



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO
DINÁMICO DE TRES TIPOS DE AMORTIGUADORES
MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LAS CURVAS
CARACTERÍSTICAS PARA UN VEHÍCULO M1**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

JOHNNY JAVIER SINCHE VILLAFUERTE
HARTMAN DAMIAN CHUNCHO ROMERO

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO
DINÁMICO DE TRES TIPOS DE AMORTIGUADORES
MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LAS CURVAS
CARACTERÍSTICAS PARA UN VEHÍCULO M1**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JOHNNY JAVIER SINCHE VILLAFUERTE
 HARTMAN DAMIAN CHUNCHO ROMERO

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Johnny Sinche Villafuerte, Hartman Chunchu Romero

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 el Derecho del Autor.

Nosotros, JOHNNY JAVIER SINCHE VILLAFUERTE y HARTMAN DAMIAN CHUNCHO ROMERO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este 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 titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre de 2021



Johnny Javier Sinche Villafuerte
0604594846



Hartman Damian Chunchu Romero
1150552089

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: proyecto de investigación, **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE TRES TIPOS DE AMORTIGUADORES MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS PARA UN VEHÍCULO M1**, realizado por los señores, **JOHNNY JAVIER SINCHE VILLAFUERTE** y **HARTMAN DAMIAN CHUNCHO ROMERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021/11/29
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021/11/29
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021/11/29

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Norma y Gabriel por siempre impulsarme a seguir adelante, a mi familia que siempre supo darme su apoyo económico, emocional y ayudarme a buscar solución a los problemas, y a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para poder continuar con mis estudios.

Johnny

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios por fortalecerme a todo momento y permitirme continuar con mis estudios y sueños personales, a mis padres Cumanda y Víctor los cuales siempre me apoyaron de forma económica y moral, sus consejos y valores impartidos desde la niñez me han permitido culminar esta etapa de estudios.

También se lo dedico a mis familiares cercanos, amigos y docentes quienes durante todo este tiempo me han acompañado y guiado, con quienes he compartido muchos momentos de felicidad y derrota, sin embargo, predominan los buenos momentos y llevo un recuerdo muy grato de todos ellos.

Hartman

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y familia por su apoyo incondicional, por guiarme en el camino correcto y su lucha por darme lo indispensable para salir adelante.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Automotriz y a sus docentes y personal de trabajo por los conocimientos adquiridos y la oportunidad de continuar con mi formación académica.

También agradezco al director de tesis por sus enseñanzas y recomendaciones, las cuales fueron esenciales para la elaboración del presente proyecto.

Johnny

Agradezco a mi familia por ser quienes me motivaron en este sueño propuesto, por siempre brindarme su apoyo sin importar las circunstancias, por guiarme por el camino correcto y compartir conmigo los triunfos durante el trayecto.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme acogida y ofrecerme la oportunidad de obtener mi formación académica.

También agradezco al director de tesis que siempre se mantuvo firme con sus enseñanzas, consejos y recomendaciones, gracias a él fue posible culminar este proyecto. Finalmente expreso mi agradecimiento a todos quienes conforman la Carrera Ingeniería Automotriz a sus docentes, personal de trabajo y compañero estudiantes.

Hartman

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	1
1.1. Justificación	1
1.2. Problema.....	3
1.3. Objetivos	3
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	<i>3</i>
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Estado del Arte	4
<i>1.5.1. Introducción a los amortiguadores</i>	<i>4</i>
<i>1.5.1.1. Función de los amortiguadores</i>	<i>5</i>
<i>1.5.1.2. Clasificación de los amortiguadores</i>	<i>5</i>
<i>1.5.1.3. Suspensión McPherson.....</i>	<i>6</i>
<i>1.5.2. Caracterización de amortiguadores</i>	<i>7</i>
<i>1.5.2.1. Coeficiente de amortiguamiento.....</i>	<i>8</i>
<i>1.5.2.2. Fuerza - posición.....</i>	<i>9</i>
<i>1.5.2.3. Fuerza - velocidad.....</i>	<i>9</i>
<i>1.5.3. Rangos de funcionamiento del amortiguador.....</i>	<i>10</i>
<i>1.5.3.1. Velocidad máxima</i>	<i>10</i>
<i>1.5.3.2. Desplazamiento Máximo</i>	<i>11</i>
<i>1.5.4. Cavitación en el amortiguador</i>	<i>11</i>
<i>1.5.5. Seguridad en el automóvil.....</i>	<i>12</i>

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Planteamiento metodológico	15
2.2.	Objeto de estudio	16
2.2.1	Amortiguador	16
2.2.1.2.	<i>Amortiguador G-Control</i>	17
2.2.1.3.	<i>Amortiguador Record</i>	17
2.2.2.	Variables de estudio	17
2.2.2.1.	<i>Análisis de variables</i>	18
2.2.2.2.	<i>Variables dependientes</i>	18
2.2.2.3.	<i>Variables Independientes</i>	18
2.2.3.	Preparación de muestras	19
2.2.4.	Preparación de utillajes	19
2.3.	Banco de ensayo	20
2.3.1.	Características del banco de ensayo	21
2.3.2.	Elementos del banco de ensayo	22
2.3.3.	Pruebas disponibles en el banco de ensayo	23
2.3.4.	Protocolo de ensayo	23
2.4.	Obtención de datos	24
2.4.1.	Preparación del equipo de ensayo	24
2.4.2.	Condiciones de las pruebas	25
2.4.3.	Operación de ensayo	25

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
3.1.	Resultados	27
3.1.1.	Resultados de EAI 01	27
3.1.1.1.	<i>Prueba a velocidad constante</i>	27
3.1.1.2.	<i>Prueba a velocidad variable</i>	33
3.1.2.	Resultados de EAN 02	35
3.1.2.1.	<i>Pruebas a velocidad constante</i>	35
3.1.2.2.	<i>Prueba a velocidad variable</i>	42
3.1.3.	Resultados de EAO 3	43
3.1.3.1.	<i>Pruebas a velocidad constante</i>	44
3.1.3.2.	<i>Pruebas a velocidad variable</i>	50
3.2.	Análisis y discusión de resultados	52

3.2.1.	<i>Análisis de las probetas bajo la norma JASO C 611</i>	52
3.2.1.1.	<i>Fuerza de amortiguamiento en compresión</i>	52
3.2.1.2.	<i>Fuerza de amortiguamiento en extensión</i>	54
3.2.2.	<i>Comparación de las probetas en: Velocidad de ensayo – Fuerza máxima, análisis ANOVA, LSD y de cajas y bigotes</i>	58
3.2.3.	<i>Comparación de las probetas en temperatura análisis ANOVA y LSD</i>	64
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características de los amortiguadores	17
Tabla 2-2:	Designación de factores y niveles para el proyecto	18
Tabla 3-2:	Materiales empleados para la elaboración del utillaje	19
Tabla 4-2:	Características banco de pruebas dynoshock 11	21
Tabla 5-2:	Fases de ensayo.....	26
Tabla 1-3:	Valores obtenidos en la prueba 1 de EAI 1 con velocidad fija	33
Tabla 2-3:	Valores obtenidos en la prueba 2 de EAI 1 con velocidad fija	33
Tabla 3-3:	Valores obtenidos en el ensayo a velocidad variable de EAI 1	34
Tabla 4-3:	Valores obtenidos en la prueba 1 de EAN 2 con velocidad fija	41
Tabla 5-3:	Valores obtenidos en la prueba 2 de EAI 1 con velocidad fija	42
Tabla 6-3:	Valores obtenidos en el ensayo a velocidad variable de EAN 2.....	43
Tabla 7-3:	Valores obtenidos en la prueba 1 de EAO 3 con velocidad fija	49
Tabla 8-3:	Valores obtenidos en la prueba 2 de EAO 3 con velocidad fija	50
Tabla 9-3:	Valores obtenidos en el ensayo de velocidad variable de EAO 3.....	51
Tabla 10-3:	Fuerza máxima promedio en compresión	52
Tabla 11-3:	Análisis bajo la norma jaso C611 en compresión.....	54
Tabla 12-3:	Fuerza máxima promedio en extensión.....	54
Tabla 13-3:	Análisis bajo la norma jaso C611 en extensión.....	56
Tabla 14-3:	Análisis general de la norma jaso C611	56
Tabla 15-3:	Anova para f. Máximas de compresión [N] por probetas.....	60
Tabla 16-3:	Método: 95,0% LSD	60
Tabla 17-3:	Anova para f. Máximas de extensión [N] por probetas	62
Tabla 18-3:	Método: 95,0 porcentaje LSD.....	63
Tabla 19-3:	Anova para temperatura [°C] por probeta	65
Tabla 20-3:	Método: 95,0 porcentaje LSD.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Modelo matemático lineal de un cuarto de vehículo.....	7
Figura 2-1:	Curva comparativa entre el ensayo y el modelado.....	8
Figura 3-1:	Coeficiente de amortiguación	9
Figura 4-1:	Curva de velocidad vs posición	9
Figura 5-1:	Curva de fuerza a una velocidad relativa	10
Figura 6-1:	Curva de velocidad en función del tiempo	11
Figura 7-1:	Curva de fuerza en función de la compresión.....	11
Figura 8-1:	Estructura del amortiguador magneto reológico	13
Figura 9-1:	Comparativa del desplazamiento de amortiguadores.....	13
Figura 1-2:	Diagrama del método empleado para los ensayos de caracterización	15
Figura 2-2:	Longitud del amortiguador l(max) y l(min).....	19
Figura 3-2:	Esquema del utillaje	20
Figura 4-2:	Utillaje acoplado al banco de pruebas	20
Figura 5-2:	Banco de pruebas dynoshock 11	21
Figura 6-2:	Rango de fuerzas en extensión a 300mm/s	24
Figura 7-2:	Rango de fuerzas en compresión a 300mm/s.....	24
Figura 8-2:	Diagrama fuerza de amortiguamiento.....	24
Figura 9-2:	Banco de pruebas dynoshock 11	25
Figura 1-3:	Análisis gráfico de anova	60
Figura 2-3:	Análisis gráfico LSD	61
Figura 3-3:	Análisis gráfico de cajas y bigotes.....	61
Figura 4-3:	Análisis gráfico de anova	62
Figura 5-3:	Análisis gráfico del método LSD	63
Figura 6-3:	Análisis gráfico de cajas y bigotes.....	63
Figura 7-3:	Análisis gráfico de anova	66
Figura 8-3:	Análisis gráfico del método LSD	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	28
Gráfico 2-3:	curvas F-D (a) y F-V (b)	29
Gráfico 3-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	30
Gráfico 4-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	31
Gráfico 5-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	32
Gráfico 6-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable.....	32
Gráfico 7-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	36
Gráfico 8-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	37
Gráfico 9-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	38
Gráfico 10-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	39
Gráfico 11-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	41
Gráfico 12-3:	Curvas de EAN 2, F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable	41
Gráfico 13-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	45
Gráfico 14-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	46
Gráfico 15-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	47
Gráfico 16-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	48
Gráfico 17-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b)	49
Gráfico 18-3:	Curvas F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable.....	49
Gráfico 19-3:	Análisis bajo la norma JASO C611 en compresión.....	54
Gráfico 20-3:	Análisis bajo la norma JASO C611 para extensión.....	56
Gráfico 21-3:	Comparación de curvas F-D a velocidad constante de 300 mm/s	57
Gráfico 22-3:	Comparación de curvas F-V a velocidad constante de 300 mm/s	58
Gráfico 23-3:	Comparación de Velocidad de ensayo - Fuerzas máximas.....	58
Gráfico 24-3:	Comparación temperatura de funcionamiento.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PORTADA

ANEXO B: INFORME DE LABORATORIO

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue analizar el comportamiento de los amortiguadores de fábrica de un vehículo M1 frente a dos alternos, uno nacional y otro importado, mediante pruebas de laboratorio realizadas bajo la Norma JASO C611 con la finalidad de evaluar la calidad del producto nacional frente al producto importado. El estudio de los amortiguadores se realizó simulando condiciones de trabajo mediante el uso del banco de ensayos Dynoshock 11 que se encuentra en el Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero. Para el ensayo fueron propuestas tres fases, dos corresponden a cinco pruebas con una velocidad fija de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s, la tercera fase es una prueba a velocidad variable en la cual se ejecutan todas las velocidades fijas de forma consecutiva, estas pruebas se realizaron bajo la normativa JASO C611 que regula a los amortiguadores tomando en cuenta los valores de fuerzas máximas en compresión y extensión. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Excel y Statgraphics dando como resultado una diferencia significativa entre las fuerzas de amortiguamiento generadas de cada amortiguador, sin embargo, en términos de temperatura de trabajo no existe diferencia estadística significativa entre estos, además que un solo amortiguador cumple con los requisitos que establece la normativa. Tomando en cuenta que existe una gran variedad de marcas, se recomienda continuar con los estudios referentes a los amortiguadores para conocer y evaluar el producto que se distribuye en el mercado automotriz.

Palabras clave: <ANÁLISIS DINÁMICO> <COMPORTAMIENTO DE AMORTIGUADORES> <FUERZA DE AMORTIGUAMIENTO> <BANCO DE ENSAYOS> <CALIDAD>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0352-DBRA-UPT-2022

2022-02-23

ABSTRACT

The objective of this project was to analyze the behavior of the factory shock absorbers of an M1 vehicle compared to two alternate ones, one national and one imported. Through laboratory tests carried out under the JASO C611 Standard to evaluate the quality of the national product compared to the imported product. The study of the shock absorbers was carried out simulating working conditions through the Dynoshock 11 test bench located at the Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero. Three phases were proposed for the test, the two phases correspond to five tests with a fixed speed of 50, 100, 300, 600, and 1000 mm/s. The third phase is a variable speed test in which all fixed speeds are executed consecutively. These tests were carried out under the JASO C611 standard. It regulates shock absorbers taking into account the values of maximum forces in compression and extension. Excel and Statgraphics software were used for the statistical analysis of the data, resulting in a significant difference between the damping forces generated by each shock absorber. However, there is no significant statistical difference between their working temperature. In addition to the fact that only one shock absorber meets the requirements established by the regulations. It is recommended to continue with the studies regarding shock absorbers taking into account that there is a great variety of brands, to know and evaluate the distributed product in the automotive market.

Keywords: <DYNAMIC ANALYSIS> <SHOCK ABSORBER BEHAVIOR> <DAMPING FORCE> <TEST BENCH> <QUALITY>.



Firmado electrónicamente por:
PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Justificación

De acuerdo con la resolución No. 16 382 referente a la SUBSECRETARÍA DEL SISTEMA DE LA CALIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD se Aprueba y oficializa el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 034 (4R) “ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES”, dicho reglamento establece los requisitos mínimos referente a la seguridad para que un vehículo automotor pueda circular en el territorio ecuatoriano; En el apartado 4 se establecen los requisitos del producto y el ítem 4.6 menciona: “Suspensión. Los vehículos automotores deben disponer de un sistema de suspensión con elementos amortiguadores en todos sus ejes o ruedas, respetando las especificaciones técnicas del diseño original del fabricante” (INEN, 2016)

En Ecuador 1 de cada 5 personas posee vehículo propio, es así como según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) en el año 2019 el parque automotor a nivel nacional posee una cifra de 2 259 104 en lo que corresponde a vehículos livianos entre ellos automóviles, SUV y camionetas (AEADE, 2020). En la ciudad de Ambato en 2016 se matricularon 4.500 vehículos nuevos, mientras que en el 2017 esta cifra aumentó a 7.538, siendo el 67% más, esta situación según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) se da por la introducción de marcas chinas al mercado nacional. Tungurahua ocupa el cuarto lugar entre las provincias donde más se compran vehículos livianos con un total del 6%, las marcas preferentes por los compradores son Chevrolet, KIA, Hyundai y Great Wall, marca china cuya ensambladora Ciauto se ubica en Ambato desde el 2013. (AEADE, 2018)

El amortiguador está considerado en la norma antes mencionada, por ello es necesario que dicho elemento funcione adecuadamente y su tiempo de respuesta sea el correcto frente a las complicaciones que se presenten durante un trayecto; Si el amortiguador se desempeña correctamente los neumáticos se mantienen en mayor contacto con el suelo a pesar de las irregularidades de la calzada, con ello se incrementa la seguridad, se mantiene el agarre de los neumáticos y el conductor posee un control efectivo en la dirección del vehículo.

A pesar de la importancia que desempeñan los amortiguadores Ecuador no posee una norma a la que se sometan para permitir su libre comercio dentro del territorio nacional. Además, en su mayoría estos elementos son importados y no son controlados para verificar si cumplen los estándares de seguridad.

Según datos obtenidos de Veritrade en Ecuador existen 2 grandes importadores de piezas referentes a los amortiguadores:

- El primero, AMORTIGUADORES Y PARTES DEL ECUADOR S.A, el mismo que durante los últimos 5 años presenta 3 890 registros de importación y la cifra es equivalente a \$ 3 989 225.
- El segundo, LA CASA DEL AMORTIGUADOR CASMORSA S.A, que durante los últimos 5 años presenta 15 201 registros de importación y una cifra equivalente a \$3 902 350

En cuanto se refiere a piezas o repuestos automotrices el país no se considera productor de estos, ya que, del total de los automotores y componentes ensamblados dentro del país, únicamente el 7% es de fabricación nacional (Peralta Zurita and Molina Osejos, 2018), esto conlleva a una gran repercusión en la economía nacional ya que los dólares que salen son superiores a los dólares que entran, este fenómeno genera la siguiente necesidad que es, reemplazar los productos importados por productos de origen nacional que a su vez generaría trabajo para los ciudadanos. Sin embargo, las condiciones del país como son la tecnología, el subdesarrollo y la baja inversión no permiten que sea capaz de generar estas empresas de piezas automotrices; Por este motivo es necesario desarrollar estudios que posean sustento técnico y sirvan como base para que se generen industrias referentes al tema.

La demanda de amortiguadores en el mercado nacional aumenta con el pasar del tiempo en 2017 la demanda se estimó aproximadamente en 1 113 962 unidades y para el año 2019 se estimaba una demanda de 1 174 334 unidades, (CCE, 2016) lo que implica gastos considerables por parte de los conductores ya que estos elementos son de vital importancia para que el vehículo sea seguro.

Durante los últimos 5 años los gastos en importaciones de amortiguadores ascienden a \$7 890 000 lo que implica la salida de divisas y una gran afectación a la economía nacional ya que los aranceles establecidos para estos elementos son del 15%. (Serrano et al., 2019: p.2)

Finalmente, en Ecuador existen centros que han sido creados con el propósito de inspeccionar y evaluar los productos para determinar si estos cumplen con las normas y reglamentos establecidos, es el caso del CFPMCT el cual posee un banco de pruebas único a nivel nacional

para evaluar el desempeño de los amortiguadores de manera técnica y especializada bajo la norma JASO/JSAE C611.

1.2. Problema

La falta de una normativa nacional acerca de los amortiguadores genera la ausencia de un control que regule, compruebe y valide la calidad de estos ya sean nacionales o importados. Los propietarios de vehículos tienen mayor confianza en los productos importados debido a malas experiencias, por comentarios o por falta de conocimiento.

Puesto que existen pocas investigaciones referentes al tema, en la presente se busca evaluar al producto nacional frente al importado bajo la normativa JASO/JSAE C611 y así emitir criterios con fundamentos teóricos acerca de la calidad del producto nacional e importado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el comportamiento de los amortiguadores de fábrica de un vehículo M1 frente a dos alternos, uno nacional y otro importado, mediante pruebas de laboratorio realizadas bajo la norma JASO/JSAE C611 con la finalidad de evaluar la calidad del producto nacional frente al producto importado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Escoger tres tipos de amortiguadores que correspondan a la marca del vehículo establecido para su posterior análisis.
- Aplicar la norma JASO/JSAE C611 para el estudio de los amortiguadores mediante el uso del banco de pruebas simulando las condiciones de trabajo.
- Realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos entre los tres tipos mediante el uso del software Statgraphic.
- Emitir criterios de cada amortiguador tomando en cuenta los resultados obtenidos.

1.4. Hipótesis

Los amortiguadores nacionales cumplen con las normas de seguridad y desempeñan un rendimiento óptimo para el uso cotidiano en los automotores, si comparamos sus curvas características frente a los amortiguadores importados, su rendimiento es el mismo o incluso

mejor dependiendo de las condiciones de trabajo a las que se someta, las mismas que se pueden evidenciar al obtener los resultados de las curvas características emitidas por el banco de pruebas bajo la norma JASO C611.

1.5. Estado del Arte

En la actualidad, el estudio de los diferentes componentes de vehículos que determinen su comportamiento es fundamental en el ámbito de la Ingeniería Automotriz. Al momento de diseñar, elegir o emitir criterios fundamentados de determinado elemento es imprescindible un previo estudio que permita conocer la reacción o el comportamiento que el elemento tendrá cuando sea sometido a condiciones de trabajo.

1.5.1. Introducción a los amortiguadores

Los primeros modelos de vehículos debido a su robustez y la poca velocidad que alcanzaban hizo innecesaria la implementación de un sistema de suspensión, en los primeros modelos se utilizaban ruedas grandes para lograr reducir el impacto de la calzada sobre el vehículo sin embargo debido a su evolución se consiguió reducir el peso y aumentar la velocidad que estos podían alcanzar, por ello fue necesario implementar un sistema el cual ayude a reducir y absorber el impacto de mejor manera y así garantizar la estabilidad, contacto con el piso y el mejorar el confort en el vehículo, en un principio solo se optó por muelles pero debido a su inestabilidad en altas velocidad se combinó con los amortiguadores que en manera conjunta obtienen mejores resultados. (Caisaguano, 2019, p.24)

La reducción de vibraciones del vehículo se realiza principalmente por amortiguadores dispuestos en paralelo a la suspensión, la acción hidráulica del amortiguador se origina por diferencias de presión en el pistón o las válvulas, esta resistencia hidráulica se transforma en fuerzas que se desplazan a través de los elementos del amortiguador, el volumen del amortiguador se divide en tres cámaras (superior, inferior y compensadora), como resultado esta resistencia hidráulica es la que nos genera las características de amortiguación. (Kruse et al, 2009, p.1)

Según (Shivaraj y Srilatha, 2017, p.2), los amortiguadores son mecanismos que reducen los impactos recibidos y los suaviza a manera de energía cinética. Las principales aplicaciones que se les da a los amortiguadores son:

- Automóviles y aviones
- Máquinas industriales
- Trenes de aterrizaje de aviones

- Construcciones, puentes entre otras estructuras diseñadas para resistir a los terremotos

La mayoría de los diseños se enfocan en los muelles helicoidal en conjunto con los amortiguadores hidráulicos, de esta manera se puede determinar los materiales para su construcción, sus características de resistencia y los modos de falla que pueden presentarse en los mismos.

1.5.1.1. Función de los amortiguadores

En el sistema de suspensión el amortiguador cumple la función de absorber la energía que se origina entre el peso del vehículo y la rueda, además de la generada por el resorte, así de esta manera ayudar a los resortes a volver a su posición normal y controlar sus oscilaciones, también cumplen con la función de ayudar a reducir o eliminar las sacudidas del vehículo producidas en las ruedas debido a las irregularidades de la calzada, el diseño mecánico del amortiguador se realizó con el fin de disipar en forma de calor la energía cinética que se genera en el sistema. (Pineda, 2017, p.2)

El deber de los amortiguadores es absorber o disipar la energía, esta característica es una de las principales al momento de diseñar o elegir un amortiguador, en la mayoría de los amortiguadores la energía se convierte en calor, los amortiguadores neumáticos e hidráulicos suelen adoptar la forma de un cilindro con un pistón deslizante en el interior. El cilindro está lleno de un fluido (aceite o aire). En los cilindros hidráulicos, el fluido hidráulico se calentará, mientras que, en los cilindros de aire, el aire caliente generalmente se agota a la atmósfera. En otros tipos de amortiguadores, como los electromagnéticos, la energía disipada se puede almacenar y utilizar más adelante, en términos generales los amortiguadores ayudan al vehículo al desplazarse en carreteras irregulares. (Achyut et al, 2014, p.1)

Posee un sistema básico de funcionamiento el cual consta de un vástago sujeto a la carrocería, un cilindro unido en la rueda y un fluido viscoso que regula el movimiento (Melendez, 2014, p.8), dentro del funcionamiento se puede describir dos ciclos que son:

- Expansión, el amortiguador se abre
- Compresión: el amortiguador se cierra

1.5.1.2. Clasificación de los amortiguadores

La forma más común de clasificar a los amortiguadores es por la manera que absorbe la variación de volumen, los amortiguadores con diseño telescópico son los más utilizados por las

características poseen en cuanto a tamaño diseño y precisión, de este tipo de amortiguadores se los puede clasificar en:

- **Monotubo:** Posee una sola cámara que absorbe la variación de volumen, son los más utilizados en la suspensión de tipo McPherson, debido a que es más compacto en relación con el bitubo presenta un menor grado de refrigeración por lo que es necesario que la zona su instalación posea más ventilación para disipar el calor generado por su funcionamiento (Baéz, 2017, p.16)
- **Bitubo:** Posee una cámara adicional concéntrica a la cámara de trabajo para ayudar a absorber de mejor manera la variación de volumen, existen de dos tipos presurizados de aceite solamente y no presurizados de aceite y gas, son los más utilizados en la actualidad, no son muy exigentes en cuanto a refrigeración. (Caisaguano, 2019, pp.26-28)

En el artículo de (Sudarshan et al, 2013, p.1) se menciona que tanto los amortiguadores monotubo como bitubo se componen principalmente de las siguientes partes:

- Varilla de pistón: Está hecha de acero de alta tracción endurecido y resistente a la corrosión.
- Cojinete principal: Su función principal es la lubricación del amortiguador total.
- Anillo de pistón: Se endurece para una larga vida útil.
- Cámara de presión: Está hecho de acero de aleación endurecido mecanizado de sólido con extremo trasero cerrado diseñado para soportar una presión interna de hasta 1000 bar.
- Cuerpo exterior: Es una pieza totalmente mecanizada de acero sólido para garantizar la fiabilidad total.

1.5.1.3. Suspensión McPherson

La suspensión delantera que más se puede hallar en los vehículos es la suspensión McPherson debido a su fácil construcción, diseño y menor costo por lo cual ha ganado mucho terreno en el ámbito local y global, haciendo necesario que se lleven estudios que puedan ayudar a comprender su funcionamiento, así de esta manera poder emitir criterios de aceptación de acuerdo con normas que rigen su comportamiento. (Vega et al., 2018, p.2)

Los sistemas de suspensión McPherson se pueden modelar a partir de ecuaciones dinámicas, enfocadas en analizar las características de vibración de la masa del vehículo tomando en cuenta parámetros de diseño como fuerza de amortiguación, rigidez momentos de inercia, masas, etc. Con la ayuda de softwares se puede simular varias condiciones a las que podría estar sometido la

suspensión del vehículo en carretera (Comparative Simulation studies on MacPherson Suspension system, 2013, p.5).

1.5.2. Caracterización de amortiguadores

La mejora continua de las tecnologías de información y comunicación han hecho posible el desarrollo de softwares que nos permiten comprender el funcionamiento de los mecanismos, entre los cuales se puede encontrar softwares de simulación, análisis y optimización que resultan necesarios para comprender el funcionamiento de los sistemas de suspensión. (Vega et al., 2018, p.2)

El análisis del sistema de suspensión utiliza técnicas gráficas para modelar los sistemas dinámicos los cuales establecen una relación de unión entre sus elementos, esta dinámica, el modelado y simulación de estos sistemas sirven para analizar la forma y calidad de conducción, el rendimiento del vehículo y su confort. (Hurel, 2013, p.35)

Muchos de los estudios se realizan para diferentes modelos de complejidad entre los cuales tenemos un modelo de suspensión de un cuarto de vehículo el cuales es el modelo más simple y el que describe el comportamiento dinámico requerido, el cual consta de una masa suspendida, masa no su pendida, coeficiente de amortiguación y los desplazamientos, los bancos de pruebas se rigen a estos modelos matemáticos dependiendo la complejidad de los datos requeridos. (Vega et al., 2018, p.2)

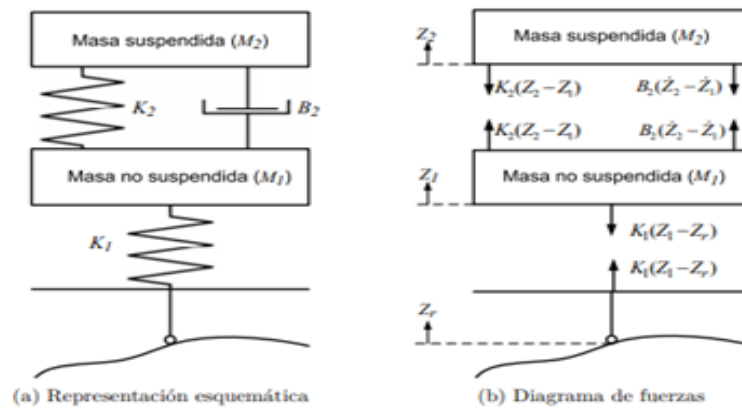


Figura 1-1: Modelo matemático lineal de un cuarto de vehículo

Fuente: Hurel, J. 2013

Mediante el análisis de los datos obtenidos por los softwares existen tres maneras de caracterizar el comportamiento de los amortiguadores entre los cuales tenemos determinado el coeficiente de amortiguamiento, mediante graficas de velocidad respecto a posición y determinando la fuerza a una velocidad relativa a sus partes. (Mayorga, 2019, p.20)

Según (Ruiz, 2009, p.49), el desarrollo de modelos matemáticos sirve para realizar los análisis a los amortiguadores sin la necesidad de un banco de ensayos dependiendo de las características de cada amortiguador. Para la evaluación del modelo propuesto es necesario someter el amortiguador al ensayo en el cual se obtiene los datos de fuerza, velocidad y desplazamiento al ser sometido a una frecuencia establecida y a una entrada senoidal de amplitud, adicional se necesitó de un software para la recolección de datos que permitan exportar estos en una tabla para su posterior análisis y por último es uso de ciertos elementos que permitan conocer el estado de los amortiguadores como ejemplo la temperatura del amortiguador cuando sea sometido a las pruebas para así evitar su sobrecalentamiento. Considerando que ya se posee los datos obtenidos de la diagramadora se procede al ajuste experimental y a la caracterización de los modelos tomando en cuenta parámetros como: la histéresis, fuerza hidráulica, fuerza estática del gas, fuerza de fricción, fuerza dinámica del gas e inercia. Después de analizar las ecuaciones se puede notar en la gráfica a continuación que los modelados matemáticos pueden presentar datos similares a los entregados por bancos de pruebas, corroborando que los bancos de pruebas se rigen también a un modelo matemático para realizar su análisis.

