Con respecto a sus propiedades mecánicas igual vienen desde el catálogo las cuales son, resistencia a la tracción, dureza, tenacidad, fragilidad, flexibilidad y elasticidad que tiene la chumacera.

4.5. Análisis de la selección de la chaveta

Para el análisis de la selección de la chaveta siempre se debe tomar en cuenta es un cuarto del diámetro del eje del rodillo, que en este caso el eje tiene un valor de 80 mm de diámetro, por tal motivo la chaveta tendrá un valor de 20 mm, con este valor nos dirigimos a la tabla 2 de los anexos donde observamos las chavetas comerciales, al analizar la tabla se obtiene que las chavetas a fabricar serian de 22 mm, que son muy adecuados para ejes de 70 a 80 mm, y tiene un valor de altura de $h = 14$ mm y una longitud de $l = 22$ mm.

Y el material para este la chaveta es muy adecuado un acero AISI 1045, ya que este material es muy ideal para elementos que necesitan dureza y tenacidad como es el caso de la chaveta y para este caso van a ser sometidas a temple y revenido para que su funcionamiento sea de forma correcta.

Capítulo V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se evaluó los diferentes parámetros de diseño que formaron parte del dinamómetro automotriz para que su diseño sea de forma satisfactoria y pueda cumplir con su funcionamiento de forma correcta.
- Se conoció los diferentes elementos que forman parte para el diseño del dinamómetro de rodillos con el cual se va a realizar las pruebas de torque y potencia en los vehículos livianos.
- Se analizó la importancia que tiene cada uno de los elementos que forman parte del dinamómetro automotriz para realizar un diseño de manera satisfactoria y segura para medianas y pequeñas empresas.
- Se seleccionó el material más adecuado para los elementos que formaran parte del dinamómetro de rodillos, esto se realizó con ayuda de la matriz morfológica para seleccionar la mejor opción.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable cumplir con los parámetros de diseño que se establecieron, para así de esta manera se puede evitar problemas al momento de la fabricación del dinamómetro de rodillos y también puede evitar fallos en el funcionamiento del mismo.
- Se recomienda analizar minuciosamente la matriz morfológica para poder seleccionar el material, el tipo de rodillo y el tipo de freno que se va a utilizar en el diseño del dinamómetro de rodillos, para que el diseño del mismo sea de forma correcta.

- Se recomienda investigar las propiedades de los materiales a utilizar para analizarlos si son indicados para soportar tanto la potencia como el torque que va a soportar el dinamómetro de rodillos al momento de realizar un ensayo.

Bibliografía

- Albán, V. (05 de Noviembre de 2018). *Motores - Elvatron*. Obtenido de Google:
<https://www1.elvatron.com/transmicion-potencia/5-fallas-comunes-en-muñoneras-cómo-puedo-evitarlos>
- Arcteryx. (22 de Diciembre de 2011). *Cientificosaficionados*. Obtenido de Google:
<http://www.cientificosaficionados.com/foros/viewtopic.php?t=14002>
- Automotriz, D. (20 de Octubre de 2019). *Multastransito*. Obtenido de Google:
<https://multastransito-cdmx.com/dinamometro-automotriz-que-es-y-para-que-sirve/>
- Ávila Avelino, A. A. (2016). *Estudio e implementación del dinamómetro de chasis modelo X tracción 2 ruedas del fabricante DYNOCOM*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- Baltazar Soto, A. (2017). *Diseño de un dinamómetro de rodillos para determinar torque y potencia de vehículos livianos*. La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Chávez Enríquez, N. E. (2007). *Diseño y automatización de un dinamómetro hidráulico para motores de combustión interna con una potencia menor a 50 HP*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- David, A. (04 de Enero de 2020). *Diario Motor*. Obtenido de Google:
<https://www.diarimotor.com/que-es/mecanica/4x4-transmision-par-motor-par-a-la-rueda-video/>

David, P. (28 de Mayo de 2016). *MotorES*. Obtenido de Google:
<https://www.motor.es/que-es/potencia-par-motor>

Dinamometro. (03 de Agosto de 2020). *Tuning*. Obtenido de Google:
https://www.tuningblog.eu/es/kategorien/tipps_tuev-dekra-u-co/der-leistungspruefstand-und-was-beachtet-werden-sollte-289704/

Equipments, A. (04 de Mayo de 2019). *Taller de coche*. Obtenido de Google:
<https://equipments.aerservice.com/es/taller-de-coches-y-motocicletas>

Foerdere, R. (12 de Marzo de 2019). *Logismarket*. Obtenido de Google:
<https://www.logismarket.es/rollex-foerderelemente/rodillos-de-gravedad.html>

Hernández Morales, V. A. (2007). *Propuesta para el diseño de control electrónico y construcción de un dinamómetro de inercia electrónico computarizado*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Industrial, F. (28 de Noviembre de 2021). *Directindustry*. Obtenido de Google:
<https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/freno-hidraulico-72235.html>

Larrea, F. (15 de Enero de 2022). *Expertos herramientas*. Obtenido de Google:
<https://expertoherramientas.com/para-que-sirve-un-dinamometro/>

MatMatch. (28 de Octubre de 2020). *Matmatch*. Obtenido de Google:
<https://matmatch.com/es/materials/mitf966-aisi-1010-hot-rolled>

Potencia, B. (15 de Junio de 2020). *Bapro*. Obtenido de Google:
<https://www.bapro.it/es/bancos-de-potencia-para-coches/42-bpa-2r-hp>

Ramírez, J. (Octubre de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de Google:
https://www.researchgate.net/figure/Rodillos-de-trabajo-con-y-sin-flexion-Bending-para-dar-un-perfil-a-la-cinta-Work_fig4_334812594

Saenz, D. (26 de Julio de 2018). *Saenzdynos*. Obtenido de Google:
<https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-freno-hid.php?lang=es>

Salazar Arellano, C. E. (Marzo de 2016). *Estudio para la implementación de un dinamómetro de chasis modelo X tracción dos ruedas del fabricante DYNOCOM en un taller automotriz*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador - UIDE. Obtenido de Google: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1050/1/T-UIDE-040.pdf>

SKF. (24 de Enero de 2022). *SKF*. Obtenido de Google:
<https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-FYJ%2080%20TF>

SKF. (26 de Enero de 2022). *SKF*. Obtenido de Google:
<https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/permissible-misalignment>

Technologies, M. (16 de Agosto de 2021). *Mejicoro*. Obtenido de Google:
<https://www.mejicoro.com/producto/embragues-y-frenos-con-histeresis/>

Telma. (24 de Junio de 2001). *Dokumen*. Obtenido de Google:
<https://dokumen.tips/documents/telma-parts.html>

Toro Ladino, M., & Marín Arias, D. (2018). *Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna monocilíndrico bajo diferentes regímenes de operación*. 2018: Universidad Técnica de Pereira.

Zambrano Mantilla, R. A., & Núñez Prada, C. M. (2013). *Ontención de las curvas de desempeño de un motor de combustión interna alternativo en un banco de pruebas*. Floridablanca: Universidad Pontificia Boliviana.

ANEXOS