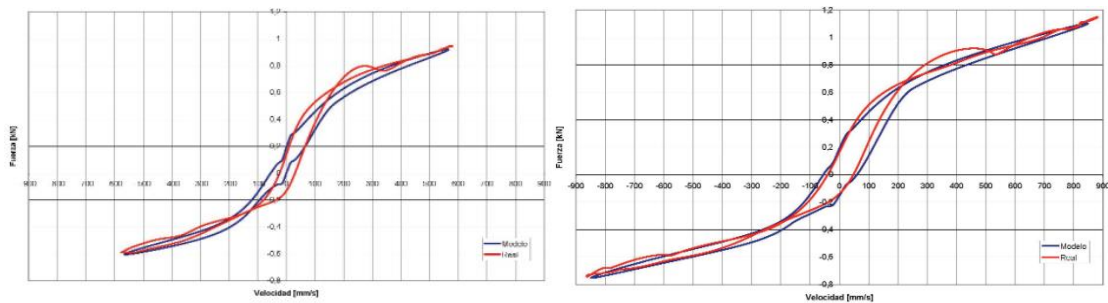


Figura 2-1: Curva comparativa entre el ensayo y el modelado

Fuente: Ruiz Pérez, 2009

Los modelos matemáticos nacen a partir de las leyes de Newton con los cuales se pueden describir las características dinámicas de los amortiguadores. (Gómez, p.6). Además, un modelado matemático debe ser fiable al simular el comportamiento de los amortiguadores, entre los cuales destacan los modelados no lineales que analizan características como fricción, histéresis, inercia, los cuales se realizan en un rango de frecuencia menor a 30 Hz el cual es el dominio automotriz, las características más importantes para un amortiguador de uso automotriz se las puede analizar de las gráficas que se detallaran a continuación. (Lozoya et al, 2015, p.1)

1.5.2.1. Coeficiente de amortiguamiento

Es una constante de proporcionalidad entre la fuerza y velocidad, la caracterización mediante el coeficiente de amortiguamiento se basa en un método lineal en el cual se puede hallar valores distintos para la carrera de extensión y compresión, es el método más sencillo debido a que omite detalles del comportamiento del amortiguador ya que los amortiguadores funcionan dependiendo de la fuerza y la aceleración aplicada en ellos. (Baéz, 2007, p.38)

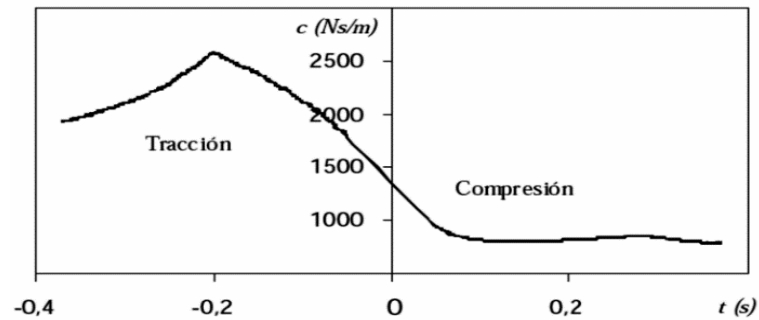


Figura 3-1: Coeficiente de amortiguación

Fuente: Báez, 2007

1.5.2.2. Fuerza - posición

Este método de caracterización resulta de representar de forma gráfica la fuerza de amortiguamiento en relación con la posición del pistón de trabajo del amortiguador, para este método es necesario determinar un nivel cero y establecer una frecuencia de funcionamiento, un método conveniente que permite visualizar la apertura y cierre de válvulas limitadoras. (Baéz, 2007, pp.41-42)

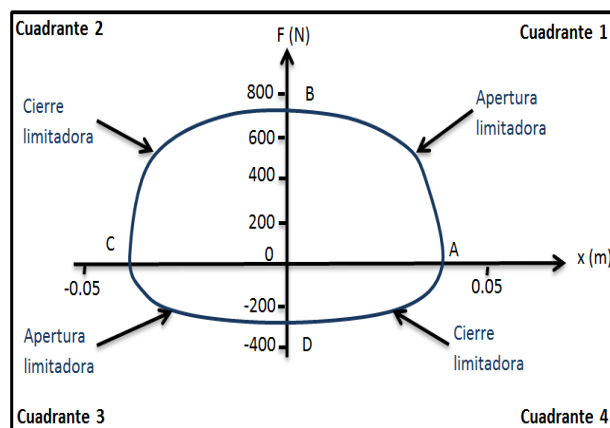


Figura 4-1: Curva de velocidad vs posición

Fuente: Melendez, 2014

1.5.2.3. Fuerza - velocidad

Método de caracterización basado en representar de manera gráfica la fuerza de amortiguamiento con respecto a la velocidad de trabajo de este, es el método más utilizado debido a que permite visualizar la linealidad del amortiguador, los fabricantes buscan que esta fuerza dependa de manera lineal de la velocidad, pero que en amortiguadores reales no se puede alcanzar este comportamiento ideal. (Melendez, 2014, pp.28-29)

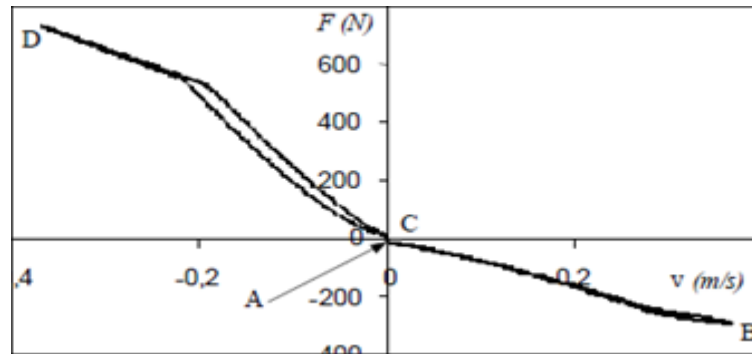


Figura 5-1: Curva de fuerza a una velocidad relativa

Fuente: Baéz, 2017

1.5.3. Rangos de funcionamiento del amortiguador

Los amortiguadores funcionan bajo cierto rango de operación en términos de desplazamiento como de velocidad, es por tal razón que es de suma importancia conocer los límites de funcionamiento de estos para así evitar llegar a fallos ya sea por fatiga o rotura, conocer los rangos de funcionamiento es necesario para no sobrepasar los límites a los que se puede someter a un amortiguador.

1.5.3.1. Velocidad máxima

En la carrera de extensión la velocidad máxima se presenta cuando el neumático pierde contacto con la calzada y se produce la caída libre del vehículo o una parte de él, a diferencia de la velocidad máxima en compresión que teóricamente no tiene un límite debido a que la fuerza de entrada sobre el neumático puede ser tan grande como se desee. (Baéz, 2007, p.34)

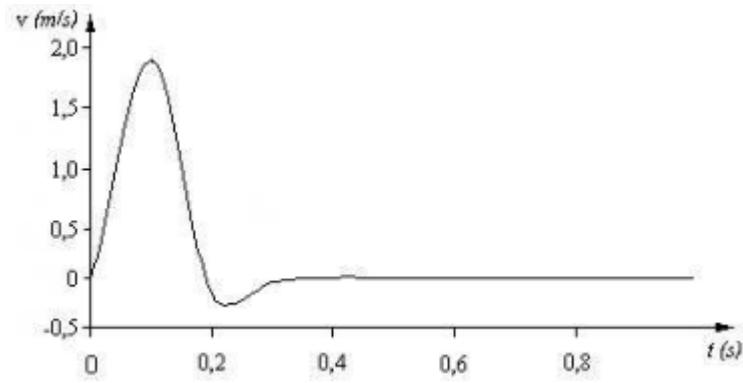


Figura 6-1: Curva de velocidad en función del tiempo

Fuente: Baéz, 2017

1.5.3.2. Desplazamiento Máximo

Se refiere en casos extremos cuando se presentan cambios bruscos en el comportamiento del amortiguador ya sea por altas velocidades o por escalones en la vía donde se desplaza el vehículo, en estos casos el amortiguador puede llegar a funcionar al límite de su carrera de compresión o extensión. (Melendez, 2014, p.21)

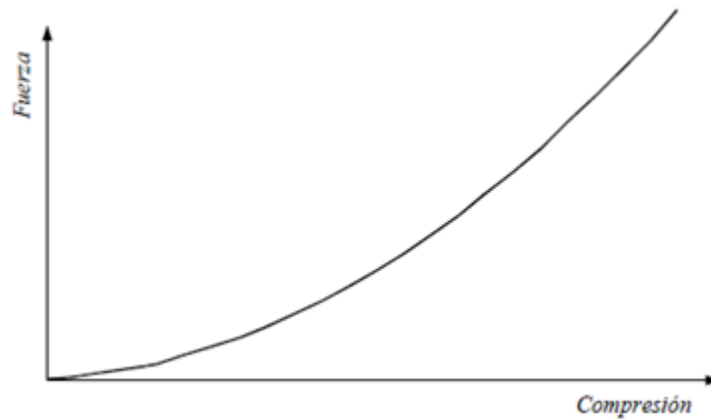


Figura 7-1: Curva de fuerza en función de la compresión

Fuente: Baéz, 2017

1.5.4. Cavitación en el amortiguador

Según (Pomero y Bonneau. 2015, p.1) el fenómeno de cavitación se produce por la formación de burbujas o bolsas de vapor en un líquido sometido a presión y tensiones elevadas, mismo que puede presentarse en el líquido en reposo o en circulación.

De forma mecánica se puede definir a la cavitación como la caída de presión a niveles inferiores a al valor de la tensión del vapor del líquido, ocasionando cavidades en las cuales se alojará el

vapor o gas disuelto a manera de burbujas que al llegar a su punto de condensación incrementa la presión por encima de la presión de trabajo provocando fuertes golpes internamente con lo que los efectos de erosión y corrosión de los materiales se acrecientan (Pérez, 2004, p.2), además manifiesta que el efecto de cavitación puede ocasionar efectos tales como:

- Pérdida de rendimiento mecánico
- Disminución del caudal
- Ruido ocasionado por la implosión de las burbujas o bolsas de vapor
- Deterioro causado por los golpes de las burbujas en las superficies metálicas

Según (Izquierdo y Reyes, 2007, p.5), hay varios factores que pueden verse involucrados en el fenómeno de cavitación, los cuales están relacionados con el diseño del mecanismo o el fluido empleado, factores tales como:

- Elevadas temperaturas
- Densidad del fluido
- Composición química del fluido
- Acabado superficial y respuesta a la velocidad de erosión

La cavitación es posible evitarla o reducirla en el proceso del diseño de los mecanismos, sin embargo una vez los mecanismos sean instalados es muy difícil solucionar los efectos de la cavitación, por eso es recomendable prestar atención en los diseños para evitar problemas a futuro y poder brindar mejores resultados en los productos (AGUASRESIDUALES, 2016), es indispensable considerar los efectos de cavitación en los amortiguadores empleados para el presente proyecto de investigación, de esta manera también se puede proceder a dar conclusiones acerca del diseño y construcción de los objetos de estudio.

1.5.5. Seguridad en el automóvil

Los amortiguadores buscan mejorar el confort al conducir y el nivel de seguridad en los sistemas de suspensión del vehículo mediante varios tipos de amortiguadores ya sean estos pasivos, semiactivos o activos, la capacidad para adaptar la fuerza de amortiguamiento a las diferentes condiciones de terreno en menor tiempo es una de sus principales características de funcionamiento. (Ferdek y Luczko, 2020, p.1)

Los amortiguadores magneto-reológicos y electromagnéticos cuentan con esta capacidad de adaptación en menor tiempo, los amortiguadores magneto-reológico contienen en su interior un fluido magneto-reológico y bobinas electromagnéticas, también poseen distintos sensores que detectan el desplazamiento de la suspensión, la aceleración longitudinal y transversal. Si se aplica

corriente a las bobinas, las partículas internas se orientan en disposición similar y eso convierte al líquido en una sustancia más viscosa y con un aspecto fibroso; Esto permite ajustar la dureza del amortiguador constantemente dependiendo de la calzada o el gusto del conductor.

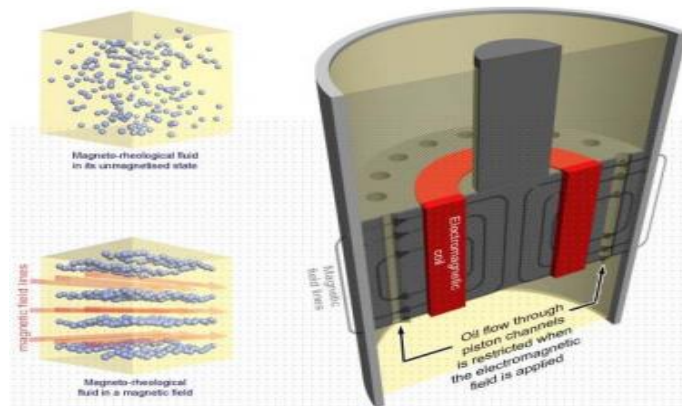


Figura 8-1: Estructura del amortiguador magneto reológico

Fuente: Coronel, B. 2010

Por otra parte, los amortiguadores aplicados en un sistema de suspensión pasiva son en su mayoría de tipo hidráulico, objeto de nuestro estudio, los cuales poseen características de alta fiabilidad y menores costos de operación, sin embargo, las características de la fuerza de amortiguación de los amortiguadores pasivos convencionales dependen en cierta medida de la excitación y son sensibles a los cambios en la temperatura de funcionamiento del aceite. (Ferdek y Luczko, 2020, p.1)

Los amortiguadores hidráulicos generalmente poseen características que son generalmente asimétricos y no lineales. (Ferdek y Luczko, 2012, p.1). Se puede evidenciar en la gráfica siguiente como el amortiguador magneto reológico presenta un comportamiento más estable que el amortiguador convencional en términos de desplazamiento. (Coronel y Benavente, 2010)

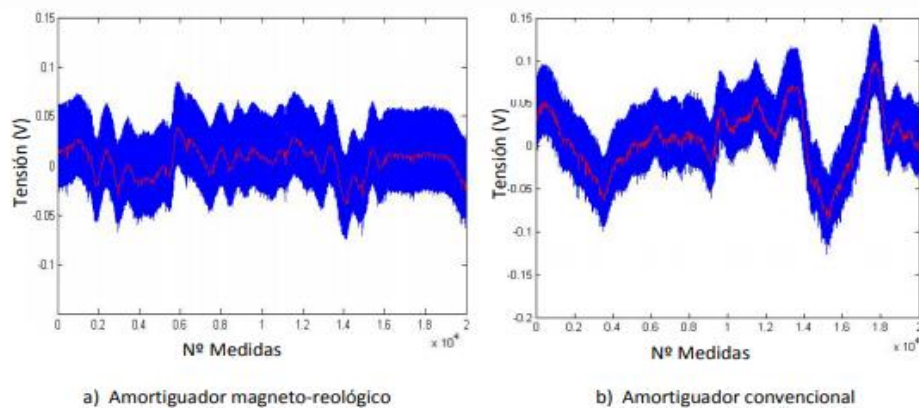


Figura 9-1: Comparativa del desplazamiento de amortiguadores

Fuente: Coronel, B. 2010

Debido a las irregularidades en la superficie de la carretera, un coche en movimiento está sometido a desplazamientos verticales, longitudinales y transversales, los cuales reducen la comodidad de los pasajeros. Además, el desapego periódico de los neumáticos del vehículo de la superficie de la carretera disminuye la eficacia del sistema de transmisión y frenado ocasionando una reducción en la maniobrabilidad del coche, así como la seguridad del viaje (Ferdek y Luczko, 2012, p.1).

Para lo cual se busca mejorar las propiedades de amortiguación, modificando su construcción y así lograr que el nivel de seguridad en los vehículos sea mayor, por ello es necesario realizar estudios acerca del comportamiento de los amortiguadores.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla el planteamiento metodológico para la investigación, también el método de ensayo para la caracterización y obtención de graficas de comportamiento de los amortiguadores, además de las variables de estudio en la investigación, finalmente las características del banco de ensayos y los pasos a realizar para la obtención de las gráficas.

2.1. Planteamiento metodológico

Para la investigación se propone el siguiente planteamiento metodológico que se detalla en la figura 1-2, en la misma se indica la selección del objeto de estudio que son los amortiguadores, de estos se obtienen datos experimentales que permiten visualizarse mediante gráficas características gracias al uso de la máquina de ensayo trabajando bajo ciertos parámetros preestablecidos. Después se clasifica las gráficas dependiendo del tipo de ensayo realizado y se procede a ejecutar el análisis y comparación de datos para establecer diferencias de comportamiento de cada objeto de estudio. Finalmente se compara los datos obtenidos con la norma JASO/JSAE C611 para validar si el amortiguador cumple con estos requerimientos de la norma y se emite criterios dependiendo del comportamiento de cada amortiguador.

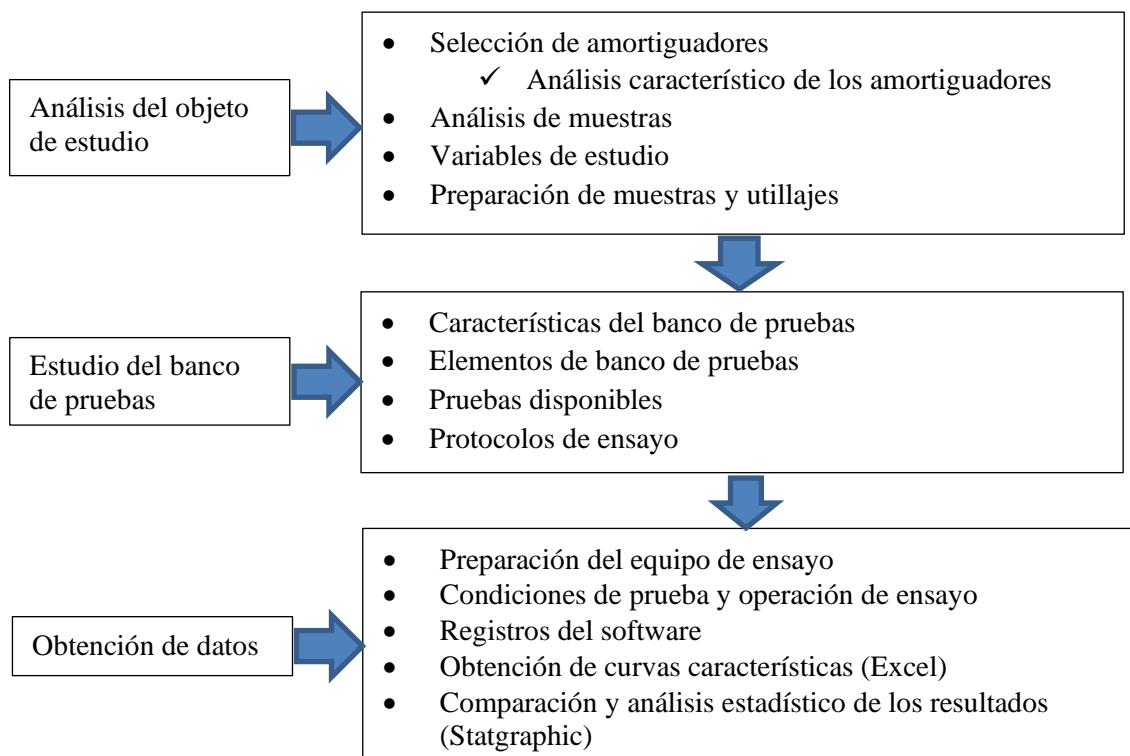


Figura 1-2: Diagrama del método empleado para los ensayos de caracterización

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

2.2. Objeto de estudio

2.2.1 Amortiguador

Los amortiguadores escogidos para la presente investigación pertenecen a la suspensión tipo MacPherson del Chevrolet Spark GT modelo 2018, para garantizar el correcto desempeño de cada uno, han sido seleccionados amortiguadores nuevos de fábrica, estos se pueden conseguir fácilmente en los locales de partes automotrices ya que su demanda es bastante alta debido a que: según datos de AEADE la marca Chevrolet lidera las ventas a nivel nacional por la presencia de la ensambladora GM.

Según David Molina, presidente de CINAE “en el país existen tres ensambladoras automotrices, entre ellas se encuentran: General Motors que se encarga de la producción de la marca Chevrolet, Ciauto ensambla la furgoneta Shineray, Great Gall y el Haval M4; y Aimesa que ensambla la marca Kia”. Además, menciona que durante 2017 y 2018 se produjeron alrededor de 43 239 y 39 991 unidades respectivamente, sin embargo, para el 2019 la producción se redujo a 23 704 unidades y para el año en curso y por efecto de la crisis de coronavirus se estima una producción de 12 000 unidades.

Por las citaciones anteriores de acuerdo con los datos existentes se conoce que la demanda de automotores es bastante amplia con ello también existe una gran demanda de autopartes, considerando que los amortiguadores en gran porcentaje son importados a pesar de que estos elementos ya se fabrican en el ámbito nacional surge la necesidad de aportar con este estudio para definir mediante evaluaciones técnicas las características de estos elementos a fin de conocer el producto nacional e importado partiendo de ensayos y comparando los resultados obtenidos en la investigación.

2.2.1.1 Amortiguador General Motors

Elaborados por General Motors el cual provee repuestos originales para sus vehículos entre los cuales destaca la marca Chevrolet, la cual se ha consolidado como líder en el sector automotor ecuatoriano desde hace varios años atrás, debido a la confianza, la fidelidad de sus clientes y gracias a las altas prestaciones de sus productos (Media GM).

2.2.1.2. Amortiguador G-Control

Los amortiguadores G Control elaborados por la empresa Amortipartes desde el 2014 para vehículos como Chevrolet Sail y Aveo, los cuales son distribuidos a General Motors en Ecuador (Líderes, 2020).

Elaborados con partes importadas de EE. UU., China, Colombia y de fabricación local con especificaciones técnicas dependiendo del tipo de vehículo y desarrollados para nuestra geografía local con altos estándares de calidad que benefician la vida útil de los elementos del sistema de suspensión y del vehículo en general (Autopartes IMFRISA)

2.2.1.3. Amortiguador Record

Los amortiguadores Record se presentan como líder en el mercado de repuestos, de origen francés es una marca que ofrece gran variedad de productos los cuales son elaborados tanto por partes de origen chino y francés, dichos productos destacan por sus precios que son muy competitivos en comparación con otras marcas además de contar con un reconocimiento por su calidad de fabricación “Certificado de calidad ISO 9002”

Los amortiguadores Record son adecuados para su uso en nuestra geografía, debida a su estructura reforzada y un funcionamiento hidráulico que proporciona confort y seguridad a diferentes condiciones (Rodamet, 2020).

Tabla 1-2: Características de los amortiguadores

Probeta	Origen	Tipo	Ø de la varilla [mm]	L(max) [mm]	L(min) [mm]	Carrera [mm]	Modelo (serie)
[EAI 01]	Record (Francia-Japón)	Bitubo	20	522	361	161	03-005-08-0237
[EAN 02]	G-control (Ecuador)	Bitubo	20	525	391	134	203049
[EAO 03]	General Motors (Colombia)	Bitubo	20	524	391	133	95370057

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

2.2.2. Variables de estudio

2.2.2.1. Análisis de variables

Para obtener los datos y las gráficas correspondientes al comportamiento de los amortiguadores se aplicaron las pruebas que se establecen en la norma JASO/JSAE C611, esta propone realizar ensayos a velocidad constante y variable, cambiando la frecuencia en cada ensayo y con la ayuda del software se registra la fuerza que genera el amortiguador dependiendo del desplazamiento, mediante los datos obtenidos se genera la gráfica de fuerza desplazamiento.

Según los autores (Rocha J. Llanes E. Celi S. Peralta D., 2019) para que la investigación cumpla con los objetivos planteados es indispensable establecer las variables de estudio, estas se las puede clasificar en factores, niveles y designación. Dependiendo de cada prueba o ensayo y considerando la tabla propuesta a continuación se obtienen datos confiables para su posterior análisis y comparación entre los distintos niveles propuestos.

Tabla 2-2: Designación de factores y niveles para el proyecto

Factor	Niveles	Designación
Amortiguador	Amortiguador Record	180461249520181004-EAA 01 [EAI 01]
	Amortiguador G-Control	180461249520181004-EAA 02 [EAN 02]
	Amortiguador General Motors	180461249520181004-EAA 03 [EAO 03]

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

2.2.2.2. Variables dependientes

Se considera a los elementos que serán sometidos a las pruebas de ensayo, en este caso son ensayos no destructivos desarrollados en el CFPMCT, dentro de estas variables se encuentran:

- Amortiguador alternativo importado
- Amortiguador alternativo nacional
- Amortiguador original

2.2.2.3. Variables Independientes

Dentro de las variables independientes se considera a los datos de entrada que son necesarios para realizar las diferentes pruebas y ensayos, estos datos se ingresan mediante el software Soft-Engine Shock 3.0 y entre estos tenemos:

- Fuerza de amortiguamiento (Definida por la norma)

- Velocidad (Definida por la norma)
- Desplazamiento (Definido por la norma, 50mm)
- Temperatura (Ordinaria 20 ± 3 °C)

2.2.3. Preparación de muestras

Para realizar las pruebas es indispensable seguir los parámetros y procedimientos indicados en la norma JASO/JSAE C611, a continuación, se muestra de forma esquemática la manera de tomar las medidas, considerando la probeta como un cuerpo puntual. La carrera del amortiguador está dada por la diferencia entre $L(\max)$ y $L(\min)$.

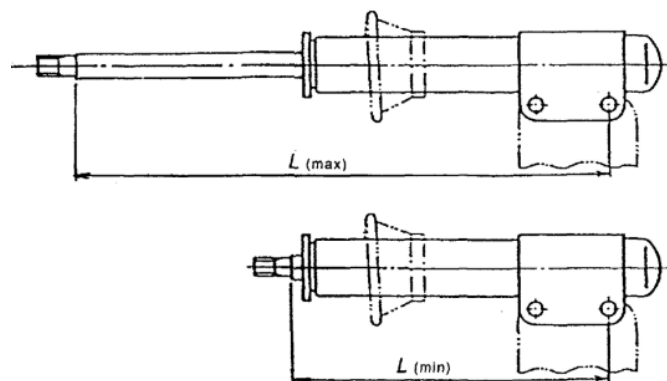


Figura 2-2: Longitud del amortiguador $L(\max)$ y $L(\min)$

Fuente: Suspension Struts for Automobiles, 1993

2.2.4. Preparación de utillajes

Para llevar a cabo las pruebas se requiere acoplar las probetas a los mecanismos del banco de ensayos los cuales requieren de utillajes para cumplir con esta función, por ello es necesario elaborar el utillaje inferior debido a que los existentes en el CFPMCT no se acoplan con las probetas de estudio, a continuación, se detallan los elementos empleados para la elaboración del utillaje.

Tabla 3-2: Materiales empleados para la elaboración del utillaje

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES (mm)
Eje de transmisión	1018	90x32
Tubo rectangular	Acero laminado caliente	60x30x2
Tubo rectangular	Acero laminado caliente	80x40x3
Platina	Acero laminado caliente	80x80x2

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

Para la elaboración del utillaje se toma las medidas y se realiza un esquema para tener una guía clara de la elaboración ya que se requiere precisión al momento de su construcción, de no ser el caso se puede generar errores al momento que el banco de pruebas emita los datos de los ensayos realizados.

En la Figura 3-2 se encuentra el esquema para la elaboración de los utillajes, partiendo del esquema se realiza una perforación de 18 mm que sirve para unir el utillaje al banco de pruebas, una distancia de 50 mm es necesaria tenerla en cuenta ya que esta permite que el utillaje se acople correctamente en el banco de pruebas para que la probeta se mantenga fija durante los ensayos.

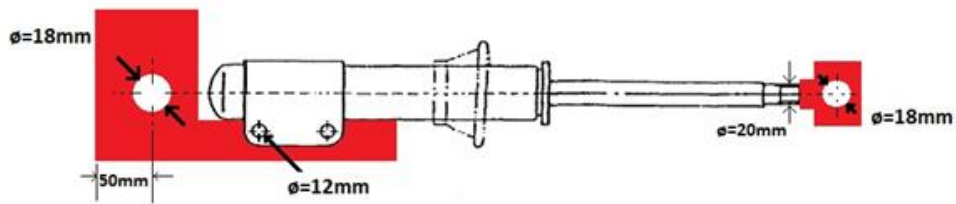


Figura 3-2: Esquema del utillaje

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2021.

Adicional es necesario mencionar que en las perforaciones de $\varnothing=18$ mm se realizó un roscado con paso de rosca de 1.5 mm para poder sujetarlos al banco de pruebas mediante unos pernos tal como se muestra a continuación.

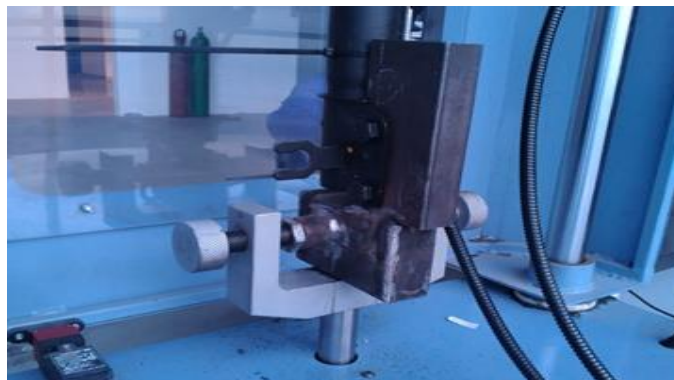


Figura 4-2: Utillaje acoplado al banco de pruebas

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

2.3. Banco de ensayo

El equipo DYNASHOCK 11 es el banco de pruebas a utilizar, fabricado por la empresa Soft-Engine, esta empresa se dedica a producir dinamómetros de amortiguadores, junto con los estudios Soft-Engine R&D fue creado el software informático que permite un análisis profundo en cuanto se refiere a suspensión, mediante este se puede probar cualquier tipo de amortiguador sin importar su tipo o componentes, sin embargo en algunos casos es necesario crear utillajes para que se acoplen correctamente al banco. El dinamómetro se encarga de medir la tracción y fuerza de compresión y expansión del amortiguador, posee un mecanismo de tipo “yugo escocés” que produce las oscilaciones para el amortiguador y este es accionado por un motor eléctrico (SOFT-ENGINE, 2019).



Figura 5-2: Banco de pruebas Dynoshock 11

Fuente: SOFT-ENGINE, 2020.

2.3.1. Características del banco de ensayo

El equipo denominado DYNASHOCK 11 se encuentra en el Centro de Fomento productivo Metal Mecánico Carrocero y su uso es indispensable para el presente proyecto, las principales características se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4-2: Características banco de pruebas Dynoshock 11

Especificaciones	Descripción
Mecánica	Mecanismo de “yugo escoces”
Ajuste de carrera	Max. 150 mm Precisión de variación 1mm
Velocidad sin carga	Max. 2000 mm/s
Velocidad con carga	Max. 1500 mm/s
Motor eléctrico	11 KW trifásico

Electrónica	Unidad electrónica de almacenamiento de datos de alta precisión; Inversor
Dispositivos	Celda de carga de 2500 Kg, (hasta 5000 Kg opcional) Transductor de desplazamiento lineal (frecuencia. 1 KHz); Par termoeléctrico
Software	Shock 3.1
Seguridad	Hojas de protección de todas las partes móviles. Dispositivo de interrupción de seguridad del suministro de energía eléctrica Pulsador de emergencia

Realizado por: Chuncho H. Sinche J., 2020.

2.3.2. Elementos del banco de ensayo

El banco de pruebas utilizado para el análisis de caracterización de los amortiguadores se encuentra constituido por una bancada, motor, un mecanismo Scotch-Yoke, utillajes necesarios para el acople de los amortiguadores y sensores que son indispensables para la toma de datos.

- **Bancada:** Es la parte estructural en el cual van acoplados las siguientes unidades del banco de ensayos los mismos que se detallan a continuación:
- **Unidad de potencia:** Compuesta por el motor eléctrico trifásico de 11 kW mismo que funciona con un voltaje de 220 voltios y una frecuencia de 50/60 Hz.
- **Unidad de sujeción:** Para la realización de las pruebas los amortiguadores necesitan ser acoplados al banco de ensayos mediante elementos mecánicos y utillajes que se fijan al extremo inferior Scotch-Yoke y al extremo superior a un mecanismo que ajusta y fija la probeta.
- **Unidad de sensores:** Compuesta por un sensor encargado de receptar los datos de fuerza, el mismo que requiere de una celda de carga, un dispositivo encargado de receptar datos del desplazamiento de gran fiabilidad y precisión, el mismo que se encarga de medir la carrera del amortiguador y un sensor de temperatura
- **Unidad de software:** Es la unidad que se encarga de receptar los datos transmitidos desde los sensores, la información proporcionada por los sensores es recibida y almacenada para su posterior procesamiento mediante el Software Shock 3.0
- **Elementos de seguridad:** Para las pruebas en el banco es necesario contar con equipos que garanticen la integridad de los responsables a cargo de llevar a cabo las pruebas sobre el mismo con el fin de evitar accidentes, este sistema está conformado por la carcasa que cubre

todos los elementos móviles en la bancada, la misma que posee un sensor el cual no permite empezar las pruebas si esta no está cerrada y un sistema de paro de emergencia.

2.3.3. *Pruebas disponibles en el banco de ensayo*

- **A velocidad constante:** El ensayo se realiza bajo una velocidad constante y programada (velocidad en Hz o en m/s), permite solamente la adquisición de datos (Engine-Soft, 2015).
- **A velocidad variable:** Se prueba el amortiguador alternando la velocidad o frecuencia mediante la programación del software (Engine-Soft, 2015).
- **Warm-Up:** En esta prueba el aceite que posee el amortiguador alcanza la temperatura de trabajo, útil al inicio de cualquier ensayo (Engine-Soft, 2015).
- **Gas Test:** Mediante esta prueba se valora la influencia que posee el gas dentro del amortiguador a velocidad reducida, dependiendo de la inercia del gas se produce la captación de fuerza. Estos datos aparecen mediante los gráficos y tableros y están en función de la manivela del motor eléctrico (EngineSoft, 2015).
- **Seal Drag Test:** Se denomina semi-estática, sirve para evaluar el roce en el cuerpo del amortiguador, se valora la influencia que posee el roce en la primera separación del pistón del amortiguador (Engine-Soft, 2015).
- **Prueba a fuerza limitada:** En esta prueba se establece un valor de fuerza límite a una cierta velocidad, se ejecuta con el fin de evitar roturas indeseadas del amortiguador en los ensayos. Si durante las pruebas el amortiguador desarrolla una fuerza mayor a la que se establece el software para o interrumpe la prueba que se esté desarrollando (Engine-Soft, 2015).

2.3.4. *Protocolo de ensayo*

Los ensayos de amortiguadores se desarrollan en dos fases bajo la norma JASO C611

- En la primera y segunda fase cada probeta es sometida a cinco pruebas constantes con diferentes velocidades cada una, las velocidades establecidas en la norma JASO C611, estas son de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s respectivamente.
- La tercera fase es a velocidad variable, se ejecuta gracias al software que somete al amortiguador a todas las velocidades de la primera y segunda fase de forma consecutiva en una sola prueba.

Posterior a estas fases se evalúa su diferencia. (Caisaguano, 2019, p.55), dentro de la norma se encuentran los siguientes rangos dependiendo del diámetro la varilla. Los datos obtenidos a una

velocidad de 300 mm/s deben encontrarse dentro de estos rangos para validar el correcto funcionamiento del amortiguador.

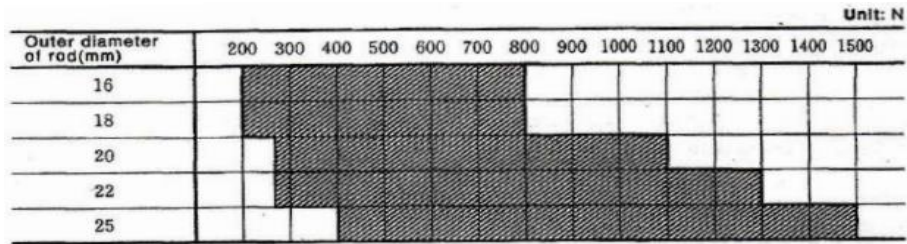


Figura 6-2: Rango de fuerzas en extensión a 300mm/s

Fuente: Suspension Struts for Automobiles, 1993

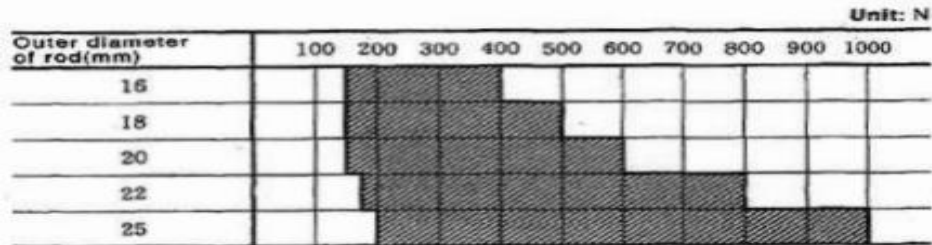


Figura 7-2: Rango de fuerzas en compresión a 300mm/s

Fuente: Suspension Struts for Automobiles, 1993

2.4. Obtención de datos

La norma JASO/JSAE C611 muestra de forma general la manera en que se debe realizar el ensayo para medir la fuerza de amortiguación a una velocidad predeterminada por dicha norma, donde F es la fuerza obtenida durante los ensayos en función del desplazamiento del amortiguador.

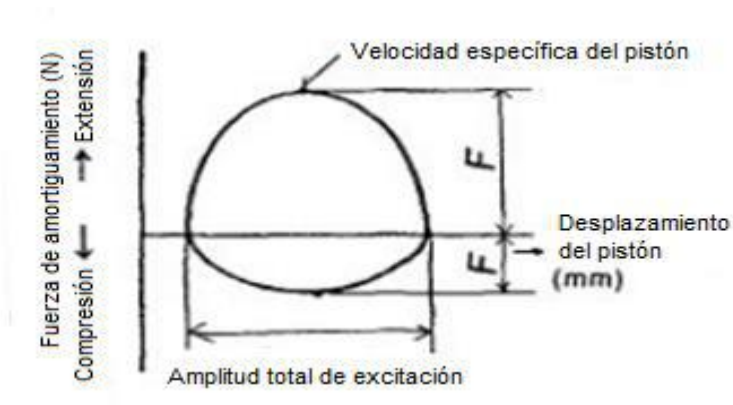


Figura 8-2: Diagrama fuerza de amortiguamiento

Fuente: Caisaguano, 2019.

2.4.1. Preparación del equipo de ensayo

El banco de pruebas debe estar construido de forma que se pueda medir y registrar la fuerza de amortiguación en función de la excitación producida entre los extremos del amortiguador

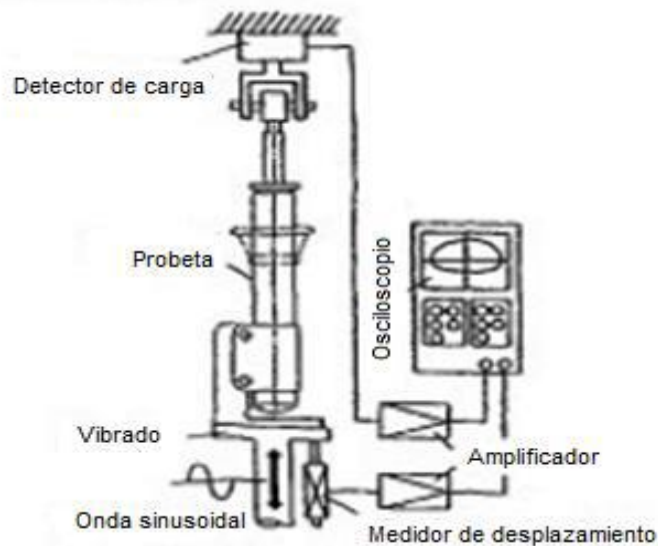


Figura 9-2: Banco de pruebas Dynoshock 11

Fuente: Mayorga, 2019.

2.4.2. Condiciones de las pruebas

Para llevar a cabo los ensayos se requiere las siguientes condiciones iniciales:

- Temperatura ordinaria en la sala de pruebas.
- Temperatura inicial del elemento de ensayo (20 ± 3 °C), la cual es medida en la carcasa exterior que está expuesta al aceite hidráulico, al inicio de las pruebas la carcasa debe tener una temperatura que esté dentro del rango señalado, en el caso que la temperatura sea mayor a la indicada se debe esperar a que esta temperatura disminuya para poder realizar el ensayo.
- Amplitud de desplazamiento (valor determinado entre las partes remitentes y receptoras).
- Velocidad de excitación (0,05 a 1,0) m/s (Suspension Struts for Automobiles, 1993, p.5).
- Posición de excitación (aproximadamente al centro de la carrera del amortiguador).
- Dirección de excitación (vertical).

2.4.3. Operación de ensayo

Para llevar a cabo los ensayos la norma JASO/JSAE C611 recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Preparación de conexiones del equipo y el banco de pruebas.
2. Montaje de los amortiguadores en el banco de pruebas (primero acoplar la parte superior luego la parte inferior).
3. Determinación punto inicial de la prueba (punto cero).

4. Fijación del recorrido del banco de pruebas.
5. Inicio del software para la obtención de datos.
6. Selección de la prueba.
7. Inicio de la prueba piloto (Previo al inicio de la prueba real el software realiza esta prueba piloto para verificar el correcto funcionamiento del banco de pruebas y de la probeta a fin de evitar accidentes y datos erróneos).
8. Inicio de la prueba real.
9. Visualización de los datos mediante el software.

Las pruebas que se realizan a las probetas durante el ensayo se detallan en la siguiente tabla, la primera y segunda fase poseen las mismas pruebas sin embargo se realizan con la finalidad de validar y comparar datos para descartar errores durante el desarrollo del ensayo.

Tabla 5-2: Fases de ensayo

Probeta	Primera Fase	Segunda Fase	Tercera Fase
Amortiguador Importado [EAI 01]	Cinco pruebas a velocidad fija: - 50 mm/s	Cinco pruebas a velocidad fija: - 50 mm/s	Una prueba a velocidad variable, se ejecutan todas las velocidades de la primera y segunda fase de manera consecutiva en una sola prueba.
Amortiguador Nacional [EAN 02]	- 100 mm/s - 300 mm/s - 600 mm/s	- 100 mm/s - 300 mm/s - 600 mm/s	
Amortiguador Original [EAO 03]	- 1000 mm/s	- 1000 mm/s	

Realizado por: Chunchu H. Sinche J., 2020.

Durante el ensayo en el banco de pruebas, el software Shock 3.1 registra los siguientes eventos de ser el caso:

- Presencia de fugas de aceite.
- Características de la fuerza de amortiguamiento antes y después del ensayo.
- Existencia de alguna anomalía generada durante las pruebas.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados

Para los ensayos en los amortiguadores se requiere medir parámetros de temperatura del laboratorio, humedad, temperatura externa de la probeta, asignar el valor de la carrera para los ensayos según la norma Jaso C611, las pruebas se realizaron en tres etapas, la primera y segunda asignando velocidades fijas (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s y la tercera a velocidad variable donde se somete a los amortiguadores a todas las velocidades antes mencionadas de manera consecutiva para comparar los resultados obtenidos y descartar algún fallo del software o en la recolección de datos.

3.1.1. Resultados de EAI 01

Los ensayos corresponden al amortiguador importado marca Record del cual se obtuvieron las gráficas de fuerza-desplazamiento y fuerza-velocidad, en estas gráficas se puede apreciar el comportamiento del amortiguador y las fuerzas de amortiguación que se generan durante el ciclo de compresión y extensión. Se realizaron dos pruebas para comprobar que los valores obtenidos son los correctos y descartar alguna interferencia que pueda causar errores en la entrega de datos por parte de software del banco de pruebas.

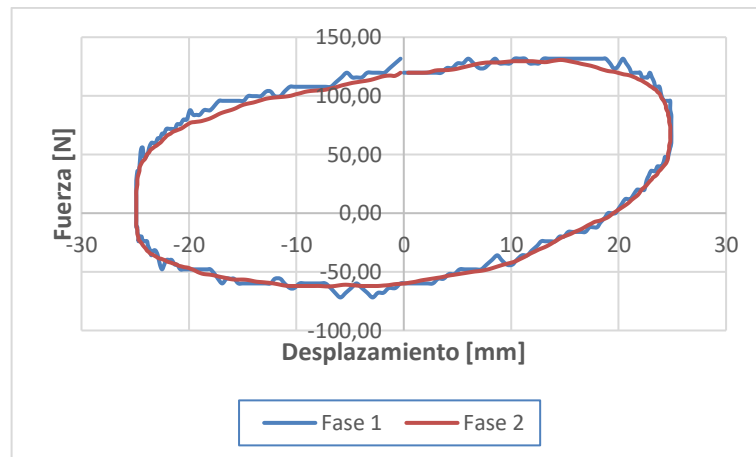
3.1.1.1. Prueba a velocidad constante

El gráfico 1-3 corresponde a la prueba fija de 50 mm/s, luego de realizar las pruebas el software registra los siguientes datos:

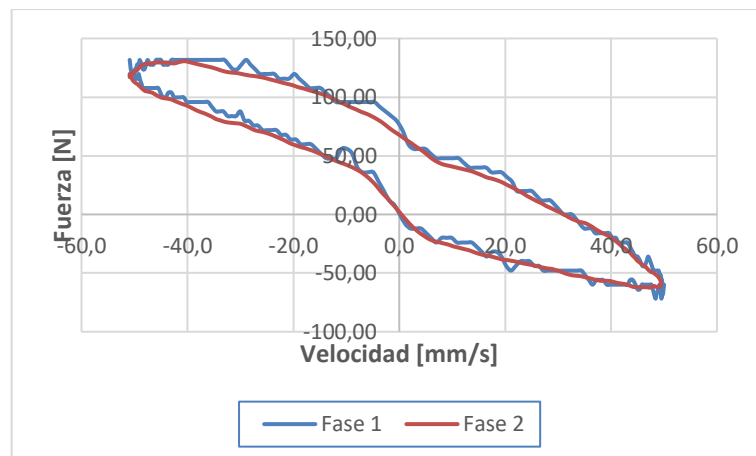
- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 19 °C, excursión de 50.49 mm, fuerza máxima de compresión igual a 131.71 N, fuerza máxima de extensión de 71.84 N y temperatura de trabajo mediana de 19.50 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 18 °C, excursión de 50.38 mm, fuerza máxima de compresión igual a 130.63 N, fuerza máxima de extensión de 62.41 N y temperatura de trabajo mediana de 18.20 °C.

Se observa que existen cambios bastante bruscos en esta velocidad de excitación, la gráfica no mantiene una simetría en área de compresión como expansión y además en el PMI y PMS el

amortiguador debería tener una fuerza igual a cero, sin embargo, esta condición no se aprecia en el ensayo, tomando en cuenta los valores de temperatura se aprecia que no existen una variación considerable.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

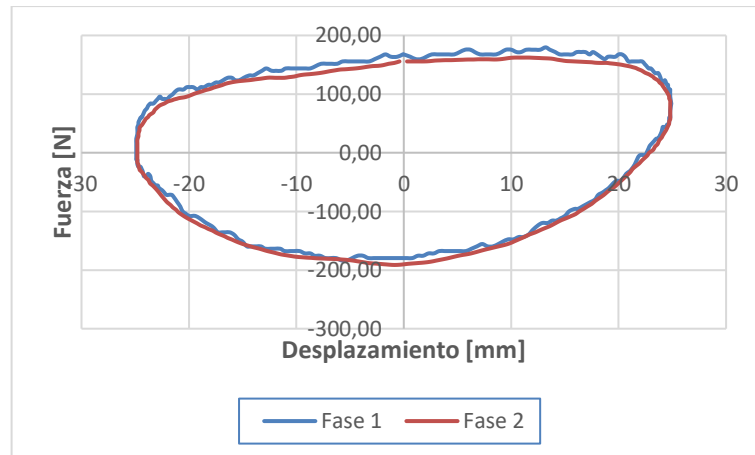
Gráfico 1-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

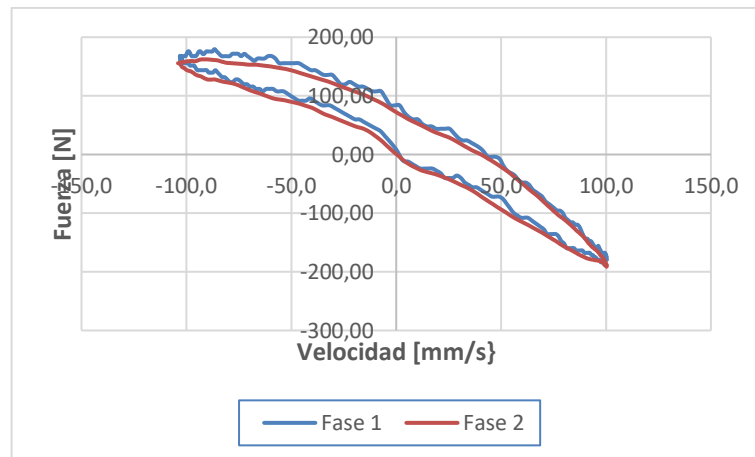
El gráfico 2-3 corresponde a la prueba fija de 100 mm/s, luego de realizar las pruebas el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.57 mm, fuerza máxima de compresión igual a 179.61 N, fuerza máxima de extensión de 183.60 N y durante la prueba la temperatura de trabajo mediana es de 20.60 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 19 °C, excursión de 50.49 mm, fuerza máxima de compresión igual a 171.63 N, fuerza máxima de extensión de 191.58 N y temperatura de trabajo mediana de 18.50 °C.

En esta velocidad de excitación aún existen cambios considerables de fuerzas durante la prueba 1 y la gráfica de la prueba 2 se encuentra más suavizada sin presencia de picos durante el trayecto, además en el PMI la fuerza no tiende a cero mientras que en el PMS sí, las gráficas de las dos pruebas son bastante parecidas por lo que se establece el correcto desarrollo de la prueba y registro de datos.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

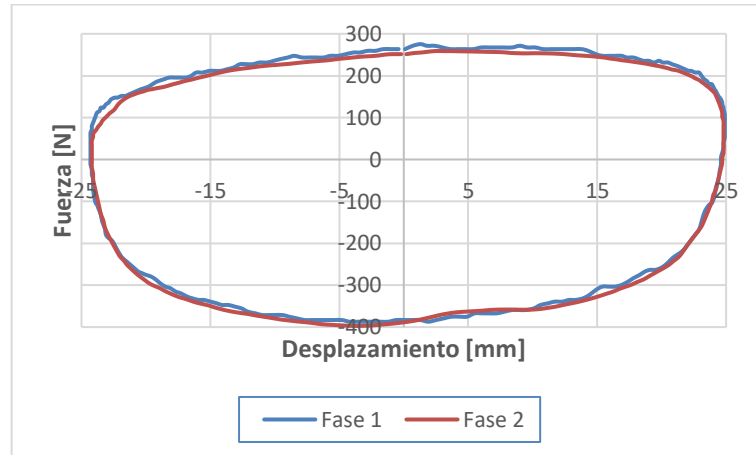
Gráfico 2-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

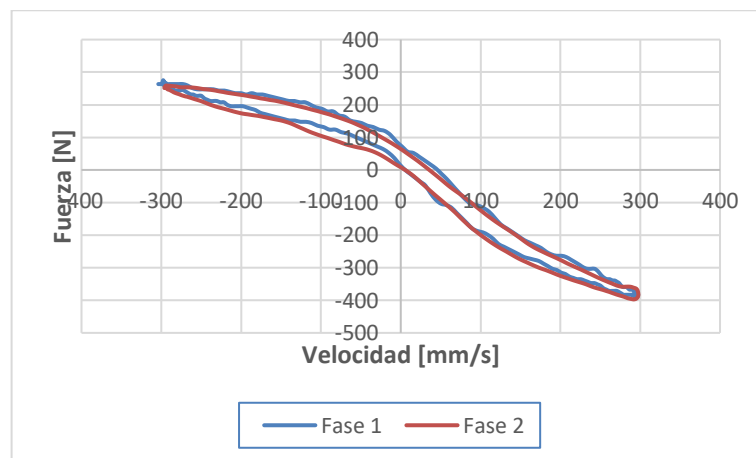
El gráfico 3-3 corresponde a la prueba fija de 300 mm/s, luego de realizar las pruebas el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.61 mm, fuerza máxima de compresión igual a 275.40 N, fuerza máxima de extensión de 387.16 N y temperatura de trabajo mediana de 20.80 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 19 °C, excursión de 50.64 mm, fuerza máxima de compresión igual a 263.43 N, fuerza máxima de extensión de 399.13 N y temperatura de trabajo mediana de 18.90 °C.

Se observa que las curvas son bastante suaves y por ello las gráficas se visualizan sin picos durante el trayecto, ya existe cierta simetría en área de compresión como expansión de las dos gráficas y además en el PMI y PMS las fuerzas de amortiguamiento tiende a cero, finalmente evaluando los valores de temperatura no existe gran variación.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

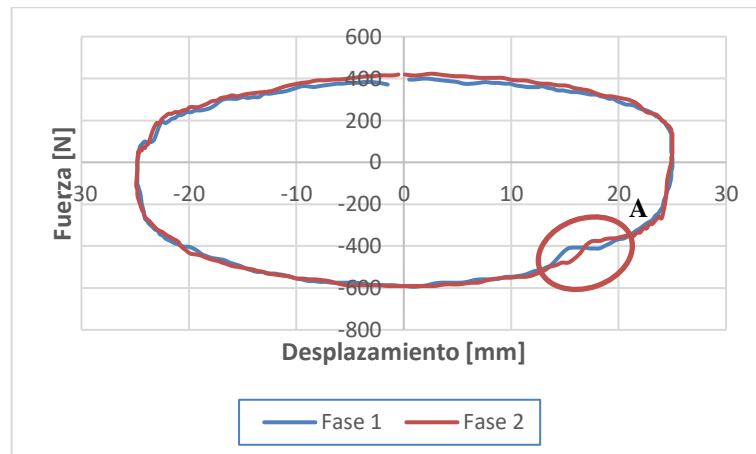
Gráfico 3-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

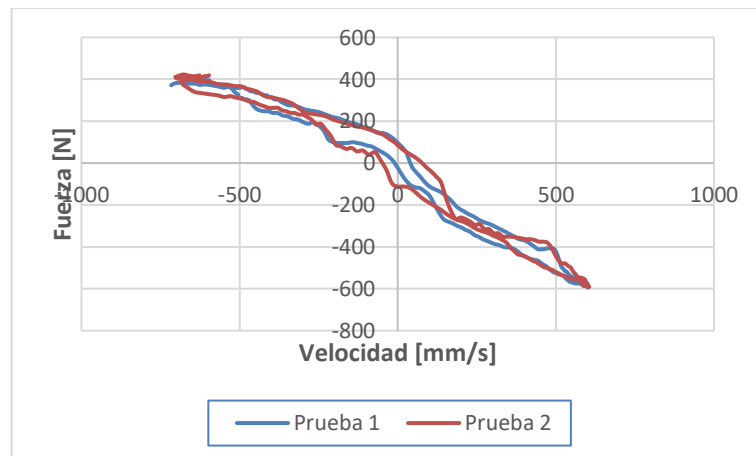
El gráfico 4-3 corresponde a la prueba fija de 600 mm/s, luego de realizar las pruebas el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.57 mm, fuerza máxima de compresión igual a 399.13 N, fuerza máxima de extensión de 594.71N y temperatura de trabajo mediana de 21.10 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 19 °C, excursión de 50.49 mm, fuerza máxima de compresión igual a 423.08 N, fuerza máxima de extensión de 590.71 N y temperatura de trabajo mediana de 19.20 °C.

Durante el ensayo se producen algunos cambios de fuerzas como es el caso del detalle A para las dos gráficas en el cual aparece el efecto de cavitación por presencia de burbujas en el fluido o fallo de válvulas cuando el amortiguador pasa de estar completamente extendido a su punto máximo de compresión o viceversa, la gráfica mantiene una simetría similar a una elipse, en el PMI y PMS se registran fuerzas de amortiguamiento que tiende a cero, analizando el valor de las temperaturas mediana, el amortiguador posee una buena disipación por ello la temperatura durante el ensayo no varía excesivamente.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 4-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

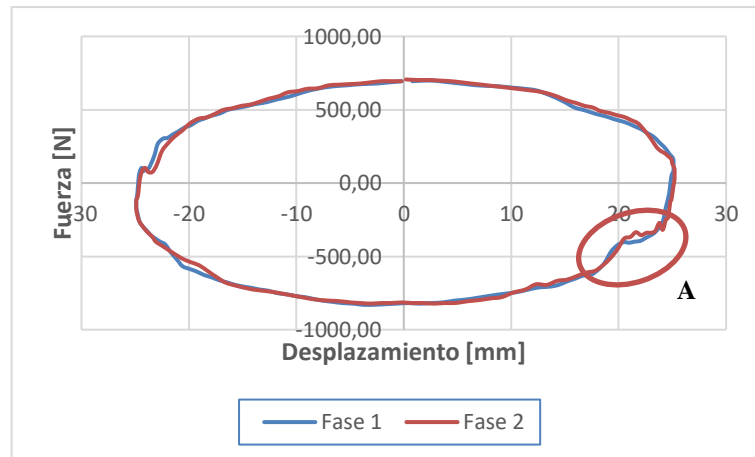
Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

El gráfico 5-3 corresponde a la prueba fija de 1000 mm/s, luego de realizar las pruebas el software registra los siguientes datos:

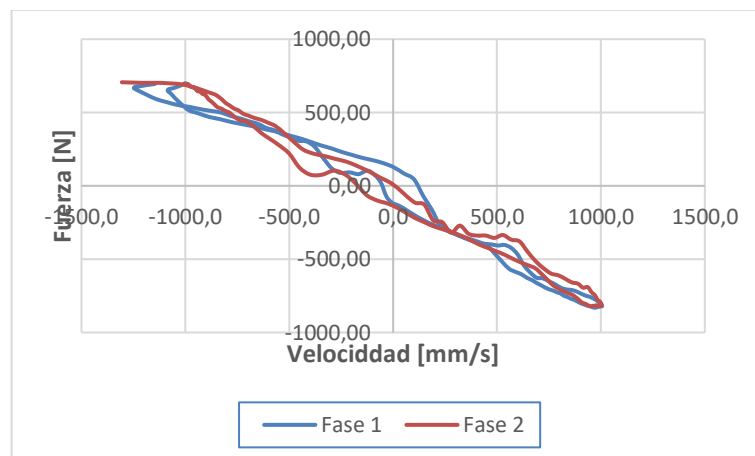
- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.57 mm, fuerza máxima de compresión igual a 698.48 N, fuerza máxima de extensión de 830.19 N y temperatura de trabajo mediana de 21.60 °C.

- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.53 mm, fuerza máxima de compresión igual a 706.46 N, fuerza máxima de extensión de 822.21 N y temperatura de trabajo mediana de 20.10 °C.

En el detalle A se observa el efecto de cavitación en las dos fases cuando el amortiguador se dirige desde el PMS a su estado de compresión máxima o viceversa, las gráficas mantienen una simetría similar a una elipse, en el PMI y PMS la fuerza de amortiguamiento es relativamente cero lo que indica un adecuado funcionamiento de válvulas y al evaluar la temperatura mediana durante el ensayo se establece que la disipación de calor es la correcta ya que esta prueba simula condiciones críticas de trabajo.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 5-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Para la fase 1 de la probeta EAI 01 se registra una temperatura del laboratorio de 20.50°C, humedad relativa del laboratorio de 65.40%, temperatura inicial del amortiguador 20 ± 1 °C la cual se encuentra dentro de las condiciones que manifiesta la norma para que se realicen las pruebas,

posterior se registra un incremento mínimo de temperatura en el amortiguador llegando a un valor máximo de 21.60°C en la prueba a 1000 mm/s, lo cual significa que el amortiguador disipa fácilmente el calor generado debido a su funcionamiento.

Tabla 1-3: Valores obtenidos en la fase 1 de EAI 1

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del amortiguador	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
1.1	50	0.32	19.00	50.49	131.71	71.84	50.74	49.98	19.50
1.2	100	0.64	20.00	50.57	179.61	183.60	103.09	100.41	20.60
1.3	300	1.91	21.00	50.61	275.40	387.16	299.25	297.55	20.80
1.4	600	3.82	21.00	50.57	399.13	594.71	595.54	601.24	21.10
1.5	1000	6.37	21.00	50.57	698.48	830.19	994.45	1005.47	21.60

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

Para la fase 2 de la probeta EAI 01 se registra una temperatura del laboratorio de 19.90°C, humedad relativa del laboratorio de 67.70%, temperatura inicial del amortiguador $19 \pm 1^\circ\text{C}$ y una temperatura máxima alcanzada durante las pruebas de 20.10°C, estos parámetros indican que las pruebas presentan datos correctos puesto que los valores presentados en las dos tablas de las pruebas a velocidad fija tienen similitud.

Tabla 2-3: Valores obtenidos en la fase 2 de EAI 1

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión	Velocidad máxima de Extensión	Temperatura Mediana [°C]
2.1	50	0.32	18.00	50.38	131.71	67.85	50.57	49.53	18.20
2.2	100	0.64	19.00	50.49	171.63	191.58	103.15	100.59	18.50
2.3	300	1.91	19.00	50.64	263.43	399.13	294.83	298.68	18.90
2.4	600	3.82	19.00	50.49	423.08	590.71	596.84	604.43	19.20
2.5	1000	6.37	20.00	50.53	706.46	822.21	1003.28	1002.60	20.10

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.1.1.2. Prueba a velocidad variable

Para ejecutar la fase 3 del ensayo se programa el software a velocidades de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s para que se ejecuten de forma consecutiva y obtener la gráfica de fuerza-desplazamiento y fuerza velocidad. Tomando en cuenta el orden de las velocidades, en esta fase se registran los siguientes valores de amortiguamiento para compresión: 143.69N, 167.63N,

263.43N, 423.08N, 694.49N, y para extensión los valores registrados son: 75.84N, 191.58N, 383.17N, 566.77N, 810.24N.

Los datos obtenidos durante la fase 3 son bastantes similares a los obtenidos durante la fase 1 y 2 lo cual indica que el desarrollo de los diferentes ensayos ha sido el correcto, las gráficas se muestran de forma aparentemente regular y conforme se aumenta la velocidad en el banco de ensayos, las fuerzas de amortiguamiento crecen de forma continua por lo cual se establece que el amortiguador trabaja correctamente y posee un óptimo desempeño al momento de simular condiciones de trabajo reales y críticas.

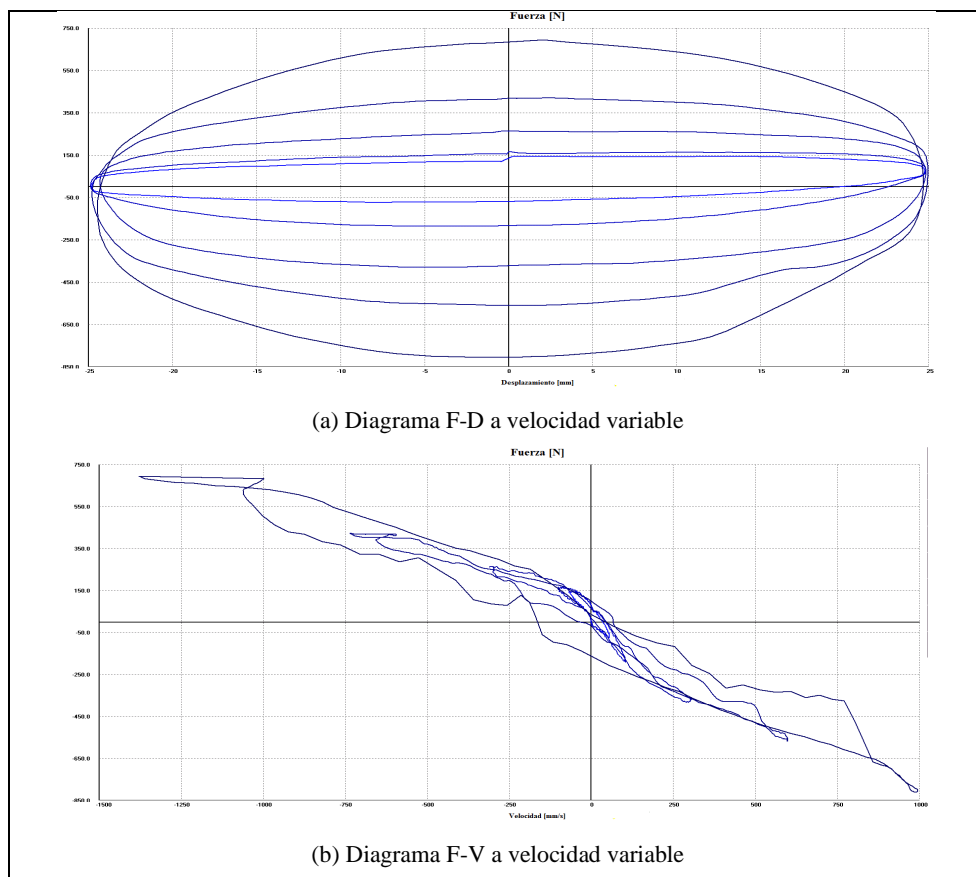


Gráfico 6-3: Curvas F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

Para la fase 3 de la probeta 1 se registra una temperatura del laboratorio de 23.20° C humedad de 52.10 % de humedad relativa del laboratorio y demás valores los cuales están detallados en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Valores obtenidos en la fase 3 de EAI 1

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
2.1	50	0.32	22.00	50.49	143.69	75.84	56.74	55.84	22.30
2.2	100	0.64		50.49	167.63	191.58	99.58	105.34	22.30
2.3	300	1.91		50.49	263.43	383.17	297.25	304.76	22.30
2.4	600	3.82		50.49	423.08	566.77	594.79	599.46	22.40
2.5	1000	6.37		50.49	694.49	810.24	998.88	996.05	24.10

Realizado por: Chunchu H., Sinche J. 2021

La temperatura al final de cada intervalo de la prueba es un factor bastante importante ya que nos indica lo que sucedería con el amortiguador al ser sometido a condiciones de trabajo bastante críticas. El desempeño del amortiguador al referirse a factores de temperatura es bastante favorable ya que no presenta cambios bruscos de temperatura, al contrario, se mantiene en una temperatura de trabajo ideal a pesar de simular una prueba extrema.

3.1.2. Resultados de EAN 02

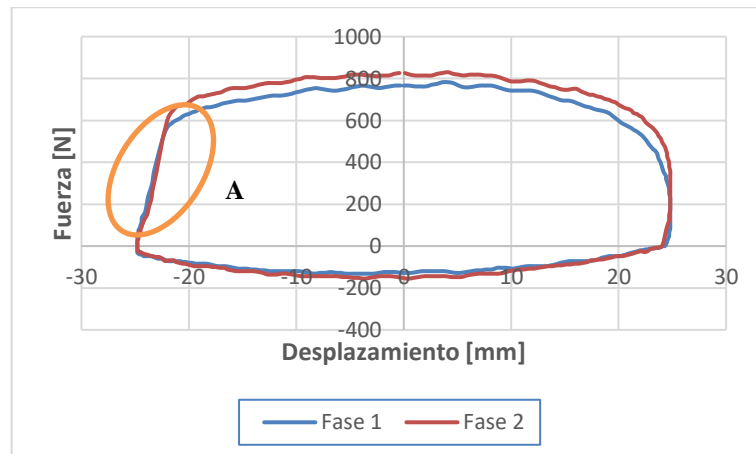
Corresponde a los ensayos realizados sobre el amortiguador G-Control, del cual se obtuvieron las gráficas de fuerza-desplazamiento y fuerza-velocidad, gráficas con las cuales se puede apreciar el comportamiento del amortiguador y las fuerzas de amortiguación que se generan durante el ciclo de compresión y extensión de este. Para corroborar los datos se procede a realizar dos pruebas a velocidad fija e identificar si los valores registrados.

3.1.2.1. Pruebas a velocidad constante

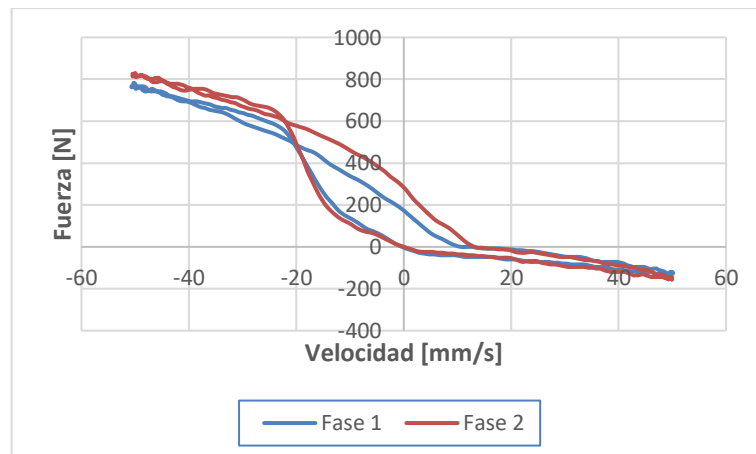
El gráfico 6-3 es de la prueba fija a 50 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, una excursión de 50.34 mm, fuerza máxima de compresión igual a 782.30 N, fuerza máxima de extensión de 131.71 y durante la prueba la temperatura mediana es de 22.2 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.34 mm, fuerza máxima de compresión igual a 830.19 N, fuerza máxima de extensión de 155.66 N y temperatura de trabajo mediana de 20.10 °C.

En la figura se observa cambios bastante bruscos de fuerzas de amortiguamiento en el detalle A, lo que indica un posible fallo de válvulas al pasar en dirección del PMS a la MCC (mitad corrida en compresión) o viceversa, esta fuerza se es muy elevada a pesar de que es una prueba a baja velocidad, sin embargo, en la carrera de expansión el amortiguador se desempeña de una forma adecuada, además en el PMI y PMS la fuerza tiende a cero lo cual se encuentra en parámetros correctos y la variación de temperatura durante la prueba o es excesiva lo que indica una correcta disipación de calor.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 7-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

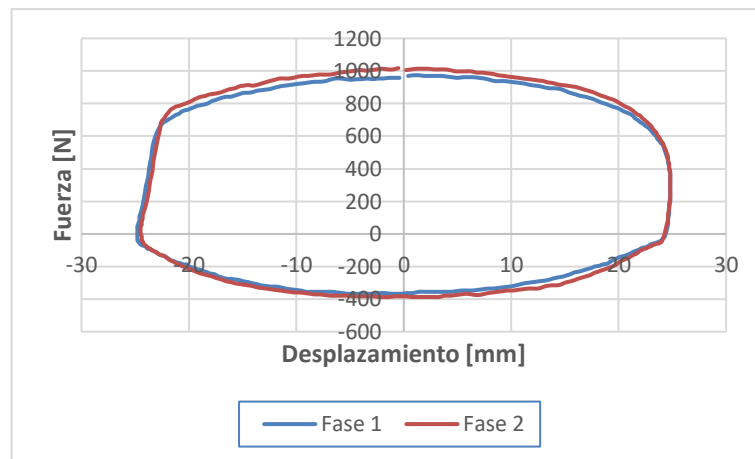
Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

El gráfico 7-3 corresponde a la prueba fija de 100 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

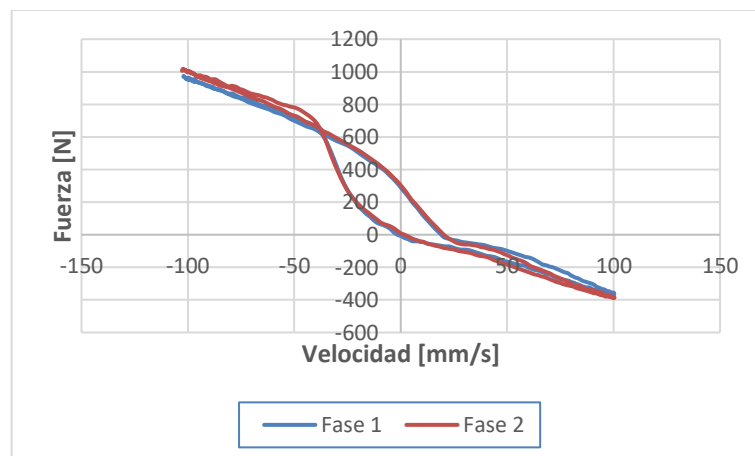
- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, excursión de 50.34 mm, fuerza máxima de compresión igual a 973.88 N, fuerza máxima de extensión de 367.20 y la temperatura de trabajo mediana es de 22.1 °C.

- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.30 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1017.79 N, fuerza máxima de extensión de 387.16 N y temperatura de trabajo mediana de 20.20 °C.

Se observa elevaciones de fuerza bastante grandes cuando el amortiguador inicia la carrera de compresión, a pesar de ser una prueba a una velocidad considerada baja la fuerza máxima de compresión es muy elevada, en la carrera de expansión el amortiguador se desempeña de una forma adecuada, además en el PMS la fuerza tiende a cero lo cual se encuentra en parámetros correctos sin embargo en el PMI la fuerza no tiende a cero lo cual no es correcto y finalmente la variación de temperatura durante la prueba es favorable ya que no presenta cambios notables.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

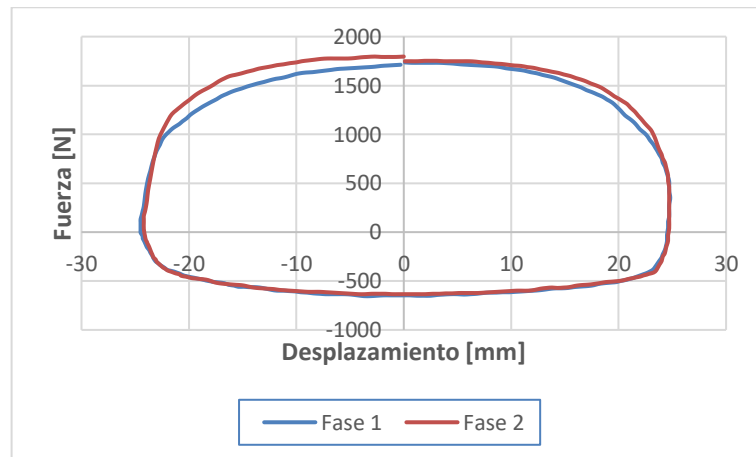
Gráfico 8-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

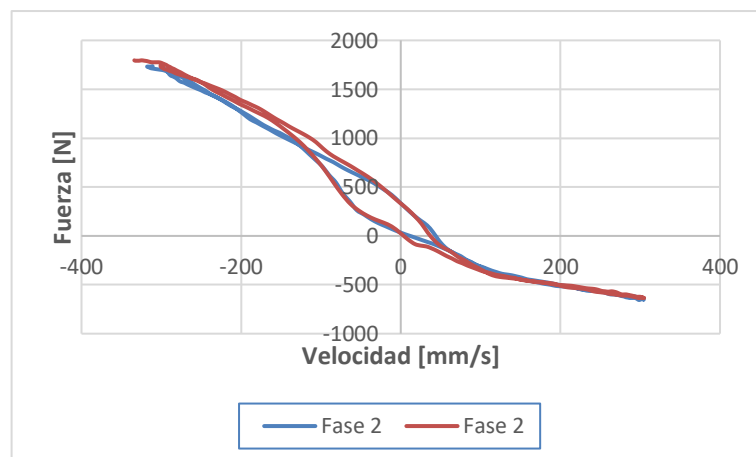
El gráfico 8-3 corresponde a la prueba fija de 300 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C y una excursión de 50.38 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1736.22 N, fuerza máxima de extensión de 654.57 y la temperatura de trabajo mediana es de 22.1 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.34 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1796.09 N, fuerza máxima de extensión de 634.62 N y temperatura de trabajo mediana de 20.50 °C.

Al iniciar y durante toda la carrera de compresión para las dos pruebas se encuentra una fuerza bastante elevada que no es normal a esta velocidad de ensayo, sin embargo, en la carrera de expansión las gráficas son bastante simétricas y el amortiguador presenta una fuerza moderada, además en el PMI y PMS las fuerzas tienden a cero lo cual se encuentra en parámetros correctos y finalmente se presenta una variación elevada de temperatura durante las pruebas.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

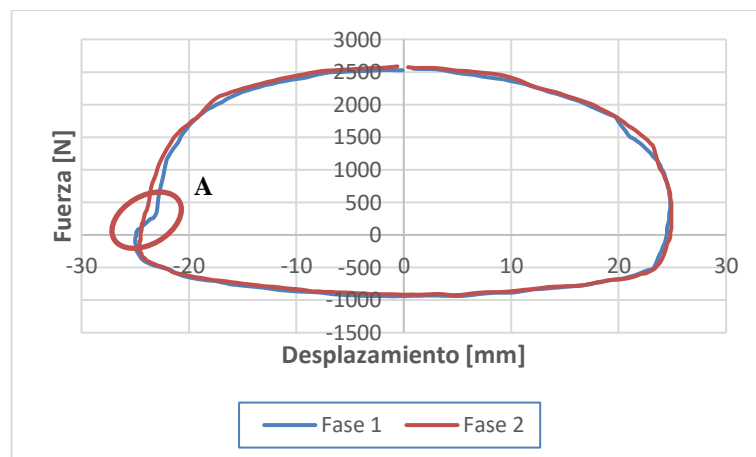
Gráfico 9-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

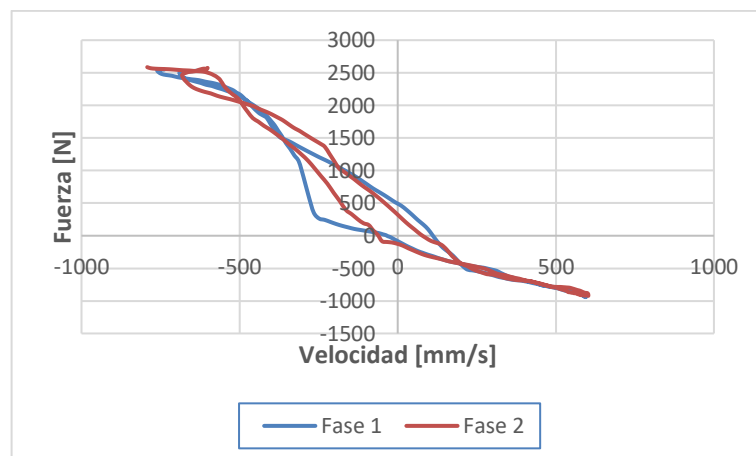
El gráfico 9-3 corresponde a la prueba fija de 600 mm/s, con una luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, excursión de 50.38 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2550.45 N, fuerza máxima de extensión de 941.95 y temperatura de trabajo mediana de 22.4 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.30 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2586.37 N, fuerza máxima de extensión de 921.99 N y temperatura de trabajo mediana de 21.20 °C.

Durante las fases se observa que el amortiguador sigue desarrollando fuerzas muy elevadas durante carrera de compresión, además en el detalle A se nota la presencia del fenómeno de cavitación en la prueba 1 por un posible fallo de válvulas de o presencia de burbujas en el fluido durante esta prueba, en la carrera de expansión la gráfica puede considerarse adecuada por su simetría, en el PMI y PMS de las dos pruebas las fuerzas tienden a cero lo que indica que el cambio de carreras es el correcto y la variación de la temperatura es insignificante.



(a) Diagrama F-D



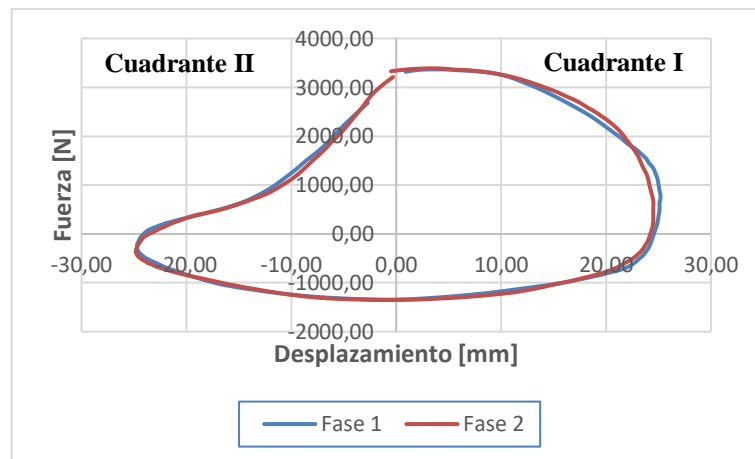
(b) Diagrama F-V

Gráfico 10-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

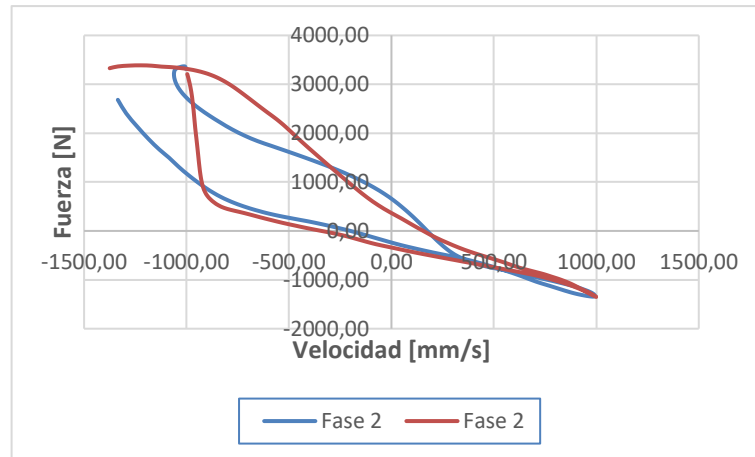
El gráfico 10-3 corresponde a la prueba fija de 1000 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.38 mm, fuerza máxima de compresión igual a 3384.63 N, fuerza máxima de extensión de 1357.05 y temperatura de trabajo mediana de 22.9 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, excursión de 50.30 mm, fuerza máxima de compresión igual a 3408.58 N, fuerza máxima de extensión de 1361.04 N y temperatura de trabajo mediana de 23.20 °C.

En el cuadrante I de la fase 1 y 2 se observa que el amortiguador desarrolla fuerzas demasiado elevadas en compresión, además durante todo cuadrante II se observa que el fenómeno de cavitación se encuentra presente en las dos pruebas y es bastante notorio por un posible el fallo de válvulas o una excesiva presencia de burbujas en el fluido, sin embargo en la carrera de expansión el amortiguador genera fuerzas adecuadas, además en el PMI la fuerza no tiende a cero pero en el PMS la fuerza tiende a cero lo cual se encuentra en parámetros correctos y la variación de temperatura es muy baja.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 11-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Para las pruebas se registró una temperatura del laboratorio de 21.9°C, humedad relativa del laboratorio de 64.1%, temperatura inicial del amortiguador 20 ± 1 °C la cual se encuentra dentro de las condiciones que manifiesta la norma para que se realicen las pruebas, posterior se registra un incremento mínimo de temperatura en el amortiguador llegando a un valor máximo de 22.9°C en la prueba a 1000 mm/s, lo cual significa que el amortiguador disipa el calor de una manera aceptable cuando no se lo somete a un funcionamiento continuo.

Tabla 4-3: Valores obtenidos en la fase 1 de EAN 2

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador [°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
1.1	50	0.32	22.00	50.34	782.30	131.71	50.32	50.09	22.20
1.2	100	0.64	22.00	50.34	973.88	367.20	101.07	100.26	22.10
1.3	300	1.91	22.00	50.38	1736.22	654.57	296.44	304.45	22.10
1.4	600	3.82	22.00	50.38	2550.45	941.95	605.30	595.32	22.40
1.5	1000	6.37	21.00	50.38	3384.63	1357.05	1003.90	1004.51	22.90

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Para la fase 2 de la probeta EAN 02 se registró una temperatura del laboratorio de 19.20°C, humedad relativa del laboratorio de 61.10%, temperatura inicial del amortiguador 21 ± 1 °C dentro de las condiciones de la norma y una temperatura máxima alcanzada durante las pruebas de 23.20°C, parámetros que nos indican que las pruebas presentan datos correctos debido a que los valores presentados en las dos tablas de las pruebas a velocidad fija tienen cierta similitud.

Tabla 5-3: Valores obtenidos en la fase 2 de EAI 1

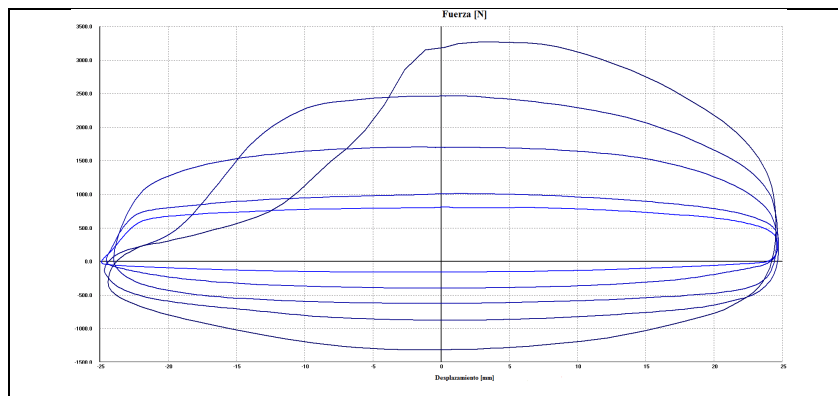
N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador[°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
3.1	50	0.32	20.00	50.34	830.19	155.66	50.27	49.92	20.10
3.2	100	0.64	20.00	50.30	1017.79	387.16	102.32	100.37	20.20
3.3	300	1.91	21.00	50.27	1796.09	634.62	296.99	304.65	20.50
3.4	600	3.82	21.00	50.30	2586.37	921.99	601.05	602.90	21.20
3.5	1000	6.37	22.00	50.30	3408.58	1361.04	996.41	1002.60	23.20

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.1.1.2. Prueba a velocidad variable

Para ejecutar la fase 3 de EAN 02 se programa el software a velocidades de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s para que se ejecuten de forma. Tomando en cuenta el orden de las velocidades, en esta fase se registran los siguientes valores de amortiguamiento para compresión: 814.23N, 1013.79N, 1708.28N, 2470.62N, 3296.82N y para extensión los valores registrados son: 163.65N, 403.12N, 626.64N, 882.08N, 1325.12N.

Los datos obtenidos durante la fase 3 son similares a los obtenidos durante la fase 1 y 2, lo cual indica que el desarrollo de los diferentes ensayos ha sido el correcto, las gráficas se muestran de forma regular hasta una velocidad de 600 mm/s donde empiezan a presentarse efectos de la cavitación que aumentan según aumenta la velocidad con la que se realiza las pruebas en el amortiguador, se puede visualizar una gran pérdida de fuerza antes de empezar la carrera de extensión que se traduce en problemas al cierre de la válvula limitadora, en términos generales se puede decir que el amortiguador puede tener defectos en el diseño ya que los datos entregados por el software son similares en las diferentes pruebas.



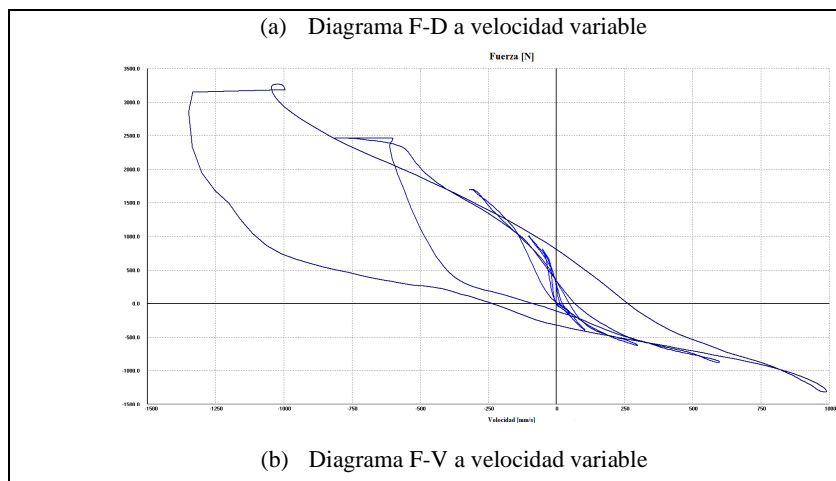


Gráfico 12-3: Curvas de EAN 2, F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

Para la fase 3 de la probeta EAN 02 se registró una temperatura del laboratorio de 18.10°C, humedad de 6820% de humedad relativa del laboratorio, una temperatura inicial en el amortiguador de 20°C, cabe resaltar que en la prueba a velocidad variable se registra una temperatura de 32.20°C cuando se ha alcanzado la velocidad de 1000 mm/s, siendo esta un valor muy elevado en relación con el intervalo de tiempo en que se realiza la prueba, esto se resume a que el amortiguador no puede disipar la temperatura de manera eficaz cuando se lo somete a condiciones extremas de funcionamiento.

Tabla 6-3: Valores obtenidos en la fase 3 de EAN 2

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador[°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
2.1	50	0.32	20.00	50.23	814.23	163.65	50.35	49.96	20.10
2.2	100	0.64		50.23	1013.79	403.12	100.09	105.48	20.20
2.3	300	1.91		50.23	1708.28	626.64	301.88	299.06	20.40
2.4	600	3.82		50.23	2470.62	882.08	601.10	600.84	21.70
2.5	1000	6.37		50.23	3296.82	1325.12	995.69	998.97	32.30

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.1.3. Resultados de EAO 3

Corresponde a los ensayos realizados sobre el amortiguador de fábrica General Motors, del cual se halló los datos de su comportamiento dinámico con la ayuda de las gráficas de fuerza-desplazamiento y fuerza-velocidad, en estas se puede apreciar el comportamiento del

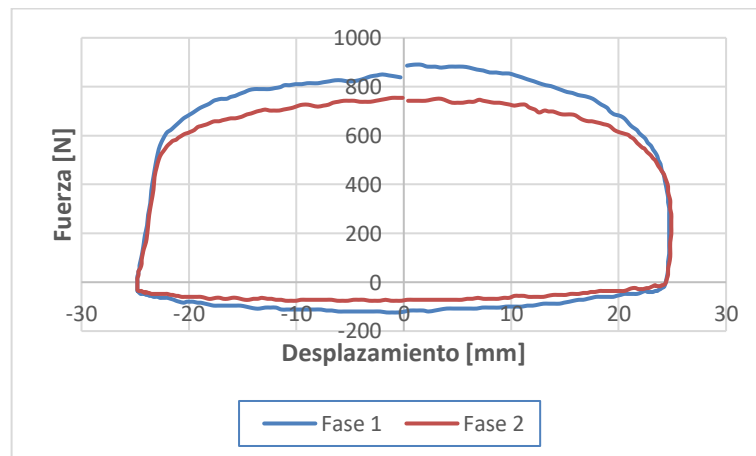
amortiguador y las fuerzas de amortiguación que se generan durante el ciclo de compresión y extensión.

3.1.3.1. Pruebas a velocidad constante

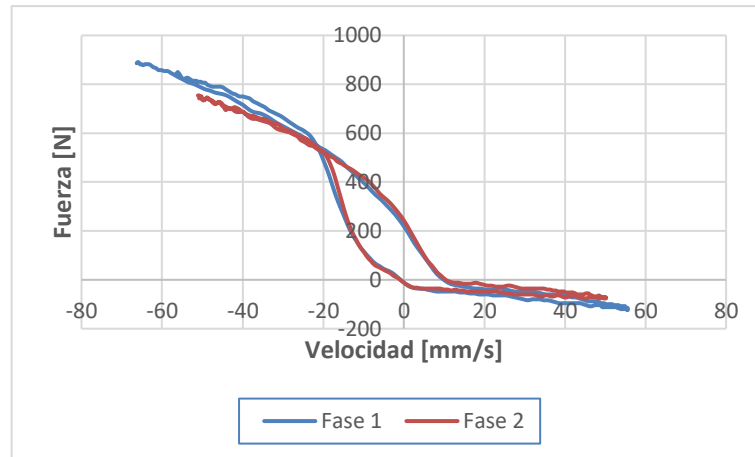
El gráfico 11-3 corresponde a la prueba fija de 50 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 21 °C, excursión de 50.42 mm, fuerza máxima de compresión igual a 890.06 N, fuerza máxima de extensión de 123.73 N y temperatura de trabajo mediana de 21.2 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 17 °C, excursión de 50.34 mm, fuerza máxima de compresión igual a 754.36 N, fuerza máxima de extensión de 75.84 N y temperatura de trabajo mediana de 17.10 °C.

Durante la carrera de compresión a pesar de que es una prueba con una velocidad relativamente baja se observa que la fuerza de amortiguamiento es bastante elevada durante las dos fases, sin embargo, durante la carrera de expansión el amortiguador se desempeña de una forma adecuada con una gráfica aparentemente simétrica, además en el PMI y PMS de las dos gráficas las fuerzas tienden a cero lo cual se encuentra en parámetros correctos y la variación de temperatura es insignificante.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

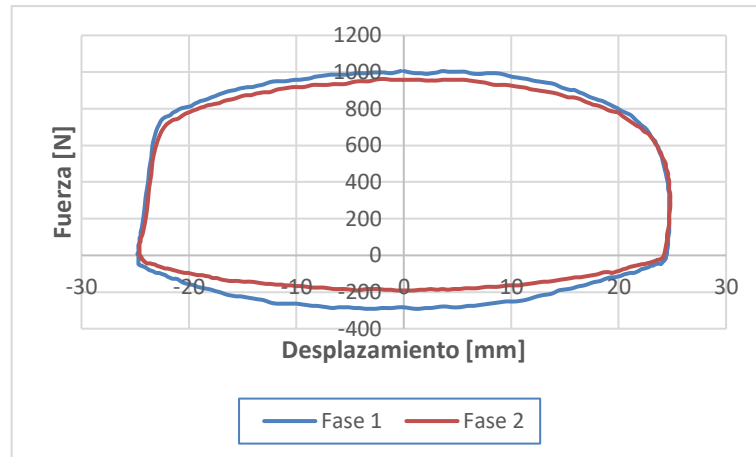
Gráfico 13-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

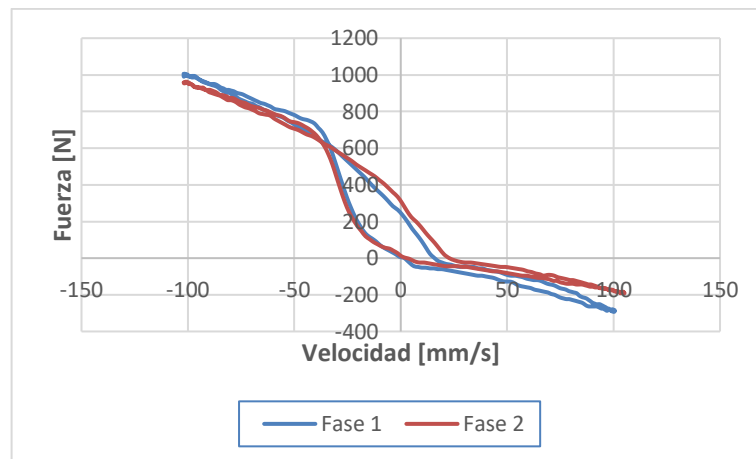
El gráfico 12-3 corresponde a la prueba fija de 100 mm/s, con, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador es de 21 °C y una excursión de 50.46 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1005.81 N, fuerza máxima de extensión de 291.37 N y temperatura de trabajo mediana es de 21.4 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 17 °C, excursión de 50.49 mm, fuerza máxima de compresión igual a 961.91 N, fuerza máxima de extensión de 191.58 N y temperatura de trabajo mediana de 17.40 °C.

En la carrera de compresión el amortiguador sigue desarrollando fuerzas bastante elevadas durante las dos fases que sobrepasan significativamente a las fuerzas desarrolladas en expansión, durante la carrera de expansión el amortiguador se desempeña de una forma adecuada con una gráfica de forma simétrica, en el PMI y PMS la fuerza es la indicada ya que tiende a cero y la variación de temperatura es insignificante.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 14-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

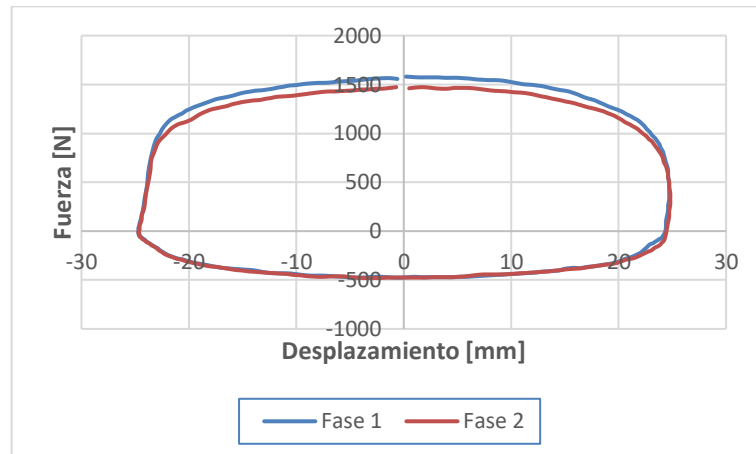
Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

El gráfico 13-3 corresponde a la prueba fija de 300 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

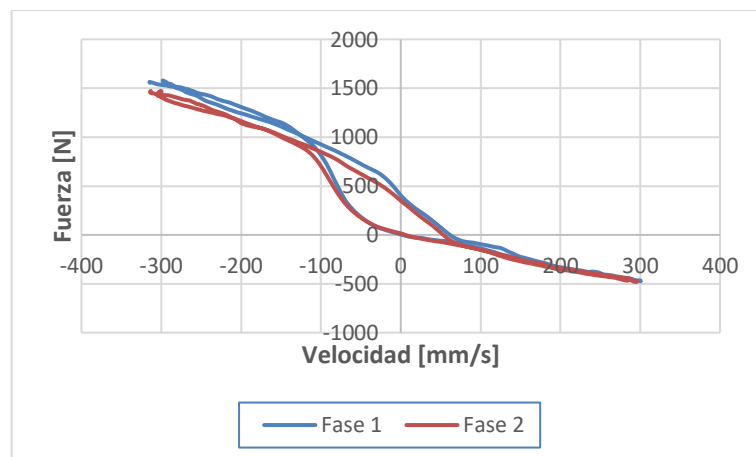
- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, excursión de 50.42 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1580.56 N, fuerza máxima de extensión de 474.97 N y la temperatura de trabajo mediana es de 21.6 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 18 °C, excursión de 50.42 mm, fuerza máxima de compresión igual a 1472.79 N, fuerza máxima de extensión de 478.96 N y temperatura de trabajo mediana de 17.60 °C.

El amortiguador genera fuerzas demasiado elevadas en las dos fases durante la carrera de compresión, sin embargo, en la carrera de expansión se desempeña de una forma adecuada ya que sus fuerzas son proporcionales y las gráficas mantienen una forma simétrica, además en el PMI y

PMS la fuerza es relativamente cero lo cual se encuentra en los parámetros correctos y en la temperatura no se encuentran cambios notables durante el ensayo.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 15-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

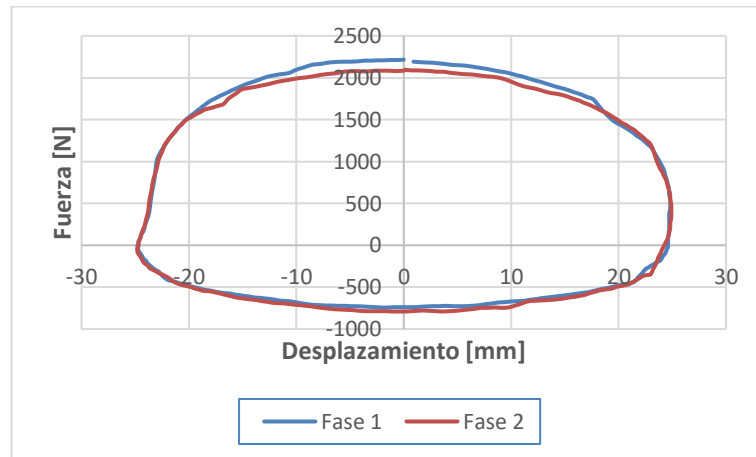
Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 20211

El gráfico 14-3 corresponde a la prueba fija de 600 mm/s, luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

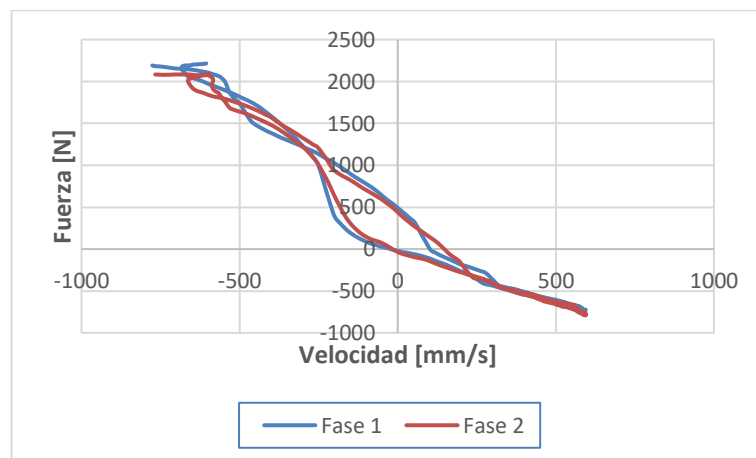
- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 22 °C, excursión de 50.53 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2215.95 N, fuerza máxima de extensión de 742.20 N y temperatura de trabajo mediana de 22.7 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 18 °C, excursión de 50.42 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2095.44 N, fuerza máxima de extensión de 790.28 N y temperatura de trabajo mediana de 19.50 °C.

En la gráfica se observa que para las dos fases en el cuadrante I y II en la carrera de compresión las fuerzas de amortiguamiento son muy elevadas y sobrepasan los valores normales, no obstante

durante la carrera de expansión el amortiguador se desempeña de una forma adecuada con una gráfica de forma aparentemente simétrica y fuerzas acordes a las exigencias que se tiene en esta prueba, en el PMI y PMS de las dos pruebas las fuerzas son relativamente cero por lo que en estos puntos se encuentra correcto y la variación de la temperatura durante el ensayo no es significativa.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

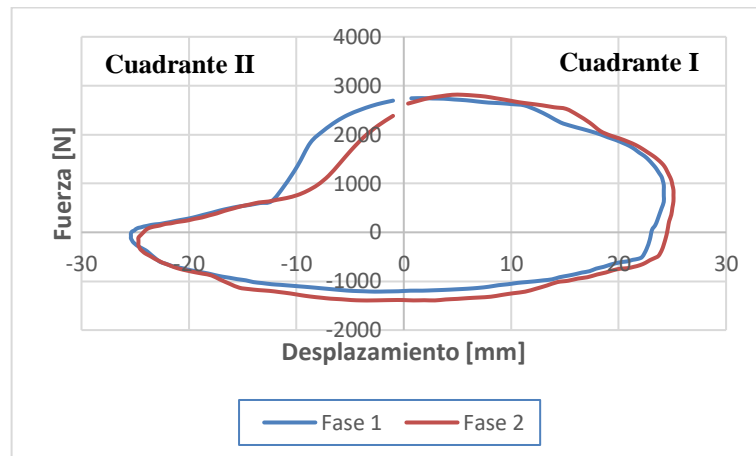
Gráfico 16-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

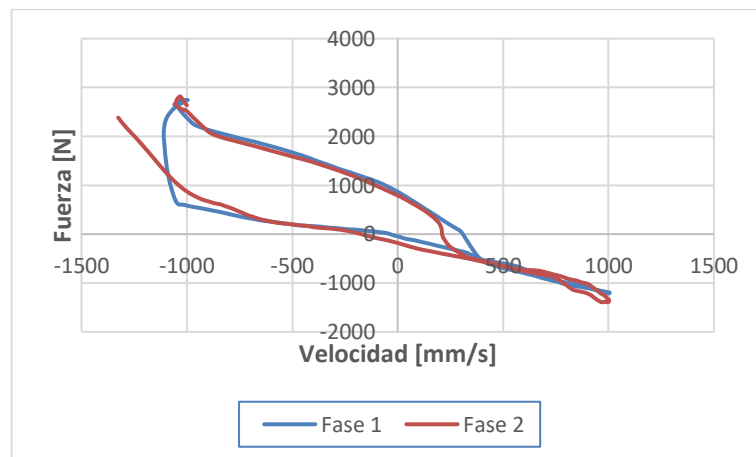
El gráfico 15-3 corresponde a la prueba fija de 1000 mm/s, con luego de realizar la prueba el software registra los siguientes datos:

- En la primera fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.46 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2777.95 N, fuerza máxima de extensión de 1285.20 N y durante la prueba la temperatura de trabajo mediana es de 22.7 °C.
- En la segunda fase: Temperatura inicial del amortiguador de 20 °C, excursión de 50.42 mm, fuerza máxima de compresión igual a 2813.87 N, fuerza máxima de extensión de 1000.32 N y temperatura de trabajo mediana de 20.90 °C.

En el cuadrante I de la gráfica se observa que para las dos fases los valores de amortiguamiento en compresión son bastante elevados y sobrepasan los valores normales de funcionamiento además en el cuadrante II se identifica que el fenómeno de cavitación se presenta de una forma bastante perjudicial para el amortiguador siendo principal efecto de las burbujas en el fluido o el fallo de válvulas, sin embargo durante la carrera de expansión en el cuadrante III y IV el amortiguador tiene un desempeño adecuado debido a que la gráfica posee simetría y fuerzas acordes durante su trayecto, en el PMS la fuerza es relativamente cero que es la correcta en estos puntos pero en el PMI la fuerza no tiende a cero y la temperatura mediana durante el ensayo es un indicio para determinar que el amortiguador posee una buena disipación de calor.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V

Gráfico 17-3: Curvas F-D (a) y F-V (b)

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Para la fase 1 de EAO 3 se registró una temperatura del laboratorio de 20.60°C humedad de 54.90% de humedad relativa del laboratorio y demás valores los cuales están detallados en la tabla 5-3.

Tabla 7-3: Valores obtenidos en la fase 1 de EAO 3

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador[°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
1.1	50	0.32	21.00	50.42	890.06	123.73	56.59	55.59	21.20
1.2	100	0.64	21.00	50.46	1005.81	291.37	101.56	100.53	21.40
1.3	300	1.91	22.00	50.42	1580.56	474.97	298.15	300.44	21.60
1.4	600	3.82	22.00	50.53	2215.18	742.38	605.36	594.35	22.70
1.5	1000	6.37	20.00	50.46	2777.95	1285.20	1003.06	1003.34	22.90

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

Para la fase 2 de la probeta EAO 03 se registró una temperatura del laboratorio de 18.70°C, humedad relativa del laboratorio de 77.20%, temperatura inicial del amortiguador comprendida entre 17°C y 20°C dentro de las condiciones de la norma y una temperatura máxima alcanzada durante las pruebas de 20.90°C, parámetros que nos indican que las pruebas presentan datos correctos debido a que los valores presentados en las dos tablas de las pruebas a velocidad fija tienen cierta similitud.

Tabla 8-3: Valores obtenidos en la fase 2 de EAO 3

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador[°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
3.1	50	0.32	17.00	50.34	754.36	75.84	50.84	50.16	17.10
3.2	100	0.64	17.00	50.49	961.91	191.58	101.91	105.06	17.40
3.3	300	1.91	18.00	50.42	1472.79	478.96	302.16	295.69	17.60
3.4	600	3.82	18.00	50.42	2095.44	790.28	597.52	595.30	19.50
3.5	1000	6.37	20.00	50.42	2813.87	1392.97	1000.32	1002.75	20.90

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.1.3.2. Pruebas a velocidad variable

Para ejecutar la fase 3 de EAO 03 se programa el software a velocidades de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s para que se ejecuten de forma consecutiva. Tomando en cuenta el orden de las velocidades, en esta fase se registran los siguientes valores de amortiguamiento para compresión: 730.41N, 898.04N, 1436.87N, 2083.46N, 2730.06N y para extensión los valores registrados son: 95.79N, 239.48N, 514.88N, 786.29N, 1249.28N.

Los datos de la fase 3 son similares a los obtenidos durante la fase 1 y 2 lo que señala que el desarrollo de las pruebas ha sido el correcto, las gráficas se muestran de forma regular pero alcanzada a una velocidad de 1000 mm/s se empieza a presentarse efectos de la cavitación que puede compararse con los efectos sobre la probeta EAN 02. Para la ejecución de la fase en la probeta EAO 3 se registra una temperatura del laboratorio de 21.10°C humedad de 57.40% de humedad relativa del laboratorio y demás valores los cuales están detallados en la tabla 6-3.

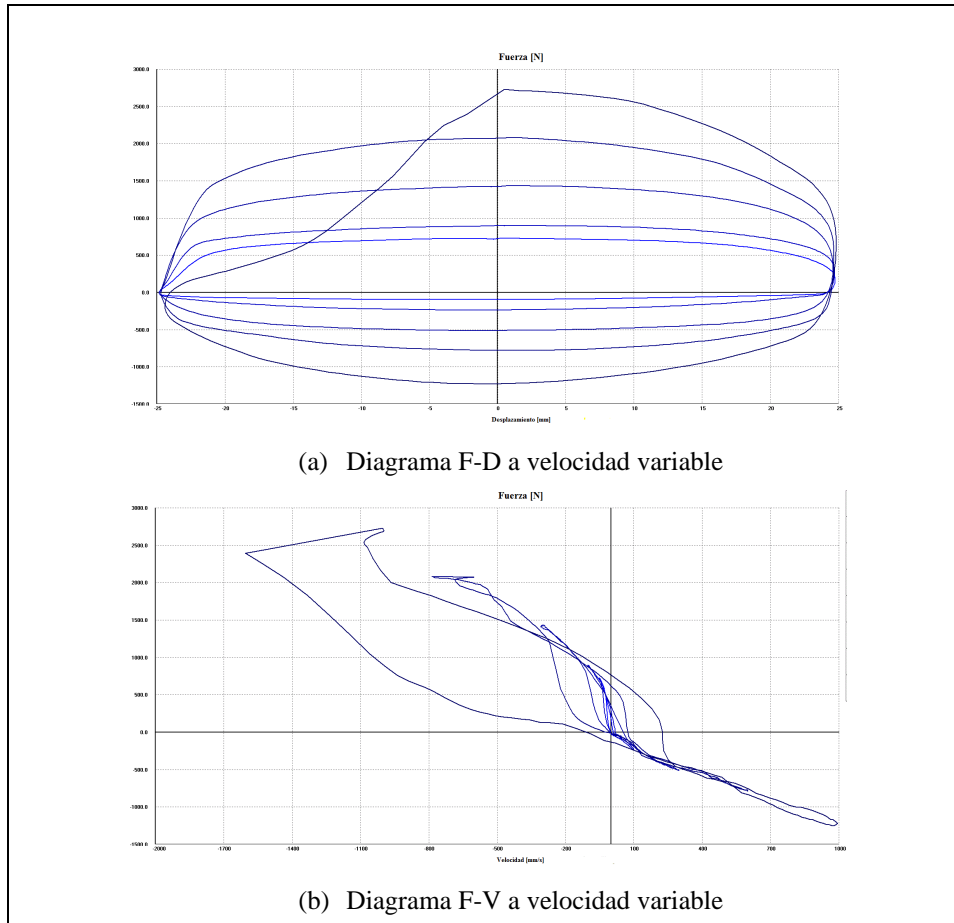


Gráfico 18-3: Curvas F-D (a) y F-V (b) a velocidad variable

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

En la fase 3 se puede evidenciar que, si existe un incremento considerable en la temperatura, lo que significa que el amortiguador al ser sometido a condiciones de trabajo bastante críticas puede empezar a presentar inconvenientes, y esta es una razón para que se presente el efecto de cavitación en las gráficas fuerza- desplazamiento a velocidades altas, siendo este un caso similar al de EAN 02.

Tabla 9-3: Valores obtenidos en la fase 3 de EAO 3

N.º de prueba	Velocidad nominal de ensayo [mm/s]	Frecuencia nominal de ensayo [Hz]	Temperatura inicial del Amortiguador [°C]	Excursión [mm]	Fuerza máxima de Compresión [N]	Fuerza máxima de Extensión [N]	Velocidad máxima de Compresión [mm/s]	Velocidad máxima de Extensión [mm/s]	Temperatura Mediana [°C]
2.1	50	0.32	20.00	50.46	730.41	95.79	50.78	50.23	20.70
2.2	100	0.64		50.46	898.04	239.48	101.59	100.18	20.80
2.3	300	1.91		50.46	1436.87	514.88	298.39	299.17	20.80
2.4	600	3.82		50.46	2083.46	786.29	601.57	600.12	20.80
2.5	1000	6.37		50.46	2730.06	1249.28	1002.17	994.04	28.00

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.2. Análisis y discusión de resultados

En los resultados obtenidos del comportamiento dinámico en los amortiguadores se comprueba que los amortiguadores poseen características diferentes entre las distintas marcas no solo en las curvas características que generan sino también en factores como la fuerza de amortiguamiento que desarrollan en los diferentes ensayos, temperatura de funcionamiento que puede llegar alcanzar el fluido y aparición de fenómenos que afectan su comportamiento como la cavitación. Para verificar que estos resultados son correctos se ha comprobado que las gráficas tienen un patrón de comportamiento similar entre las diferentes fases realizadas.

3.2.1. Análisis de las probetas bajo la norma JASO C 611

3.2.1.1. Fuerza de amortiguamiento en compresión

Para evaluar los amortiguadores bajo la norma JASO C611 es necesario conocer la fuerza máxima en compresión de cada probeta a una velocidad de ensayo de 300 mm/s, para ello se procede a realizar un promedio de las tres fases realizadas. El diámetro exterior de las diferentes probetas es el mismo por consecuencia estas son evaluadas en un solo rango. En la tabla 10-3 se evidencian el promedio de las fuerzas máximas en compresión

Tabla 10-3: Fuerza máxima promedio en compresión

Amortiguador	Parámetro	Fuerza máxima en compresión
EAI 01	Fase 1	275.40
	Fase 2	258.99
	Fase 3	263.43

	Promedio	265.94
EAN 02	Fase 1	1736.22
	Fase 2	1796.09
	Fase 3	1708.28
	Promedio	1746.86
EAO 03	Fase 1	1580.56
	Fase 2	1472.79
	Fase 3	1436.87
	Promedio	1496.74

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

El rango que establece la norma JASO C-611 para este tipo de amortiguadores es de 175 a 600 N en compresión, si la fuerza máxima se encuentra dentro del rango establecido entonces la probeta cumple con las especificaciones dispuestas por la normativa.

La probeta EAI 01 alcanza una fuerza máxima de amortiguamiento en compresión de 265.94 N la cual se encuentra dentro del rango establecido por consecuencia cumple con la normativa, además esto se transmite en un funcionamiento suave, es decir al momento en que el amortiguador se comprime al enfrentar un obstáculo o por defectos de la calzada, este absorbe de mejor manera los esfuerzos y genera una fuerza de amortiguamiento adecuada para mantener el confort y la estabilidad en el vehículo.

La probeta EAN 02 genera una fuerza máxima de amortiguamiento en compresión de 1746.86 N, esta fuerza se encuentra fuera del rango establecido al igual que la fuerza que genera la probeta EAO 03 que corresponde a 1496.74 N. Para EAN 02 y EAO 03 las fuerzas máximas generadas en compresión exceden a la fuerza límite permitida por la norma en un 291.14% y 249.46% respectivamente. Por consecuencia estos amortiguadores son demasiado rígidos lo que refleja una falta de confort al momento de su uso, sin embargo, un aspecto aparentemente positivo es el aumento de estabilidad para el vehículo.

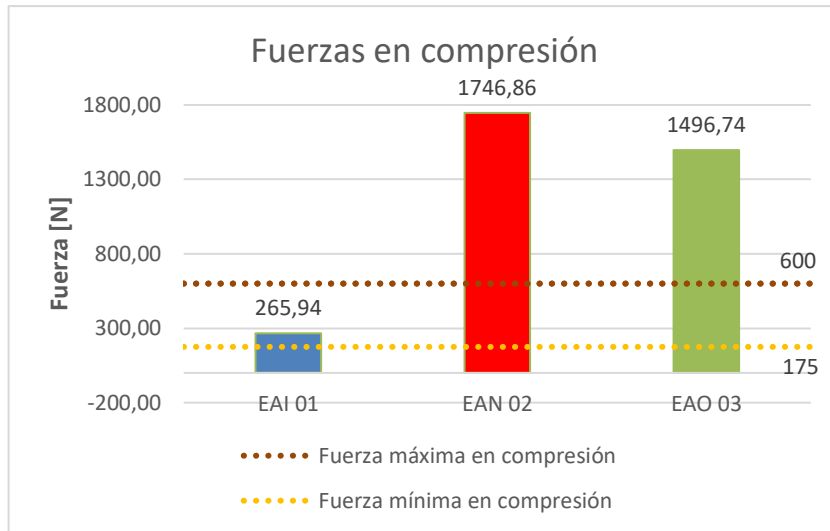


Gráfico 19-3: Análisis bajo la norma JASO C611 en compresión

Fuente: Chuncho H., Sinche J. 2021

La tabla 11-3 muestra de forma resumida el análisis de las diferentes probetas bajo la normativa que establece JASO C-611.

Tabla 11-3: Análisis bajo la norma JASO C611 en compresión

Probeta	Diámetro de la varilla [mm]	Rango de fuerza [N]	Fuerza obtenida [N]	Cumple la norma JASO C 611
EAI 01	20	175-600	275.40	Si
EAN 02	20		1736.22	No
EAO 03	20		1580.56	No

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J., 2021

3.2.1.2. Fuerza de amortiguamiento en extensión

Al igual que en compresión, para evaluar los amortiguadores bajo la norma JASO C611 en términos de extensión es necesario conocer la fuerza que genera el amortiguador cuando se extiende a una velocidad de ensayo de 300 mm/s, entonces se procede a realizar un promedio de las tres fases realizadas. El diámetro exterior de las diferentes probetas es el mismo por consecuencia estas son evaluadas en un solo rango. En la tabla 12-3 se evidencian el promedio de las fuerzas máximas en extensión.

Tabla 12-3: Fuerza máxima promedio en extensión

Amortiguador	Parámetro	Fuerza máxima en extensión
EAI 01	Fase 1	387.16
	Fase 2	397.32

	Fase 3	383.17
	Promedio	389.22
EAN 02	Fase 1	654.57
	Fase 2	634.62
	Fase 3	626.64
	Promedio	638.61
EAO 03	Fase 1	474.97
	Fase 2	478.96
	Fase 3	514.88
	Promedio	489.60

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

El rango establecido por la norma JASO C-611 para este tipo de amortiguadores en términos de extensión es de 260 a 1100 N, si la fuerza máxima de extensión se encuentra dentro del rango establecido entonces la probeta cumple con las especificaciones dispuestas por la normativa.

La probeta EAI 01 genera una fuerza de amortiguamiento promedio máxima de 389.22 N en extensión, esta fuerza se encuentra dentro del rango establecido por la norma, sin embargo, se encuentra cerca del límite inferior, aproximadamente bordea el 35.38% del rango. La probeta EAN 02 genera una fuerza de 638.61 N la cual se encuentra en el rango adecuado y a diferencia de EAI 02 esta se encuentra aproximadamente en el 58.06% dentro del rango establecido. Finalmente, la probeta EAO 03 genera una fuerza promedio de 489.60 N en extensión, esta se encuentra dentro del rango establecido y aproximadamente bordea el 44.51% del mismo.

En términos generales, las fuerza de extensión obtenidas de las tres probetas reflejan un correcto desempeño, se comprueba que las fuerzas que se genera en extensión está dentro del rango recomendado por la norma, los tres amortiguadores funcionan correctamente en la carrera de extensión, es decir cuando el neumático del vehículo tiende a perder contacto con la calzada por efectos de desnivel, irregularidades por debajo de la calzada o por efectos de la velocidad se genera un comportamiento adecuado para que los neumáticos se acoplen a la pista y mantener la seguridad durante un trayecto; de igual manera que en la carrera de compresión se puede indicar que la probeta EAI 01 tiene un comportamiento más blando al igual que la probeta EAO 03 y en términos de extensión la probeta EAN 02 presenta un mejores características tomando en cuenta que su fuerza generada se sitúa en la mitad del rango propuesto.

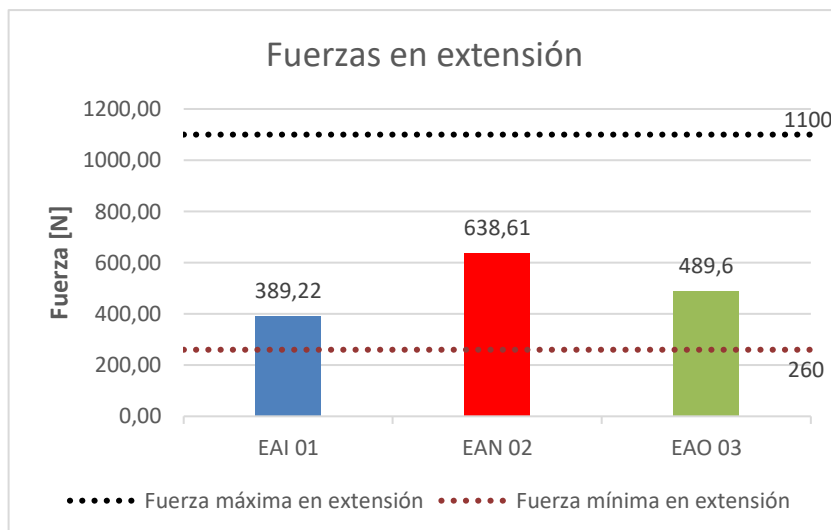


Gráfico 20-3: Análisis bajo la norma JASO C611 para extensión

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

La tabla 13-3 muestra de manera resumida si las probetas cumplen con la norma JASO C-611 en términos de extensión.

Tabla 13-3: Análisis bajo la norma JASO C611 en extensión

Probeta	Diámetro de la varilla [mm]	Rango de fuerza [N]	Fuerza obtenida [N]	Cumple la norma JASO C 611
EAI 01	20	260-1100	387.16	Si
EAN 02	20		654.57	Si
EAO 03	20		474,97	Si

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Luego de realizar el análisis se establece que la probeta EAI 01 es la única que cumple la normativa tanto en compresión como en extensión, a diferencia de las demás probetas como es el caso de EAN 02 que no cumple la normativa en compresión, sin embargo, en extensión sí la cumple, de igual forma se repite con la probeta EAO 03.

Tabla 14-3: Análisis general de la Norma JASO C611

Probeta	¿Cumple con la norma en compresión?	¿Cumple con la norma en extensión?	¿Cumple la norma JASO C611?
EAI 01	Sí	Sí	Sí
EAN 02	No	Sí	No
EAO 03	No	Sí	No

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

Al comparar las gráficas obtenidas de las tres fases se puede observar una semejanza entre las probetas EAN 02 Y EAO 03; sin embargo, la probeta EAI 01 presenta características diferentes

a las anteriores en cuanto a fuerza de amortiguación, manteniendo valores más bajos, mismos que al evaluarlos bajo la norma JASO C611 la cual menciona se debe analizar los resultados de las probetas sometidas a una velocidad de excitación de 300 mm/s logra cumplir con la normativa en compresión y extensión.

A diferencia del estudio realizado por (Caisaguano, 2019) en el cual las 3 probetas presentan similitud en sus curvas características, en el presente estudio la comparación de los amortiguadores bajo la norma JASO C611 muestra como resultado que solo la probeta EAI 01 cumple totalmente con la misma presentando valores de amortiguación dentro del rango recomendado, sin embargo, las probetas EAN 02 y EAO 03 cumplen parcialmente con la norma esto debido a que presentan valores de fuerza de amortiguación por encima del valor máximo recomendado, como ejemplo se muestran las gráficas F-D y F-V de la fase 1 a velocidad constante de 300 mm/s, es posible evidenciar el comportamiento de las probetas, la similitud entre las probetas EAN 02 y EAO 03 y el cumplimiento total o parcial de las probetas en cuanto a la norma.

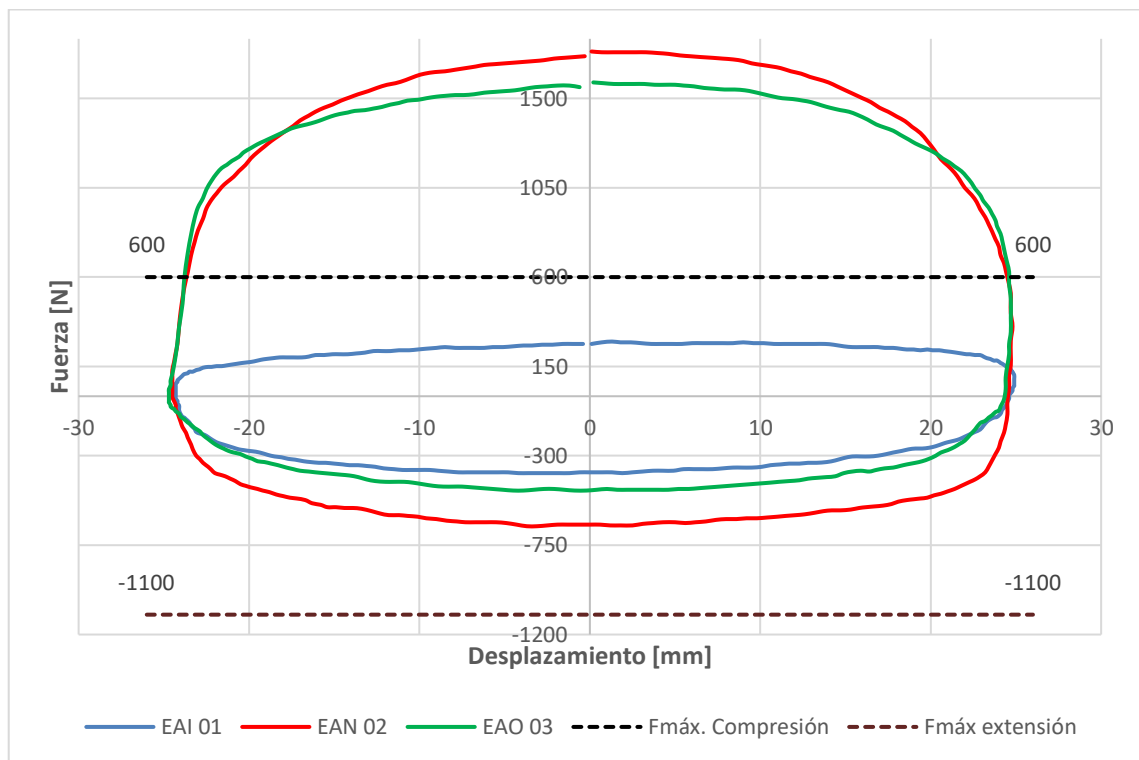


Gráfico 21-3: Comparación de curvas F-D a velocidad constante de 300 mm/s

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

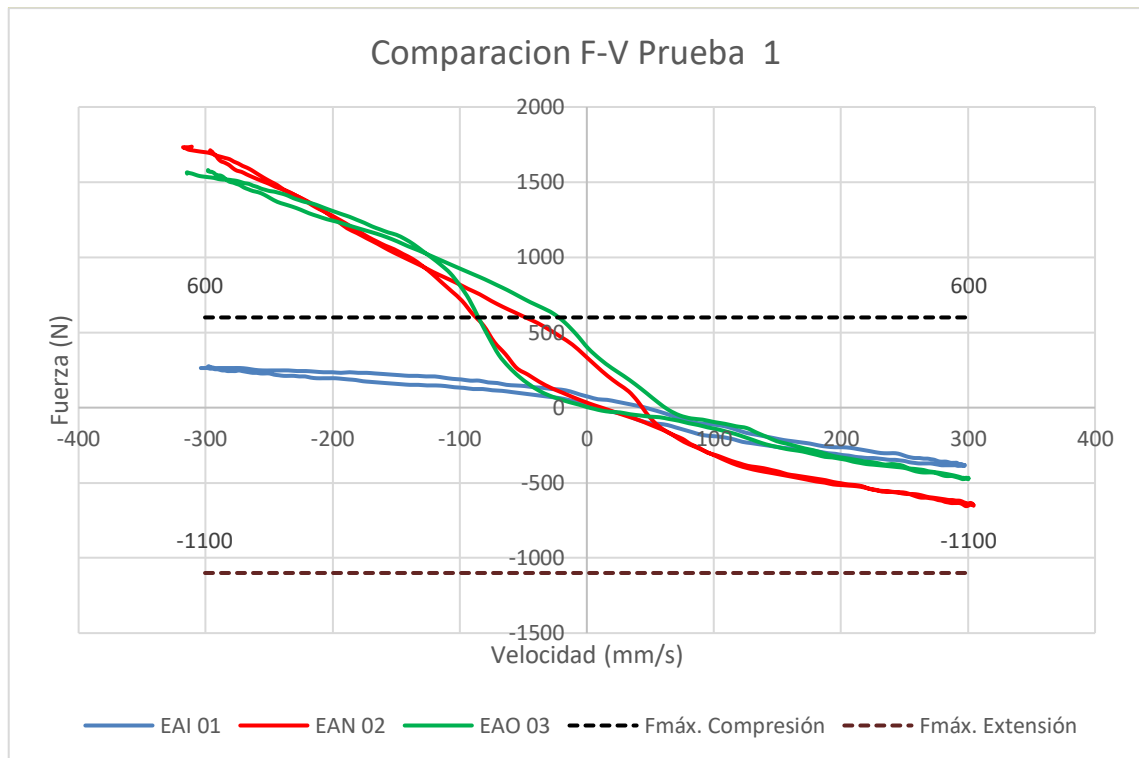


Gráfico 22-3: Comparación de curvas F-V a velocidad constante de 300 mm/s

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

3.2.2. Comparación de las probetas en: Velocidad de ensayo – Fuerza máxima, análisis ANOVA, LSD y de cajas y bigotes.

Para la comparación de las probetas en términos de velocidad de ensayo frente a fuerza máxima, se realizó las gráficas tomando en cuenta las fuerzas máximas de compresión y extensión en cada una de las pruebas a diferentes velocidades (50, 100, 300, 600,1000) mm/s.

En el gráfico 18-3 se observa una comparación de las fuerzas pico que alcanzan los amortiguadores a las diferentes velocidades dependiendo de las pruebas a las que fueron sometidos, de esta manera también es posible comparar el comportamiento de cada uno de los amortiguadores mediante un gráfico de fácil entendimiento con la finalidad de comprobar lo mencionado anteriormente; El amortiguador que presenta las mejores prestaciones simulando condiciones de trabajo es la probeta EAI 01 además de ser el único que cumple la norma JASO C611 por ello su curva tanto en compresión como en extensión presenta una forma simétrica reflejándose a sí misma, además que las probetas EAI 02 y EA0 03 tienen características de funcionamiento similares en rangos de expansión sin embargo, en la carrera de compresión desarrollan fuerzas muy elevadas y no se aprecia una similitud en la línea de compresión y expansión es por ello que no cumplen con la norma establecida.

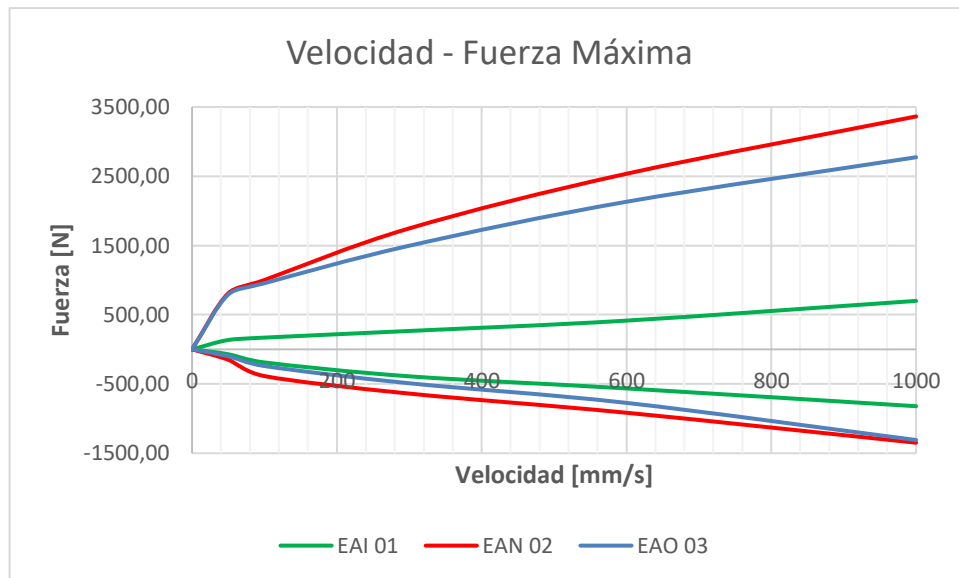


Gráfico 23-3: Comparación de Velocidad de ensayo - Fuerzas máximas

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021

Para la ejecución del análisis ANOVA, LSD y de cajas y bigotes es necesario dividir los análisis en dos grupos, uno para compresión y otro para expansión que se detallan seguidamente.

Análisis en compresión

Las fuerzas de amortiguamiento en compresión que se genera en las diferentes probetas a 300mm/s determinan si tienen una diferencia significativa a partir del siguiente planteamiento, se plantean hipótesis en donde si el valor P es mayor que α , se acepta la hipótesis nula, esto se traduce en que las tres probetas poseen fuerzas similares y la variación de esta no es significativa estadísticamente. Si el valor P es menor que α , se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que las fuerzas máximas de amortiguamiento son estadísticamente diferentes.

Hipótesis nula	Todas las fuerzas máximas en compresión a 300 mm/s son iguales en los 3 amortiguadores.
Hipótesis alterna	Por lo menos una de las fuerzas de amortiguamiento es distinta.
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software STATGRAPHIC se realiza el análisis ANOVA que se expone en la tabla 15-3 con el fin de aceptar la hipótesis nula o alterna. La tabla ANOVA descompone la varianza de F. máximas de compresión [N] en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón F, para este caso es igual a 736.768, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de F.

máximas de compresión [N] entre un nivel de Probetas y otro, con un nivel del 95.0% de confianza, por ello se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 15-3: ANOVA para F. máximas de compresión [N] por Probetas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.77056E6	2	1.88528E6	736.77	0.0000
Intra grupos	15353.1	6	2558.85		
Total (Corr.)	3.78592E6	8			

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

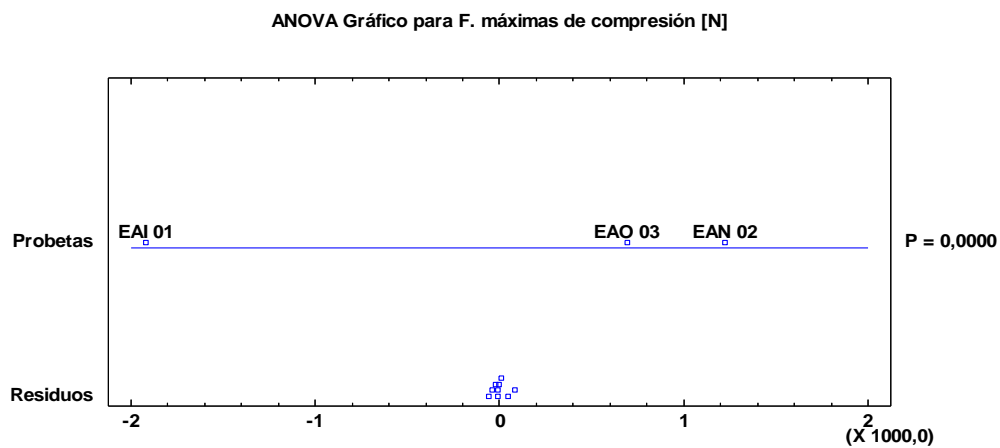


Figura 1-3: Análisis gráfico de ANOVA

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

En la tabla 16-3 se aplica el Método LSD con una eficacia del 95%, este método propone la relación que existe entre las medias de cada probeta, es decir si existe relación entre las fuerzas medias de amortiguamiento en términos de compresión en las tres probetas. Como se puede apreciar en los grupos homogéneos no se comparte ninguna columna de X's entre probetas por lo tanto se comprueba que la media de las fuerzas es significativamente distinta en los 3 casos de estudio

Tabla 16-3: Método: 95,0% LSD

<i>Probetas</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EAI 01	3	265.94	X
EAO 03	3	1496.74	X
EAN 02	3	1746.86	X

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

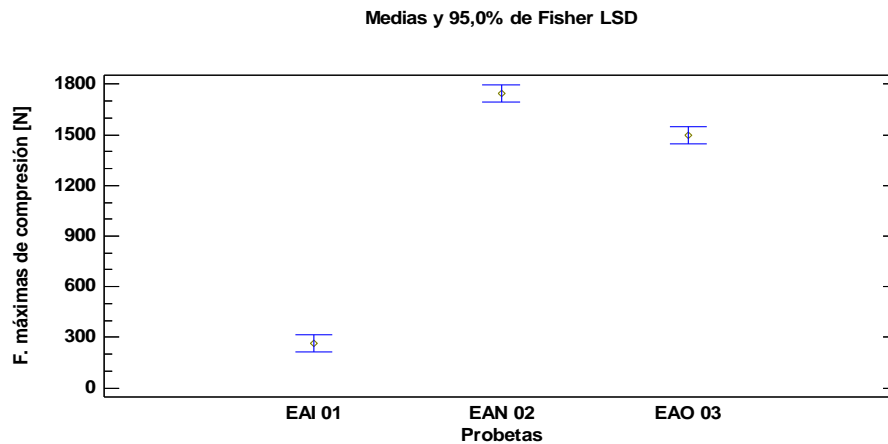


Figura 2-3: Análisis gráfico LSD

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

En la figura 6-3 se muestra el análisis de cajas y bigotes en donde se evidencia la comparación de medias de las fuerzas máximas de amortiguamiento de las distintas probetas. Para la probeta EAI 01 la fuerza promedio máxima en compresión es de 265.94 N que se encuentra dentro del rango establecido, sin embargo, la probeta EAN 02 desarrolla una fuerza de 1746.86 N existiendo una diferencia del 556.86% mientras que la probeta EAO 03 presenta una fuerza de 1496.74 N existiendo una diferencia del 14.32% con referencia a la probeta anterior.

Gráfico Caja y Bigotes

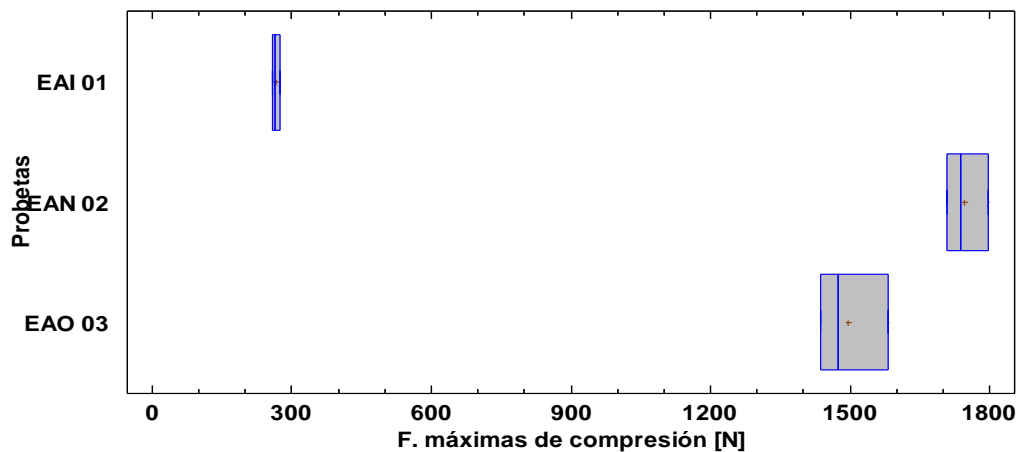


Figura 3-3: Análisis gráfico de cajas y bigotes

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

Análisis para extensión

Las fuerzas de amortiguamiento que se genera en extensión en las diferentes probetas a 300mm/s determinan si tienen una diferencia significativa a partir del siguiente planteamiento, se plantean hipótesis en donde si el valor P es mayor que α , se acepta la hipótesis nula, esto se traduce en que

Tabla 18-3: Método: 95,0 porcentaje LSD

Probetas	Casos	Media	Grupos Homogéneos
EAN 02	3	-63.61	X
EAO 03	3	-489.603	X
EAI 01	3	-389.217	X

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

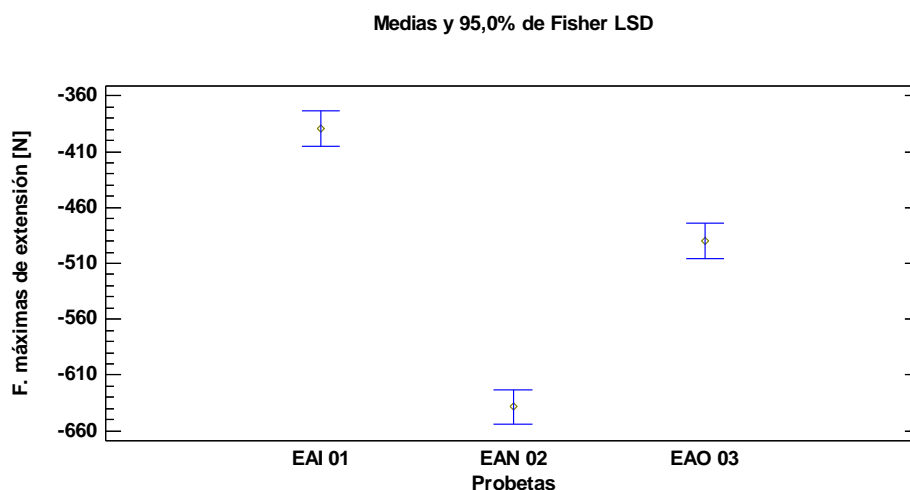


Figura 5-3: Análisis gráfico del método LSD

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

En la figura 9-3 se muestra el análisis de cajas y bigotes en donde se evidencia la comparación de medias de las fuerzas máximas de amortiguamiento de las distintas probetas. Para la probeta EAI 01 la fuerza promedio máxima en extensión es de 389.22 N que se encuentra dentro del rango establecido, la probeta EAN 02 desarrolla una fuerza de 638.61 N existiendo una diferencia del 64.07% mientras que la probeta EAO 03 presenta una fuerza de 489.60N existiendo una diferencia del 23% con referencia a la probeta anterior.

Gráfico Caja y Bigotes

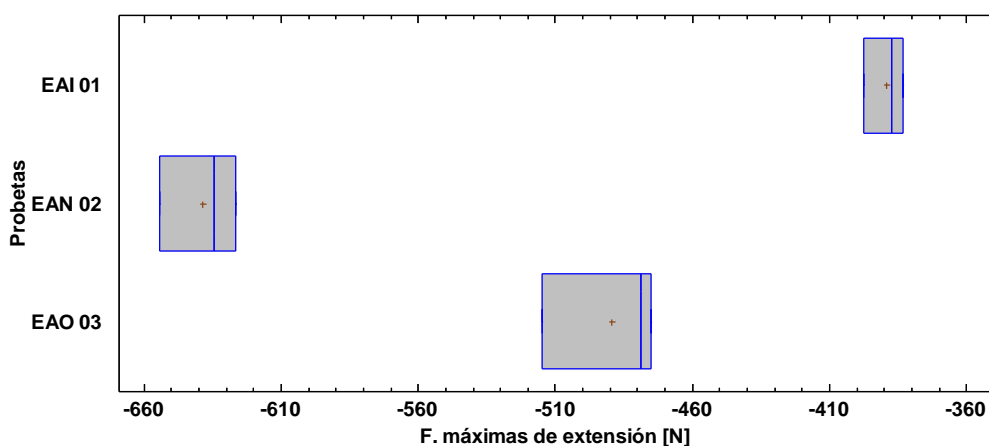


Figura 6-3: Análisis gráfico de cajas y bigotes

Las fuerzas de amortiguación obtenidas en las tres fases de la probeta EAI 01 concuerdan con los resultados obtenidos en las investigaciones de (Pavlov, 2017), (Mayorga, 2019) y de (Báez, 2007), en las cuales se evidenciar que la fuerza que genera un amortiguador en extensión es mayor a la que genera en compresión; sin embargo, las fuerzas de amortiguación obtenidas de las probetas EAN 02 y EAO 03 muestran valores diferentes ya que los valores de fuerzas generadas en compresión son superiores a las fuerzas generadas en extensión.

En los resultados y comparaciones realizadas se puede evidenciar que el amortiguador importado posee mejores características de funcionamiento además de ser el único que cumple con la normativa; sin embargo cabe recalcar que las condiciones de la calzada en nuestro país son bastante impredecibles, al ser este un amortiguador más blando, en momentos críticos puede provocar la falta de estabilidad del vehículo debido al fácil desplazamiento que se puede generar en el amortiguador; es por tal razón que se debe tener en cuenta las condiciones de trabajo a las que van a estar sometidos los amortiguadores para seleccionar uno acorde a las necesidades y exigencias que posee la calzada.

3.2.3. Comparación de las probetas en temperatura análisis ANOVA y LSD

Para la comparación en términos de temperatura se toma en cuenta los valores obtenidos de la fase 3 de las tres probetas debido a que simulan un periodo de funcionamiento más amplio, pruebas de las cuales se puede evidenciar un cambio notable en la temperatura como se indica en el gráfico 3-20, en estas pruebas se obtuvo los siguientes valores: temperatura inicial de 22°C y final del ensayo de 24.1 °C para la probeta EAI 01, temperatura inicial de 20°C y final del ensayo de 32.3 °C para la probeta EAN 02 y finalmente temperatura inicial de 20°C y final del ensayo de 28 °C para la probeta EAO 03.

Intra grupos	167.163	15	11.1442		
Total (Corr.)	168.938	17			

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

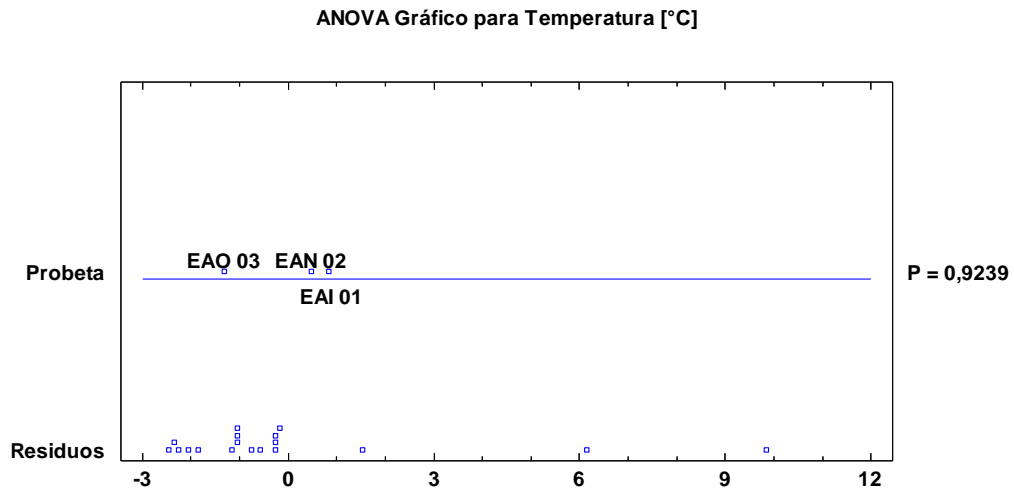


Figura 7-3: Análisis gráfico de ANOVA

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

En la tabla 20-3 se aplica el Método LSD con una eficacia del 95%, este método propone la relación que existe entre las medias de cada probeta, es decir si existe relación entre las temperaturas que genera el amortiguador. Como se puede apreciar en los grupos homogéneos todas las columnas de X's se comparten entre probetas por lo tanto se comprueba que la media de las fuerzas no es significativamente distinta en los 3 casos de estudio.

Tabla 20-3: Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Probeta</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EAO 03	6	21.85	X
EAN 02	6	22.45	X
EAI 01	6	22.5667	X

Realizado por: Chuncho H., Sinche J. 2021.

Medias y 95,0% de Fisher LSD

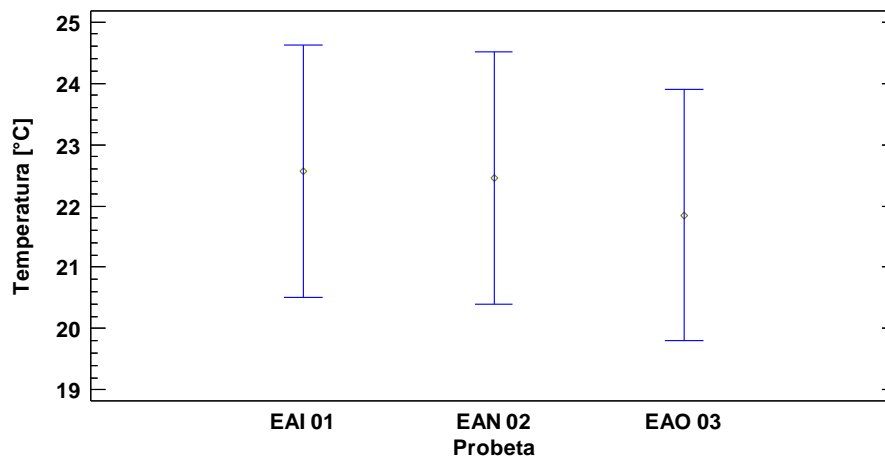


Figura 8-3: Análisis gráfico del método LSD

Realizado por: Chuncho H.; Sinche J. 2021

(Pavlov, 2017, p.1) y (Łukasz et al, 2020, p.7) señalan que la temperatura influye directamente en el comportamiento de los amortiguadores, es por tal razón que un factor fundamental a considerar en el diseño de los amortiguadores, teniendo en cuenta que la temperatura tiende a aumentar de manera más considerable en la fase 3, debido a la carga térmica a la cual es sometida por efecto de los múltiples ensayos consecutivos; se evidencia como en la fase 3 a altas velocidades se alcanzan valores más altos de temperatura; a diferencia de los valores de temperatura registrados en la fase 1 y 2 que incluso a velocidades altas no presentan cambios representativos; sin embargo un aumento de temperatura considerable independientemente de la prueba realizada refleja un mal funcionamiento de los amortiguadores; como menciona (Báez, 2007), el aumento de temperatura está relacionado con el caudal del líquido que pasa por los orificios debido a malos diseños o problemas en las válvulas limitadoras; así como también, está relacionado directamente con el líquido de amortiguación siendo este aumento más notable en los amortiguadores de gas y aceite como se mostró en los resultados obtenidos de los ensayos sobre los amortiguadores hidráulicos; estos resultados concuerdan con la investigación de (Antamba et al, 2018, p.1) en esta los amortiguadores de gas y aceite presentan un incremento más notable de temperatura en relación con los amortiguadores mixtos.

De igual manera (Rana et al, 2014, p.8) menciona que a medida que el líquido de amortiguación funciona en el interior del amortiguador, aumentará su temperatura debido a que los amortiguadores están sometidos cargas térmicas por efecto de la sucesión de las pruebas que van una a continuación de otra, es poca la diferencia de las fuerzas obtenidas de las tres pruebas a velocidades bajas; sin embargo, estas diferencias son más notorias a altas velocidades; lo cual se

resume a una reducción del rendimiento de los amortiguadores, criterios que concuerdan con la investigación de (Demić et al, 2016, p.13).

CONCLUSIONES

- En el presente estudio se evaluó el comportamiento de los amortiguadores de fábrica y alternos para un vehículo M1 a través de un banco de pruebas que describe las curvas características de fuerza-desplazamiento y fuerza-velocidad mediante ensayos bajo la norma JASO/JSAE C611; misma que señala parámetros para la evaluación de conformidad de los amortiguadores.
- Se realizó el análisis de los amortiguadores bajo la norma JASO/JSAE C611, de los cuales se obtuvieron fuerzas de compresión de 265.94 N para la probeta EAI 01 situándose dentro del rango normalizado, 1746.86 N para la probeta EAN 02 valor que excede en un 291.14% la fuerza máxima recomendada y 1496.74 para la probeta EAO 03 excediendo en un 249.46% la fuerza máxima recomendada. Los valores para extensión fueron de 389.22 N para la probeta EAI 01, 638.61 N para la probeta EAN 02 y 489.60 N para la probeta EAO 03; en términos de extensión los tres amortiguadores cumplen con la norma, sin embargo, la probeta EAI 01 es la única que cumple con la normativa en compresión y extensión.
- El banco de ensayos simula condiciones de trabajo similares a las reales sometiendo a los amortiguadores a pruebas no destructivas con diferentes velocidades de ensayo, desde bajas velocidades hasta condiciones críticas de funcionamiento, por lo cual no solo se puede analizar a los amortiguadores bajo parámetros de la norma como la prueba a 300 mm/s; sino también analizar su comportamiento en condiciones críticas como las pruebas a 600 mm/s y a 1000 mm/s en las cuales son más evidentes los cambios de fuerza de amortiguación generada y temperatura desarrollada durante estas pruebas, además de la presencia de fenómenos como el de cavitación.
- El software Statgraphics aporta con herramientas para permite analizar de forma estadística y visualizar los datos que se obtuvieron de los ensayos realizados en los amortiguadores con lo cual fue posible comparar y notar diferencias entre estos; además de comprobar que en términos de extensión existe una variación significativa entre las fuerzas de amortiguamiento generadas por las probetas, esta variación es más evidente en términos de compresión debido a las fuerzas excesivas que se presentaron en las probetas EAN 02 y EAO 03.
- Se observó un comportamiento similar entre el amortiguador de fábrica y nacional los cuales presentan características bastante rígidas de funcionamiento comprometiendo el confort del vehículo, a diferencia del amortiguador importado que presenta características aceptables de

funcionamiento manteniendo un equilibrio entre el confort y la estabilidad del vehículo. Los resultados obtenidos de los amortiguadores locales muestran que aún existen varios aspectos que se deben mejorar dentro de la industria nacional, además la necesidad de aplicar una normativa que regule la fabricación, importación y validación de los amortiguadores con el fin de garantizar la calidad y seguridad de estos productos que se comercializan libremente.

- Fue posible evidenciar que la norma JASO/JSAE C611 y sus procedimientos pueden ser adoptados en nuestro país para controlar y verificar la calidad de los amortiguadores que se comercializan mediante pruebas de comportamiento dinámico en el CFPMCT.

RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de los amortiguadores a diferentes etapas de uso para evaluar su comportamiento cuando sea sometido a condiciones reales de trabajo.

- Continuar con la línea de investigación que permita dar una perspectiva de la industria local, de tal manera que contribuya a mejorar la calidad de los productos de fabricación nacional y regular los importados.
- Para la realización de las pruebas tener en cuenta que es un trabajo de precisión por lo cual se requieren herramientas e instrumentos que sean elaborados cuidadosamente, así de esta manera evitar la entrega de datos erróneas por parte del banco de pruebas.
- Para las pruebas en los amortiguadores es necesario seguir los procesos normalizados, a fin de garantizar la seguridad e integridad del personal designado para estos ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

AEADE. “Número de vehículos”. Sector automotor en cifras [en línea], 2020, (Ecuador), 46(1), pp. 1-16. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/Boletin-Sector-en-cifras-46-resumen-en-espanol.pdf>

ANTAMBA, J.; et al. “Análisis de la variación térmica en el amortiguador de un vehículo liviano bajo condiciones de trabajo de periodo regular”. Publicando [en línea], 2018, (Ecuador) 5(16), pp. 869-885. [Consulta: 20 noviembre 2020]. ISSN 1390-9304. Disponible en: https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2020/pdf_1434

AUTOPARTES IMFRISA. [blog]. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://www.imfrisa.com.ec/fileadmin/imfrisa/doc/AMORTIGUADORES.pdf>

BANGINWAR, A.; et al. “Design and analysis of shock absorber using FEA tool”. International Journal of Engineering Research and Development (IJERD) [en línea], 2014, (India) 10(2), pp. 22-28. [Consulta: 15 noviembre 2020]. ISSN 2278-067X. Disponible en: <http://www.ijerd.com/paper/vol10-issue2/D1022228.pdf>

BOWEN AGUAYO, L.E. Estudio teórico-experimental de sistemas de recuperación de energía en la suspensión de un vehículo automóvil (Trabajo de titulación) (Doctorado). Universidad Antonio de Nebrija. Madrid-España. 2018. pp. 1-125.

CAISAGUANO VEGA, E.C. Análisis de Durabilidad y Caracterización del Comportamiento Dinámico de Amortiguadores de Fábrica y Alternos para uso de Carretera (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingeniería. Ecuador. 2019. pp. 16-131.

CENTRO CARROCERO. (2020).

DEMIC, M.; & DILIGENSKI, D. “Numerical simulation of shock absorbers heat load for semi-active vehicle suspension system”. Thermal Science [en línea], 2016, (Serbia) 20(5), pp. 1725-1739. [Consulta: 12 diciembre 2020]. ISSN 1725-1739. Disponible en: <http://www.ijerd.com/paper/vol10-issue2/D1022228.pdf>

FERDEK, U.; & ŁUCZKO, J. “A comparative analysis of mono-tube shock absorbers with different valve systems”. AIP Conference Proceedings [en línea], 2020, (Polonia) 2239(1), pp. 1-10. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0007803>

FERDEK, U.; & ŁUCZKO, J. “Modeling and analysis of a twin-tube hydraulic shock absorber”. Journal of Theoretical and Applied Mechanics [en línea], 2012, (Polonia) 50(2), pp. 627-638. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://www.ptmts.org.pl/jtam/index.php/jtam/article/view/v50n2p627/131>

GAVILANEZ, C.E. Análisis e Importancia de Sistema de Suspensión de Vehículos Livianos Mediante Modelo Digital (Trabajo de titulación) (Licenciatura). Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito-Ecuador. 2016. pp. 10-79.

GOMEZ, A. “Modelar y simular: Sistema masa-resorte-amortiguador (vertical) y Péndulo simple”. Academia [en línea], 2017, (México), pp. 1-6. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/27341916/Modelar_y_simular_Sistema_masa_resorte_amortiguador_vertical_y_P%C3%A9ndulo_simple

HUREL, J; et al. “Los sistemas de suspension activa y semiactiva: Una revisión”. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial [en línea], 2013, (Ecuador) 10(2), pp. 121-132. [Consulta: 8 diciembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riai.2013.03.002>

JASTRZĘBSKI, L.; et al. “Automotive MR Shock Absorber Behaviour Considering Temperature Changes: Experimental Testing and Analysis”. Acta Mechanica et Automatica [en línea], 2020, (Polonia) 14(1), pp. 22-28. [Consulta 28 noviembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/ama-2020-0004>

KRUSE, A.; et al. “Analysis of dynamic behavior of twin-tube vehicle shock absorbers. SAE Technical Papers” SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems [en línea], 2009, (Estados Unidos) 2(1), pp. 447-453. [Consulta: 22 noviembre 2020]. ISSN 1946-3995. Disponible en: <https://doi.org/10.4271/2009-01-0223>.

LIDERES. *Amortiguadores con partes ecuatorianas* [blog]. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/amortiguadores-partes-ecuatorianas.html>

LOZOYA SANTOS, J.; et al. “Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas Característicos”. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial [en línea], 2015, (México) 12(3), pp. 282-291. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.001>

MAYORGA SANTANA, M.G. Análisis y evaluación de conformidad del comportamiento dinámico de amortiguadores a gas coilovers y determinación de curvas óptimas de trabajo

(Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga-Ecuador. 2019. pp. 10-127.

MEDIA GM. *General Motors del Ecuador S.A. y Ómnibus BB transportes S.A. informan* [blog]. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: https://media.gm.com/media/ec/es/chevrolet/news.detail.html/content/Pages/news/ec/es/2009/06_01_GENERAL_MOTORS.html

NAVARRO ARCAS, A.; et al. “Metodología experimental para determinar el coeficiente de amortiguamiento del sistema de suspensión de un vehículo”. XIX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica [en línea], 2012, (España), pp. 1-8. [Consulta: 17 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/18-05.pdf>

PAVLOV, N. “Influence of shock absorber temperature on vehicle ride comfort and road holding”. MATEC Web of Conferences [en línea], 2017, (Bulgaria) 133, pp. 1-6. [Consulta: 2 diciembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713302006>

PERALTA ZURITA, D.B. & MOLINA OSEJOS, J.V. “La responsabilidad de la Universidad en la transformación de la matriz productiva del sector automotriz del Ecuador”. INNOVA Research Journal [en línea], 2018, (Ecuador), 3(5), pp. 136-145. [Consulta: 18 noviembre 2020]. ISSN 2477-9024. Disponible en <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n5.2018.532>

PÉREZ, R. “Cavitación y materiales de construcción en las bombas centrífugas”. *Minería & Geología* revista digital científico y tecnológica [en línea], 2004, (Cuba) 20(3-4), pp. 1-5. [Consulta: 28 noviembre 2020]. ISSN 0258-5979. Disponible en: <http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/151/152>

PINEDA RICO, Z.; et al. “Amortiguadores inteligentes y reología”. Researchgate [en línea], 2017, (México), pp. 28-33. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326106876_Amortiguadores_inteligentes_y_reologia

POMERO, V.; & BONNEAU, D. “El fenómeno de cavitación”. Researchgate [en línea], 2015, pp. 1-7 [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Vincent->

Pomero/publication/268301032_EL_FENOMENO_DE_CAVITACION/links/54d3afc90cf25013d0263349/EL-FENOMENO-DE-CAVITACION.pdf

PURUSHOTHAM, A. “Comparative Simulation studies on MacPherson Suspension System”. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) [en línea]. 2013, (India) 3(3), pp. 1377-1381. [Consulta: 17 diciembre 2020]. ISSN 2249-6645. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.7151&rep=rep1&type=pdf>

RANA, J.; et al. “Experimental Analysis and Heat Transfer Study of Damping Fluid in Shock Absorber Operation”. International journal of engineering development and research [en línea], 2014, (India) 2(3), pp. 2939-2947. [Consulta: 11 diciembre 2020]. ISSN 2321-9939. Disponible en: <http://www.ijserd.com/articles/IJSRDV2I3606.pdf>

REYES, J.; & IZQUIERDO, R. “Diagnóstico de instalaciones de transporte de hidromezcla afectadas por cavitación”. Minería y Geología [en línea], 2007, (Cuba) 23(3), pp. 1-15. [Consulta: 28 noviembre 2020]. ISSN 1993-8012. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/51023057_Diagnostico_de_instalaciones_de_transporte_de_hidromezcla_afectadas_por_cavitacion

ROCHA HOYOS, J.C.; et al. “Effect of the addition of biodiesel on the performance and opacity of a diesel engine”. Informacion Tecnológica [en línea], 2019, (Ecuador) 30(3), pp. 137-146. [Consulta: 23 noviembre 2020]. ISSN 0718-0764. Disponible en: <https://doi:10.4067/S0718-07642019000300137>

RODAMET. *Amortiguadores Record: Investigacion, Desarrollo, Ventajas e Incorporaciones* [blog]. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: https://www.rodamet.com/informacion_tecnica/amortiguadores-record-investigacion-desarrollo-ventajas-e-incorporaciones/

INEN. RTE INEN 034. *Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores.*

SAWANT, S.M., & SCHOLAR, R. “Design and development of shock absorber test rig”. International Journal of Mechanical Engineering [en línea], 2013, (India) 2(1), pp. 17-28. [Consulta: 9 diciembre 2020]. ISSN 2319-2240. Disponible en: <https://www.iaset.us/index.php/download/archives/--1354791122-3.%20Design%20-%20L.M.%20Jugulkar.pdf>

SERRANO RINCÓN, C.A.; et al. “Análisis de esfuerzos del brazo inferior de la suspensión de puntal Macpherson en vehículos compactos”. 2019, (Colombia), pp. 1-7. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/190744207-Analisis-de-esfuerzos-del-brazo-inferior-de-la-suspension-de-puntal-macpherson-en-vehiculos-compactos.html>

SINGH, W.; & SRILATHA, N. “Design and Analysis of Shock Absorber: A Review”. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2018, (India) 5(2) pp. 4832-4837. [Consulta: 20 noviembre 2020]. ISSN 22147853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.058>.

ANEXOS

Anexo A: Portada

Anexo B: Informe de laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES.**

INFORME DE RESULTADOS N°: 060459484620201221-EAA.

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: EN_2020_007.

Empresa/Cliente: Johnny Javier Sinche Villafuerte.

RUC/C.I.: 0604594846.

Teléfono: +593983242962.

Dirección: La Libertad- Riobamba.

Correo: johnny.sinche@esPOCH.edu.ec.

Datos del ensayo:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Ensayos No Destructivos.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo: JASO/JSAE C611:1993. Chassis and brake-Suspension struts for automobiles.
(Chasis y freno. Puntales de suspensión para automóviles).

Equipo utilizado: Banco de prueba amortiguadores.

Modelo: DYNOSHOCK 11

Serie: DYN11835

Diámetro de varilla del amortiguador: 20 mm.

Fecha Inicio de Ensayo: 2021/01/04

Fecha Finalización de Ensayo: 2021/01/21.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *amortiguadores: Record, G-Control y General Motors*. Los amortiguadores fueron recibidos en el Laboratorio de Ensayos No Destructivos del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N. °	Identificación de la probeta	Nombre del fabricante	Lugar de fabricación	Serie	Probetas a Ensayar
1	180461249520181004-EAA 01	RECORD	Japón	03-005-08-0237	1
2	180461249520181004-EAA 02	G-CONTROL	Ecuador	203049	1
3	180461249520181004-EAA 03	GENERAL MOTORS	Colombia	95370057	1
				Total	3

Observaciones: Los amortiguadores en tipo y cantidad es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 25 de enero de 2021.

N° de factura:001-002-000010056.



Parámetros Técnicos del Banco “Dyno-shock 11

Parámetros	Rangos
Excursión o desplazamiento	1 mm a 150 mm
Velocidad	Desde 18 hasta 1500 mm/s
Fuerza	De 0 a 2500 Kgf.



Resultados de ensayo:

Identificación de la probeta	060459484620201221-EAA 01
------------------------------	---------------------------

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	20,50	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	65,40

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
1.1	50	0,32	19,00	50,49	131,71	71,84	50,74	49,98	19,50
1.2	100	0,64	20,00	50,57	179,61	183,60	103,09	100,41	20,60
1.3	300	1,91	21,00	50,61	275,40	387,16	299,25	297,55	20,80
1.4	600	3,82	21,00	50,57	399,13	594,71	595,54	601,24	21,10
1.5	1000	6,37	21,00	50,57	698,48	830,19	994,45	1005,47	21,60

Tipo de Velocidad	Variable	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	23,20	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	52,10

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
2.1	50	0,32	22,00	50,49	143,69	75,84	56,74	55,84	22,30
2.2	100	0,64		50,49	167,63	191,58	99,58	105,34	22,30
2.3	300	1,91		50,49	263,43	383,17	297,25	304,76	22,30
2.4	600	3,82		50,49	423,08	566,77	594,79	599,46	22,40
2.5	1000	6,37		50,49	694,49	810,24	998,88	996,05	24,10

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	19,90	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	67,70

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
3.1	50	0,32	18,00	50,38	131,71	67,85	50,57	49,53	18,20
3.2	100	0,64	19,00	50,49	171,63	191,58	103,15	100,59	18,50
3.3	300	1,91	19,00	50,64	263,43	399,13	294,83	298,68	18,90
3.4	600	3,82	19,00	50,49	423,08	590,71	596,84	604,43	19,20
3.5	1000	6,37	20,00	50,53	706,46	822,21	1003,28	1002,60	20,10

Identificación de la probeta	060459484620201221-EAA 02
-------------------------------------	---------------------------

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,90	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	64,10

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
1.1	50	0,32	22,00	50,34	782,30	131,71	50,32	50,09	22,20
1.2	100	0,64	22,00	50,34	973,88	367,20	101,07	100,26	22,10
1.3	300	1,91	22,00	50,38	1736,22	654,57	296,44	304,45	22,10
1.4	600	3,82	22,00	50,38	2550,45	941,95	605,30	595,32	22,40
1.5	1000	6,37	21,00	50,38	3384,63	1357,05	1003,90	1004,51	22,90

Tipo de Velocidad	Variable	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	18,10	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	68,20

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
2.1	50	0,32	20,00	50,23	814,23	163,65	50,35	49,96	20,10
2.2	100	0,64		50,23	1013,79	403,12	100,09	105,48	20,20
2.3	300	1,91		50,23	1708,28	626,64	301,88	299,06	20,40
2.4	600	3,82		50,23	2470,62	882,08	601,10	600,84	21,70
2.5	1000	6,37		50,23	3296,82	1325,12	995,69	998,97	32,30

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	19,20	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	61,10

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
3.1	50	0,32	20,00	50,34	830,19	155,66	50,27	49,92	20,10
3.2	100	0,64	20,00	50,30	1017,79	387,16	102,32	100,37	20,20
3.3	300	1,91	21,00	50,27	1796,09	634,62	296,99	304,65	20,50
3.4	600	3,82	21,00	50,30	2586,37	921,99	601,05	602,90	21,20
3.5	1000	6,37	22,00	50,30	3408,58	1361,04	996,41	1002,60	23,20

Identificación de la probeta	060459484620201221-EAA 03
-------------------------------------	---------------------------

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	20,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	54,90

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
1.1	50	0,32	21,00	50,42	890,06	123,73	56,59	55,59	21,20
1.2	100	0,64	21,00	50,46	1005,81	291,37	101,56	100,53	21,40
1.3	300	1,91	22,00	50,42	1580,56	474,97	298,15	300,44	21,60
1.4	600	3,82	22,00	50,53	2215,18	742,38	605,36	594,35	22,70
1.5	1000	6,37	20,00	50,46	2777,95	1285,20	1003,06	1003,34	22,90

Tipo de Velocidad	Variable	Carrera Nominal (mm)	50
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,10	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	57,40

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
2.1	50	0,32	20,00	50,46	730,41	95,79	50,78	50,23	20,70
2.2	100	0,64		50,46	898,04	239,48	101,59	100,18	20,80
2.3	300	1,91		50,46	1436,87	514,88	298,39	299,17	20,80
2.4	600	3,82		50,46	2083,46	786,29	601,57	600,12	20,80
2.5	1000	6,37		50,46	2730,06	1249,28	1002,17	994,04	28,00

Tipo de Velocidad	Fija	Carrera Nominal (mm)	50
--------------------------	------	-----------------------------	----

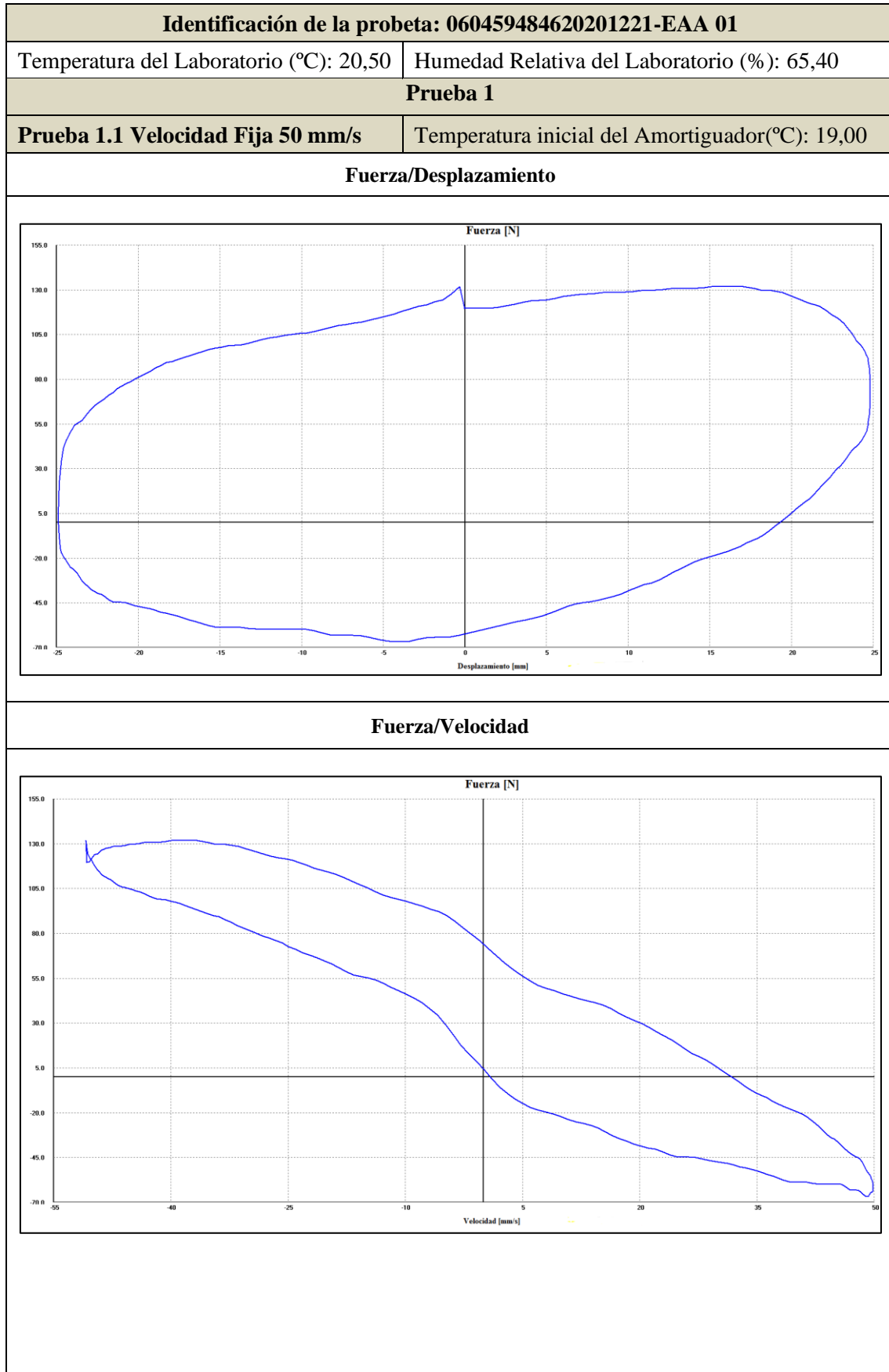


Temperatura del Laboratorio (°C)	18,70	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	77,20
----------------------------------	-------	--------------------------------------	-------

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
3.1	50	0,32	17,00	50,34	754,36	75,84	50,84	50,16	17,10
3.2	100	0,64	17,00	50,49	961,91	191,58	101,91	105,06	17,40
3.3	300	1,91	18,00	50,42	1472,79	478,96	302,16	295,69	17,60
3.4	600	3,82	18,00	50,42	2095,44	790,28	597,52	595,30	19,50
3.5	1000	6,37	20,00	50,42	2813,87	1392,97	1000,32	1002,75	20,90

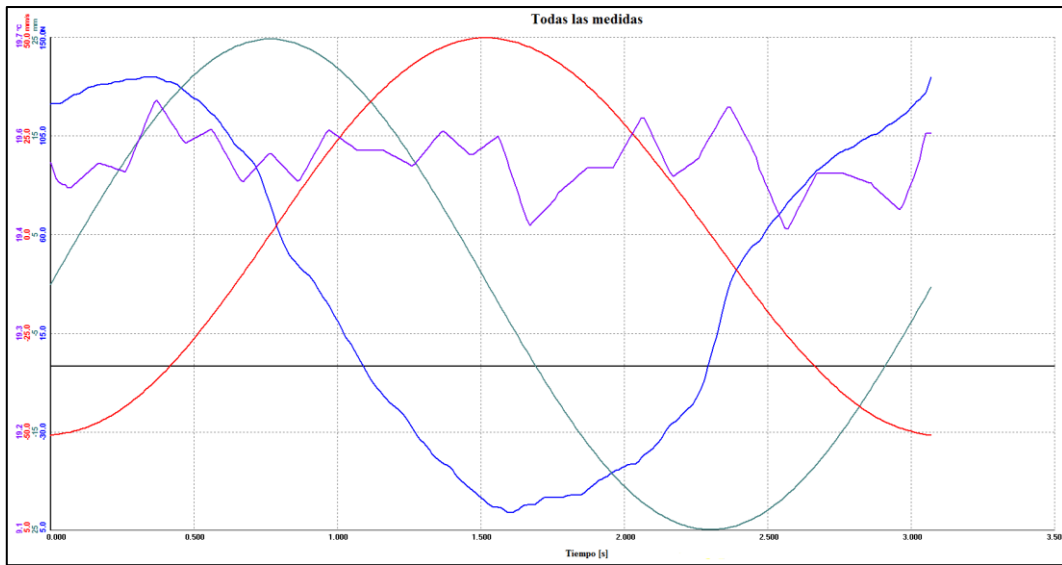


Graficas de ensayo:





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	131,71
Fuerza máxima de Extensión (N)	71,84
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,74
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	49,98
Temperatura Mediana (°C)	19,50

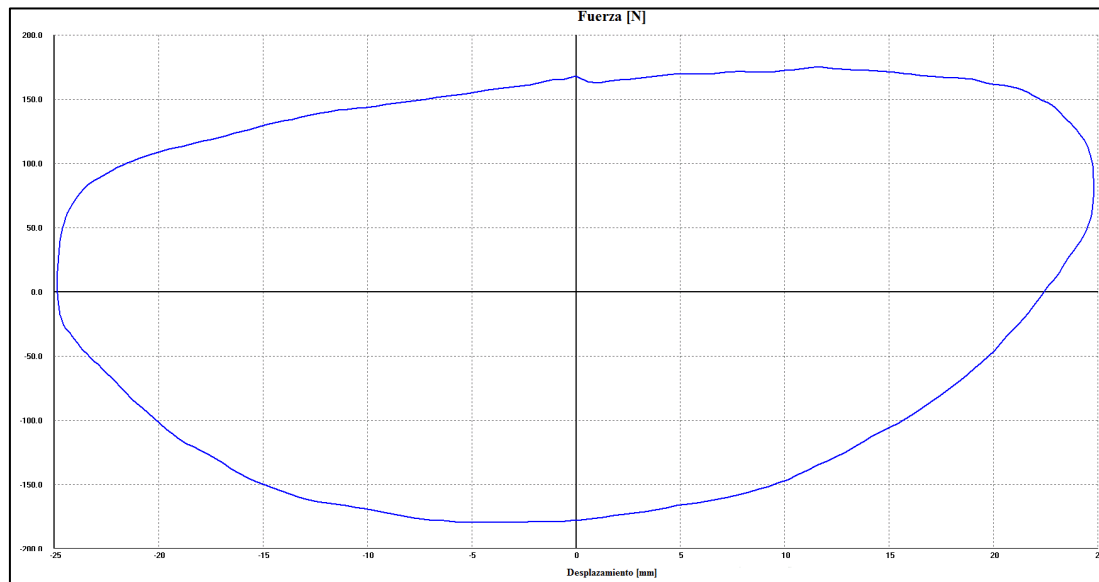
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	131,71 50,74
Pk.Estens.	-71,84 49,98
Temp.Mediana	19,5

Prueba 1.2 Velocidad Fija 100 mm/s

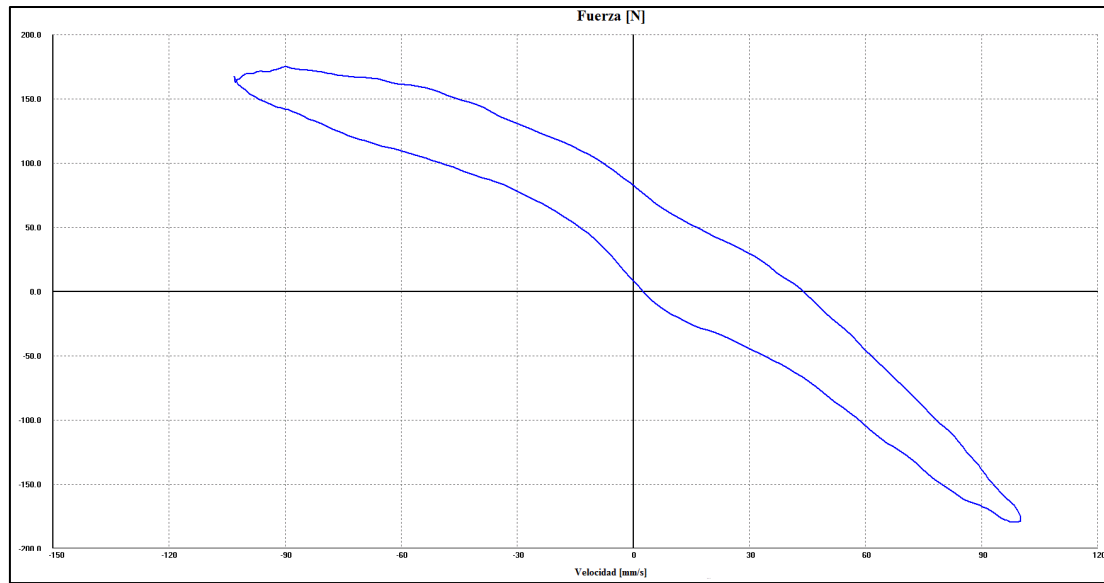
Temperatura inicial del Amortiguador(°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

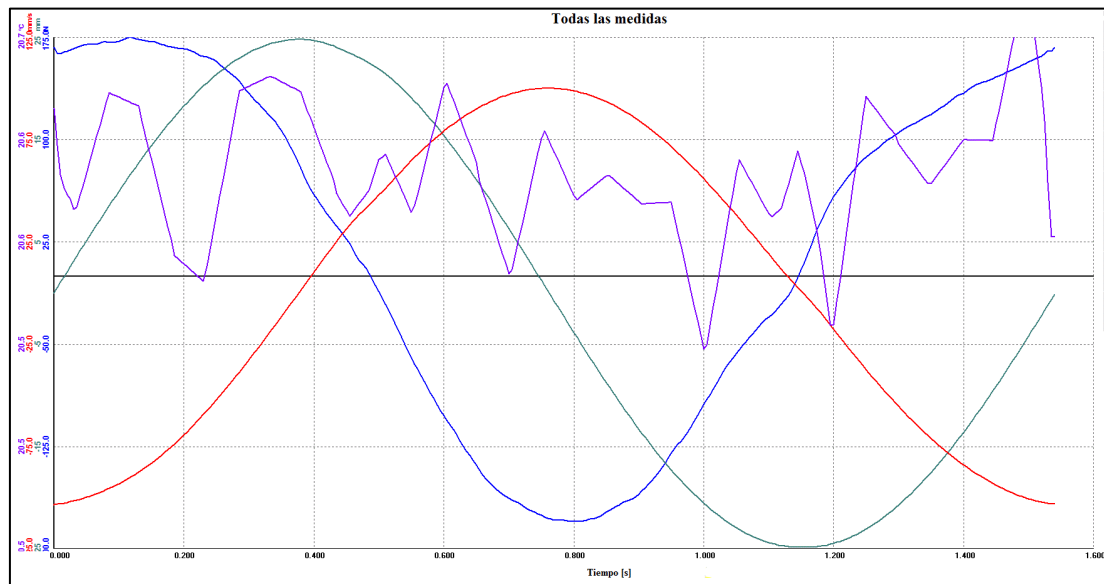




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,57
Fuerza máxima de Compresión (N)	179,61
Fuerza máxima de Extensión (N)	183,60
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	103,09
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,41
Temperatura Mediana (°C)	20,60

Datos de prueba

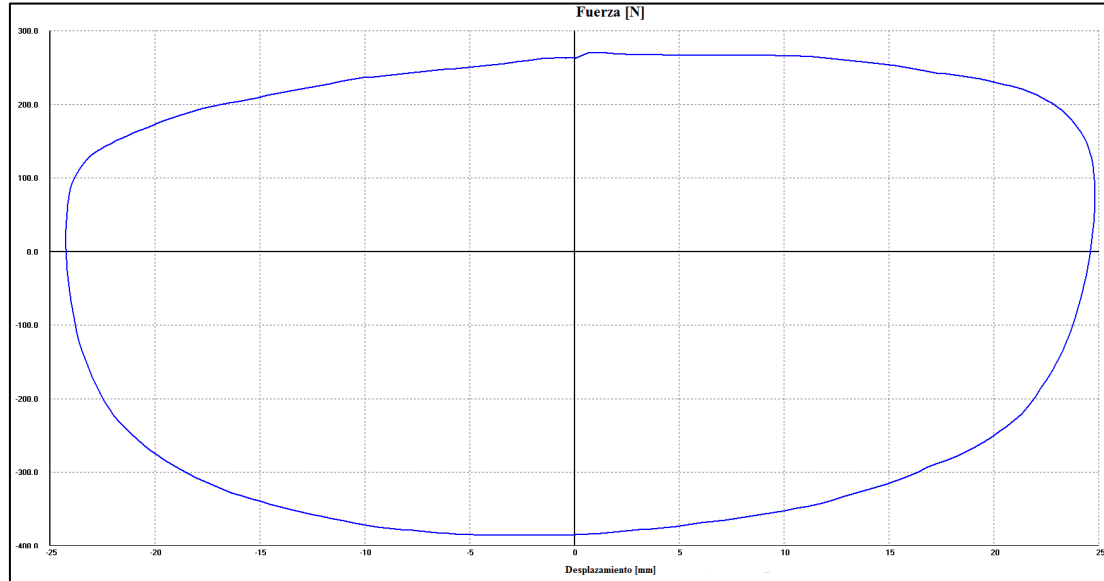
Excursión [mm]	50,57
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	179,61 -103,09
Pk. Estens.	-183,6 100,41
Temp. Mediana	20,6



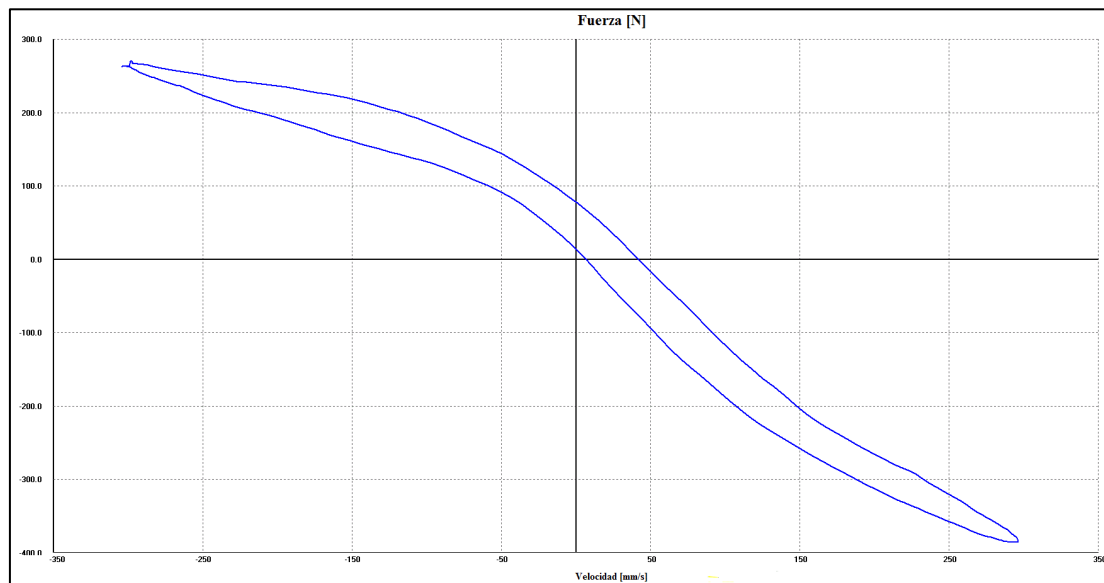
Prueba 1.3 Velocidad Fija 300 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador(°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

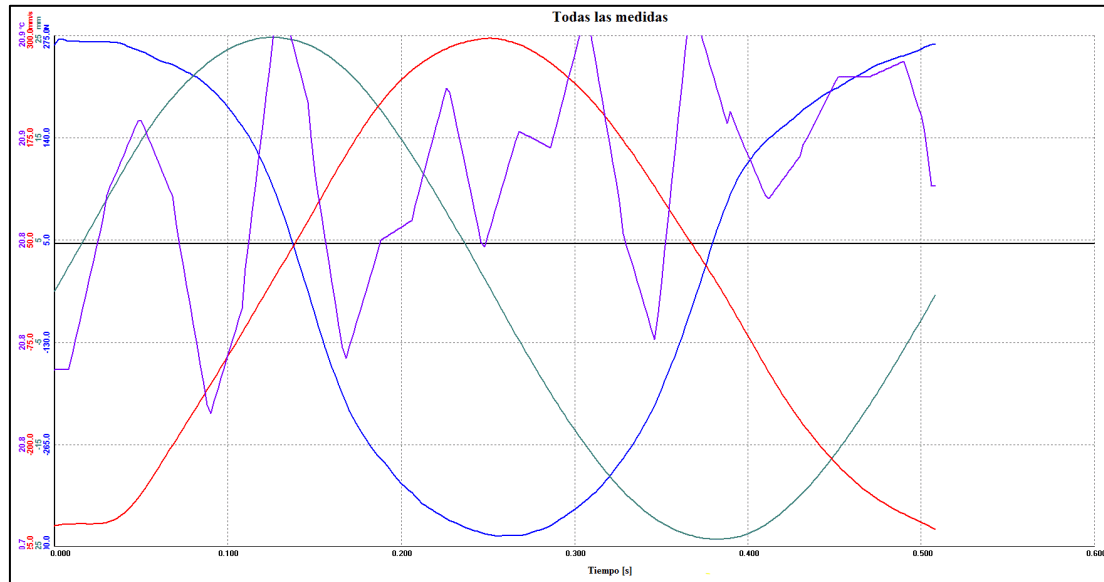


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,61
Fuerza máxima de Compresión (N)	275,40
Fuerza máxima de Extensión (N)	387,16
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	299,25
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	297,55
Temperatura Mediana (°C)	20,80

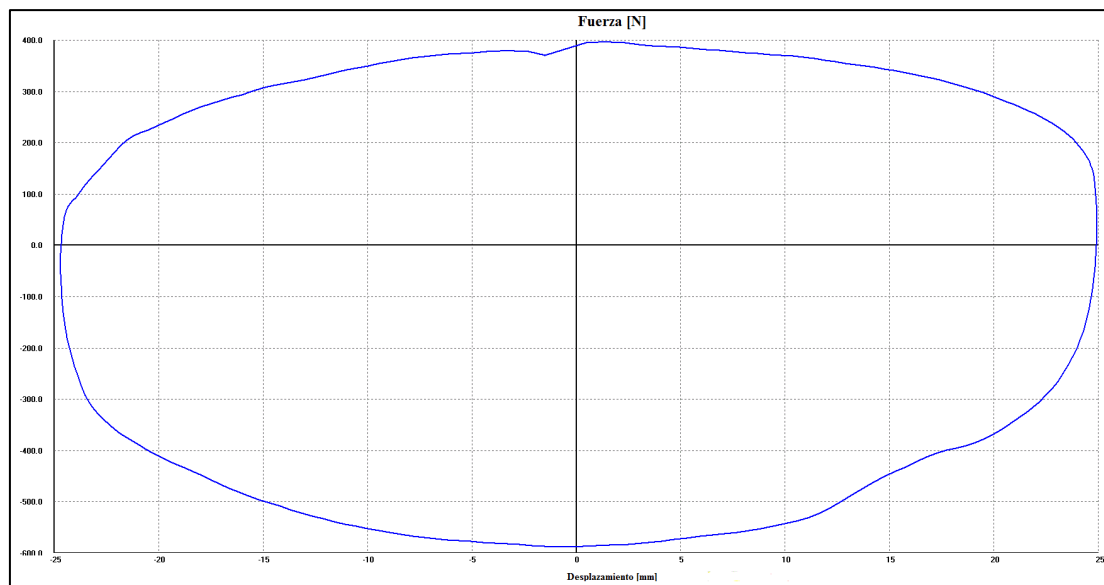
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,61
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compress.	275,4 -299,25
Pk.Estens.	-387,16 297,55
Temp.Mediana	20,8

Prueba 1.4 Velocidad Fija 600 mm/s

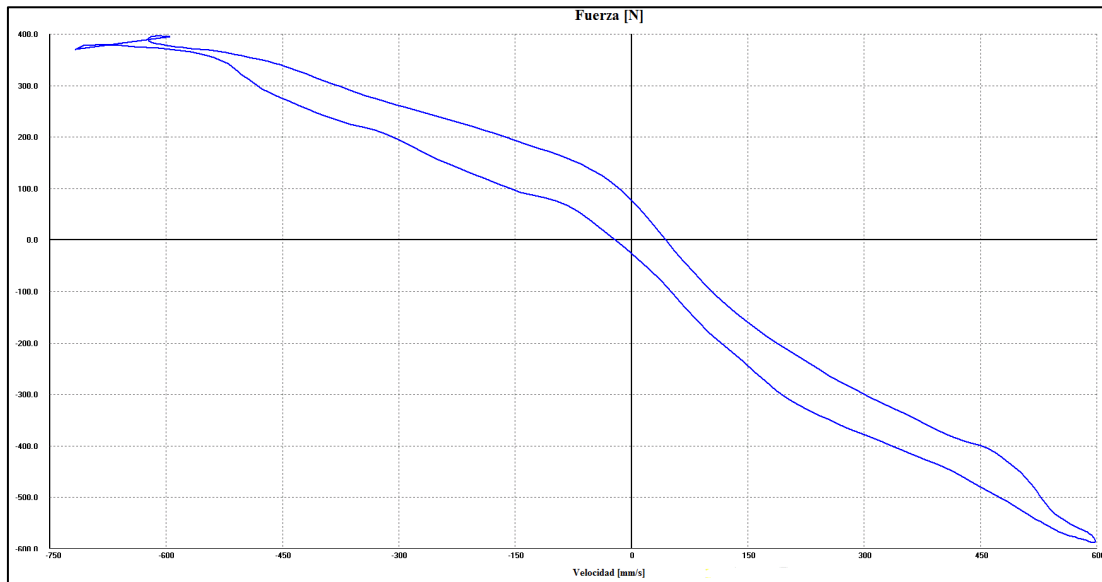
Temperatura inicial del Amortiguador(°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

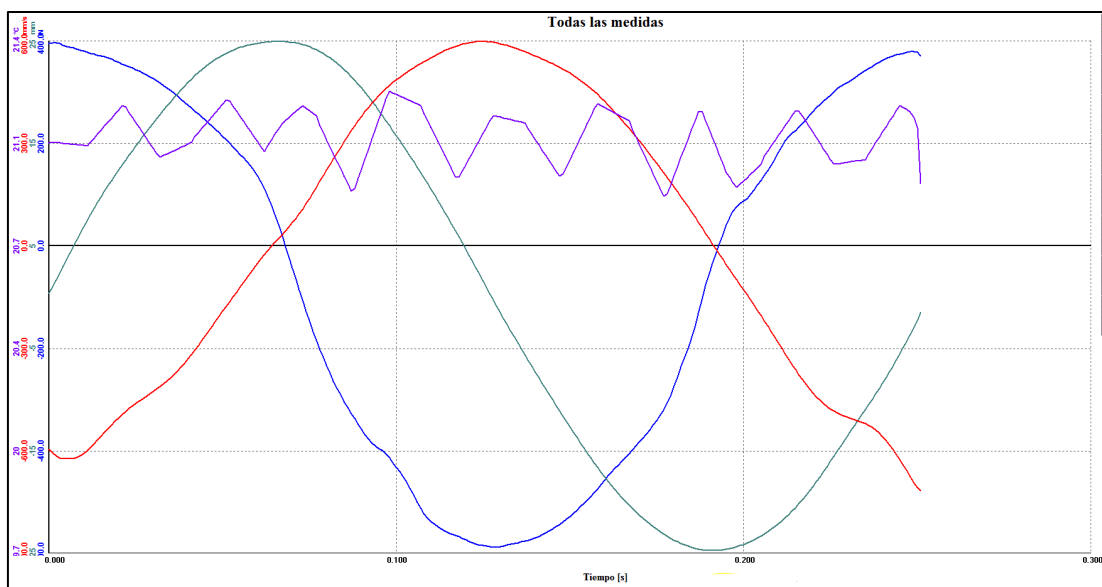




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,57
Fuerza máxima de Compresión (N)	399,13
Fuerza máxima de Extensión (N)	594,71
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	595,54
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	601,24
Temperatura Mediana (°C)	21,10

Datos de prueba

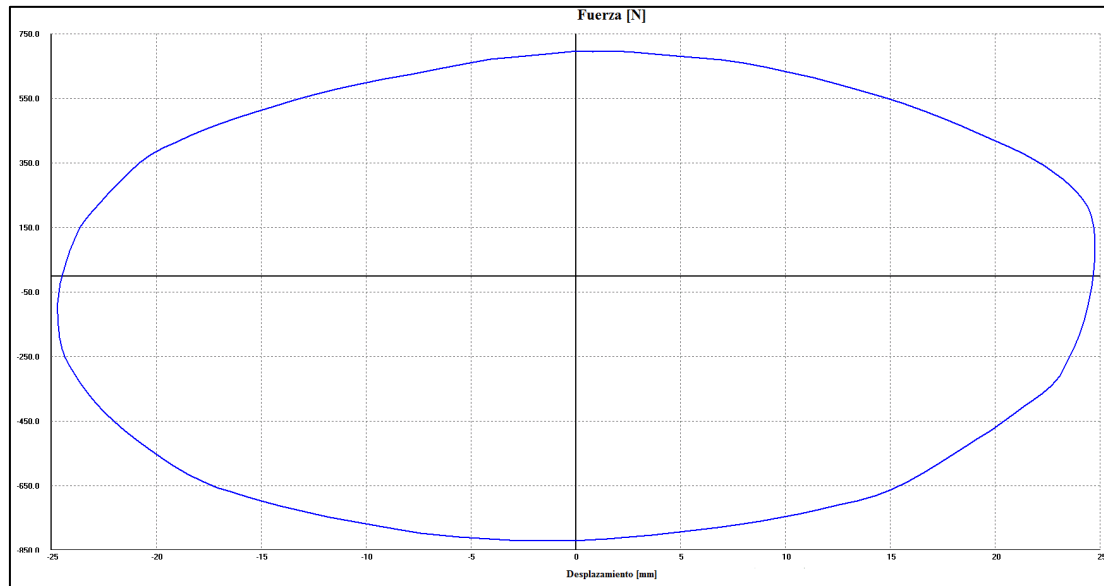
Excursión [mm]	50,57
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	399,13 -595,54
Pk. Estens.	-594,71 601,24
Temp. Mediana	21,1



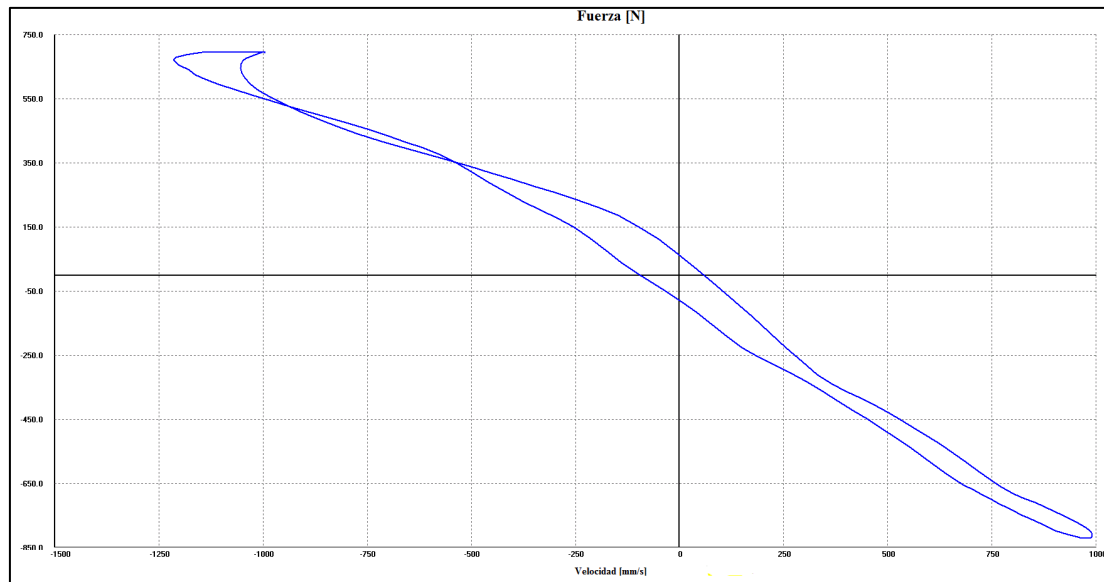
Prueba 1.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador(°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

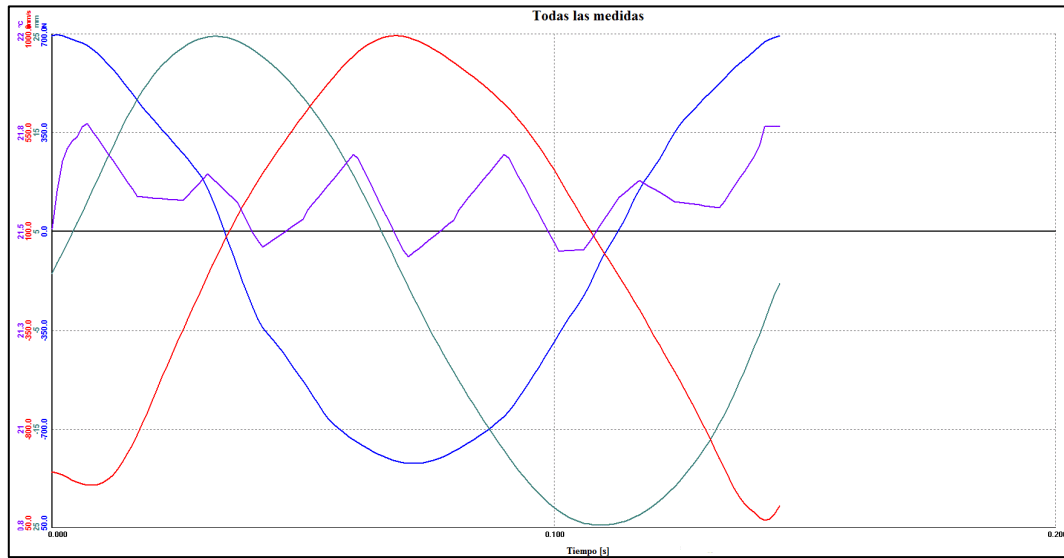


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,57
Fuerza máxima de Compresión (N)	698,48
Fuerza máxima de Extensión (N)	830,19
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	994,45
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1005,47
Temperatura Mediana (°C)	21,60

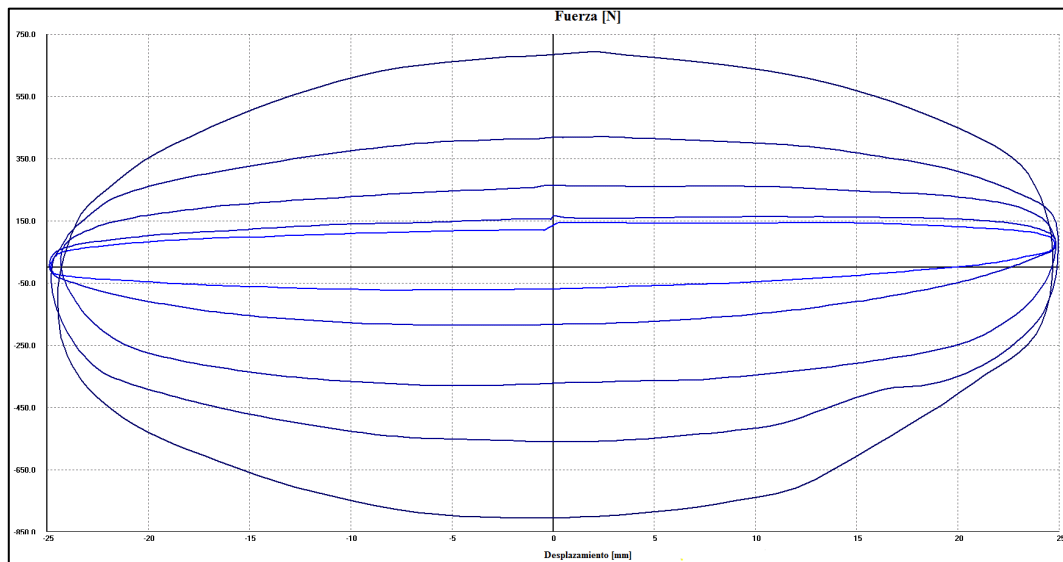
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,57
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	698,48 994,45
Pk. Estens.	830,19 1005,47
Temp. Mediana	21,6

Prueba 2

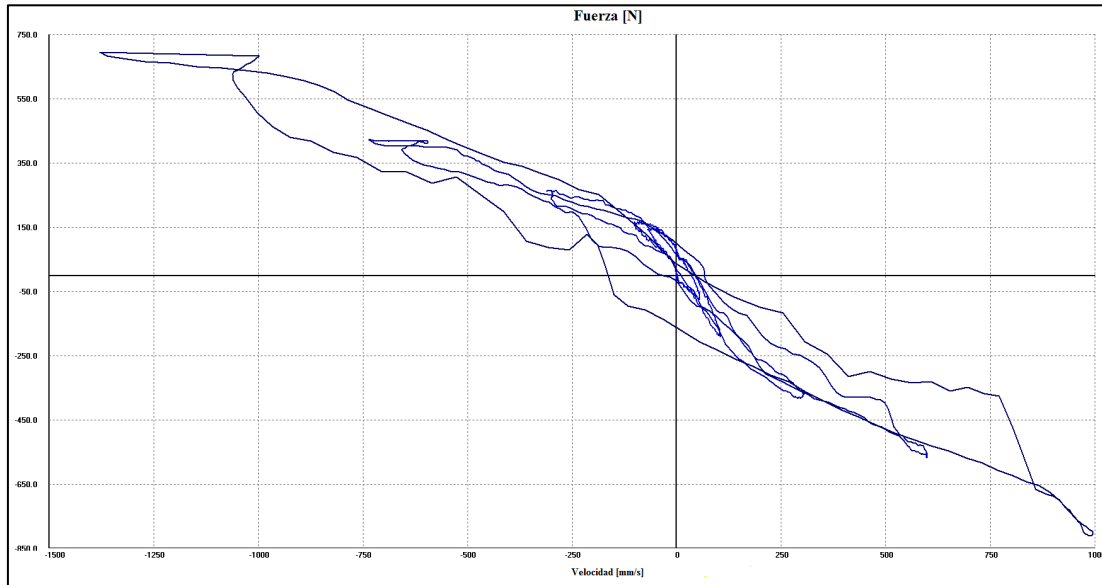
Temperatura del Laboratorio (°C): 23,20	Humedad Relativa del Laboratorio (%): 52,10
Velocidad Variable (50,100,300,600,1000) mm/s.	Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,0

Fuerza/Desplazamiento

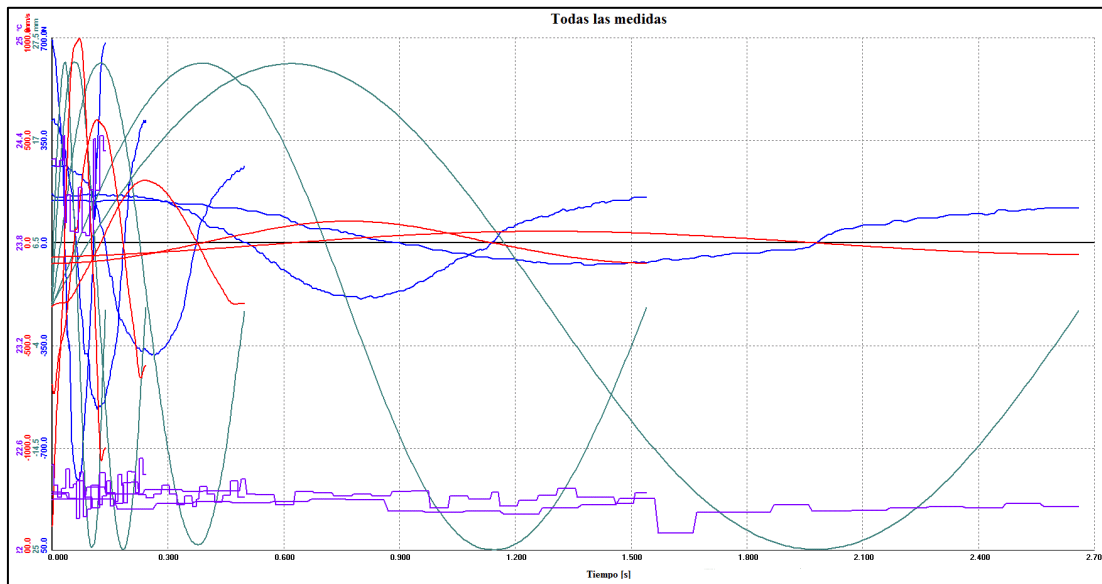




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Datos de prueba

Ciclo I

Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	143,69
Fuerza máxima de Extensión (N)	75,84
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	56,74
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	55,84
Temperatura Mediana (°C)	22,30

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]
Pk. Compres.	143,69 -56,74
Pk. Estens.	-75,84 55,84
Temp. Mediana	22,3



Ciclo II	
Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	167,63
Fuerza máxima de Extensión (N)	191,58
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	99,58
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	105,35
Temperatura Mediana (°C)	22,30

Ciclo III	
Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	263,43
Fuerza máxima de Extensión (N)	383,17
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	297,25
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	304,76
Temperatura Mediana (°C)	22,30

Ciclo IV	
Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	423,08
Fuerza máxima de Extensión (N)	566,77
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	594,79
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	599,46
Temperatura Mediana (°C)	22,40

Ciclo V	
Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	694,49
Fuerza máxima de Extensión (N)	810,24
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	998,88
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	996,05
Temperatura Mediana (°C)	24,10

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	167,63 -99,58
Pk. Estens.	-191,58 105,34
Temp. Mediana	22,3

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	263,43 -297,25
Pk. Estens.	-383,17 304,76
Temp. Mediana	22,3

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	423,08 -594,79
Pk. Estens.	-566,77 599,46
Temp. Mediana	22,4

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	694,49 -998,88
Pk. Estens.	-810,24 996,05
Temp. Mediana	24,1



Prueba 3

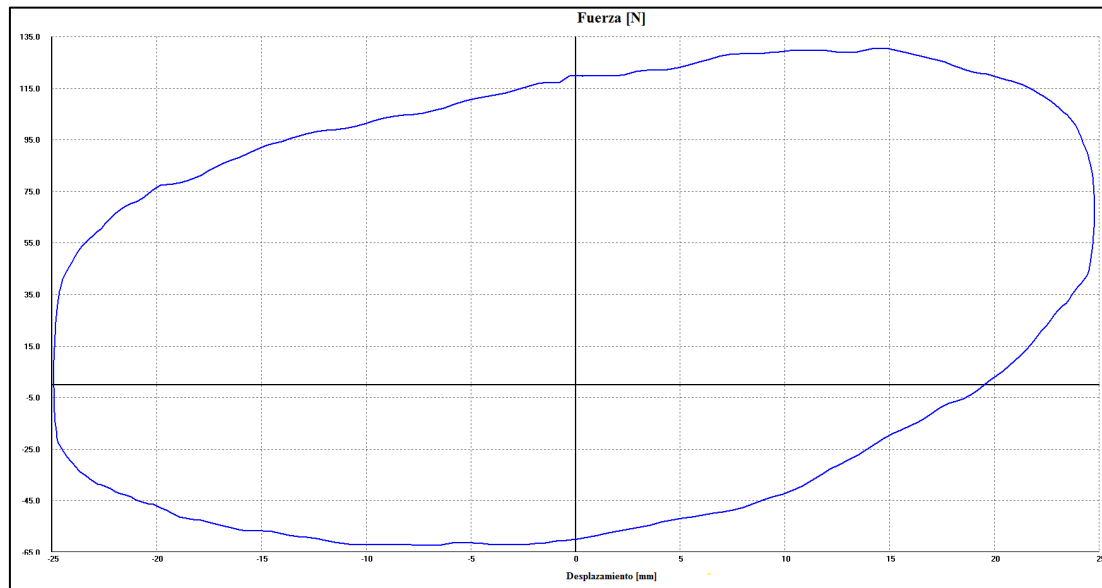
Temperatura del Laboratorio (°C): 19,90

Humedad Relativa del Laboratorio (%): 67,70

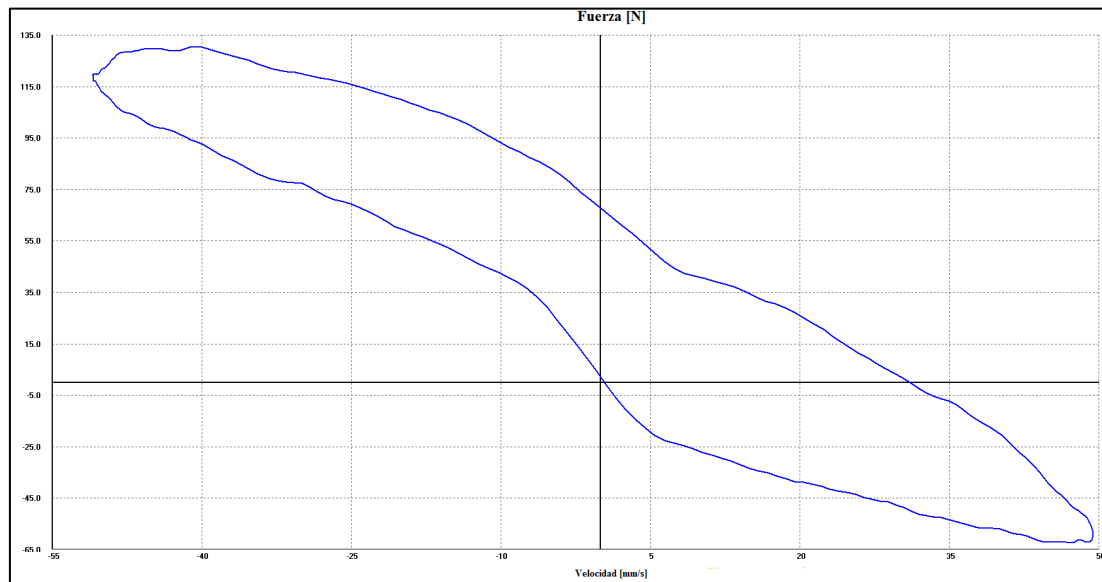
Prueba 3.1 Velocidad Fija 50 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 18,00

Fuerza/Desplazamiento

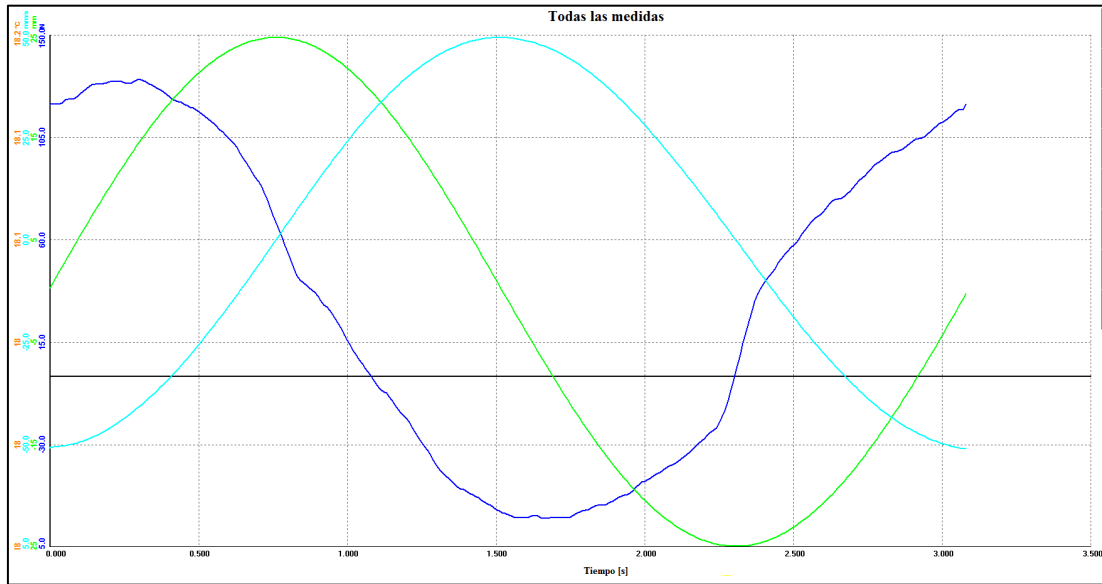


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,38
Fuerza máxima de Compresión (N)	131,71
Fuerza máxima de Extensión (N)	67,85
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,57
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	49,53
Temperatura Mediana (°C)	18,20

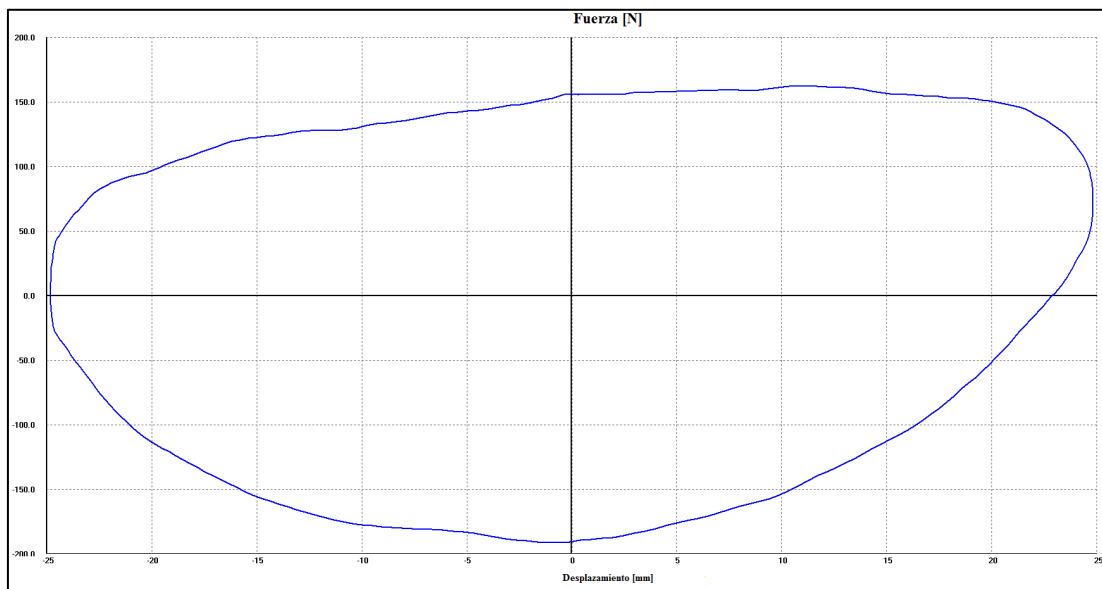
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,38
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	131,71 -50,57
Pk. Estens.	-67,85 49,53
Temp. Mediana	18,2

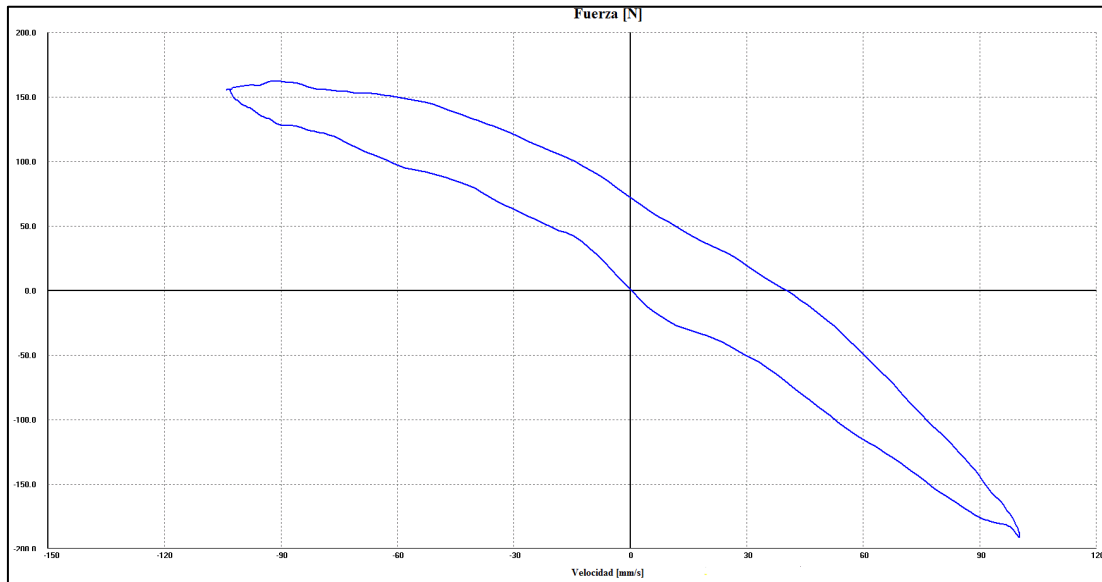
Prueba 3.2 Velocidad Fija 100 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 19,00

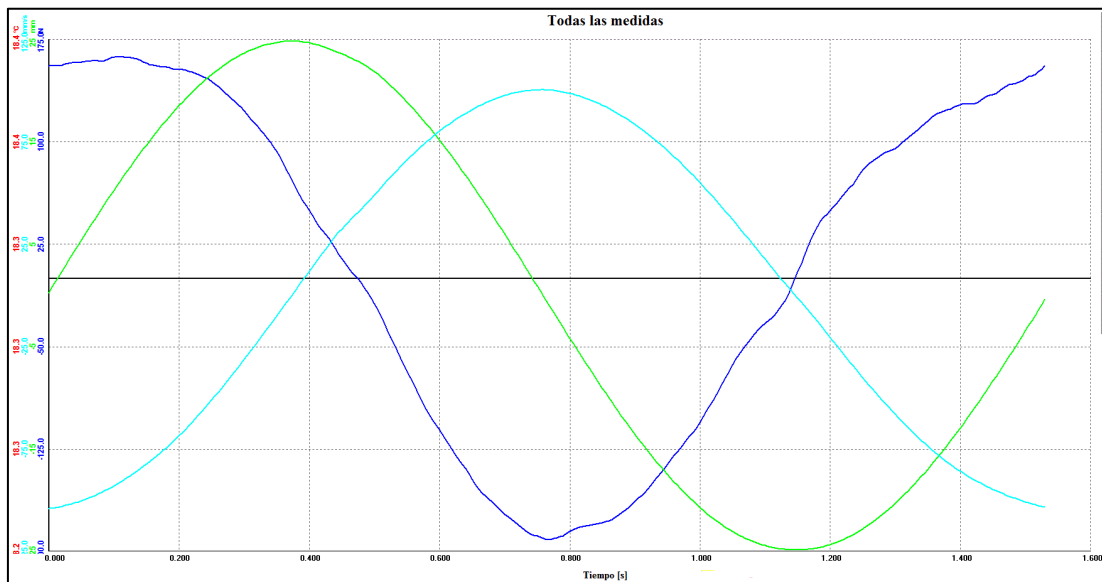
Fuerza/Desplazamiento



Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	171,63
Fuerza máxima de Extensión (N)	191,58
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	103,15
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,59
Temperatura Mediana (°C)	18,50

Datos de prueba

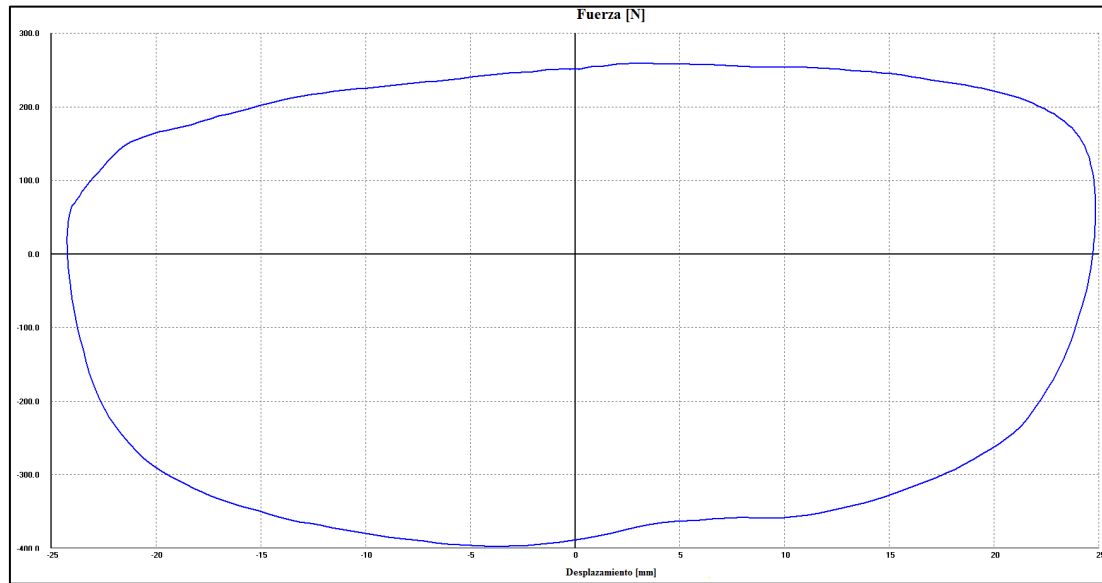
Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	171,63 -103,15
Pk. Estens.	-191,58 100,59
Temp. Mediana	18,5



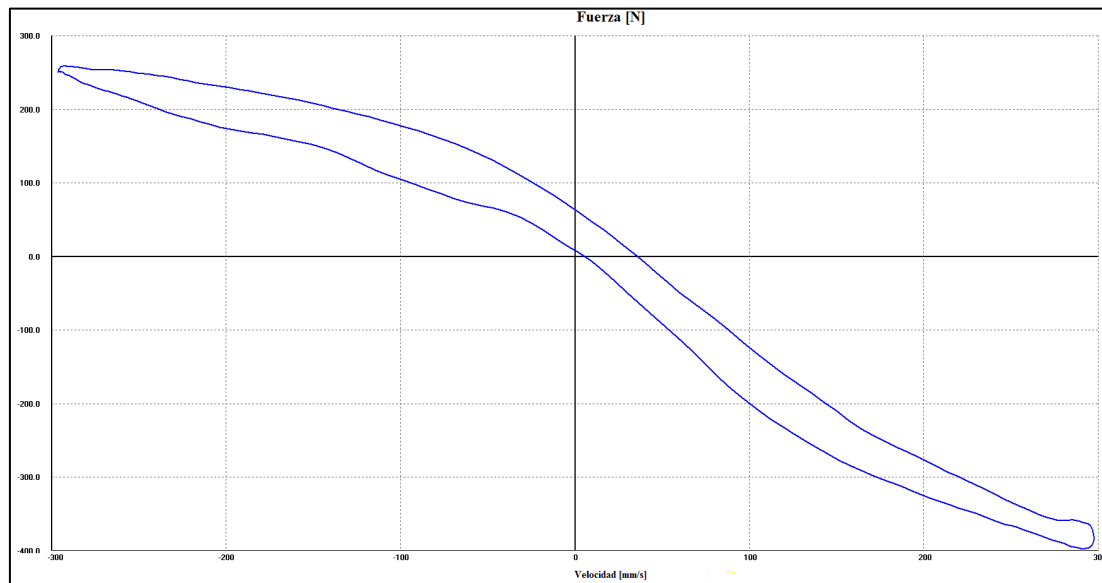
Prueba 3.3 Velocidad Fija 300 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 19,00

Fuerza/Desplazamiento

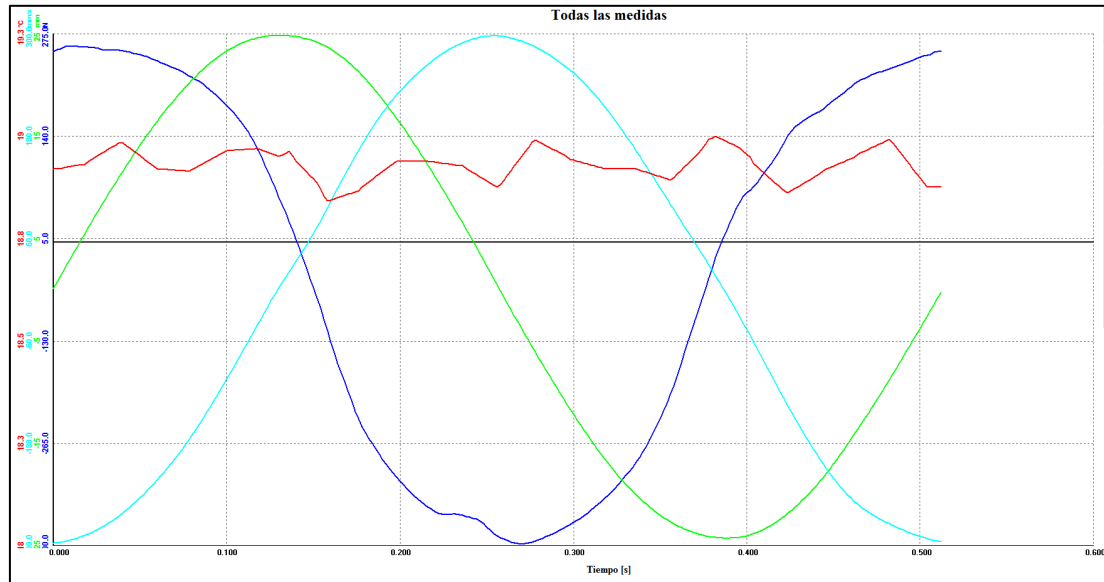


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,64
Fuerza máxima de Compresión (N)	263,43
Fuerza máxima de Extensión (N)	399,13
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	294,83
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	298,68
Temperatura Mediana (°C)	18,90

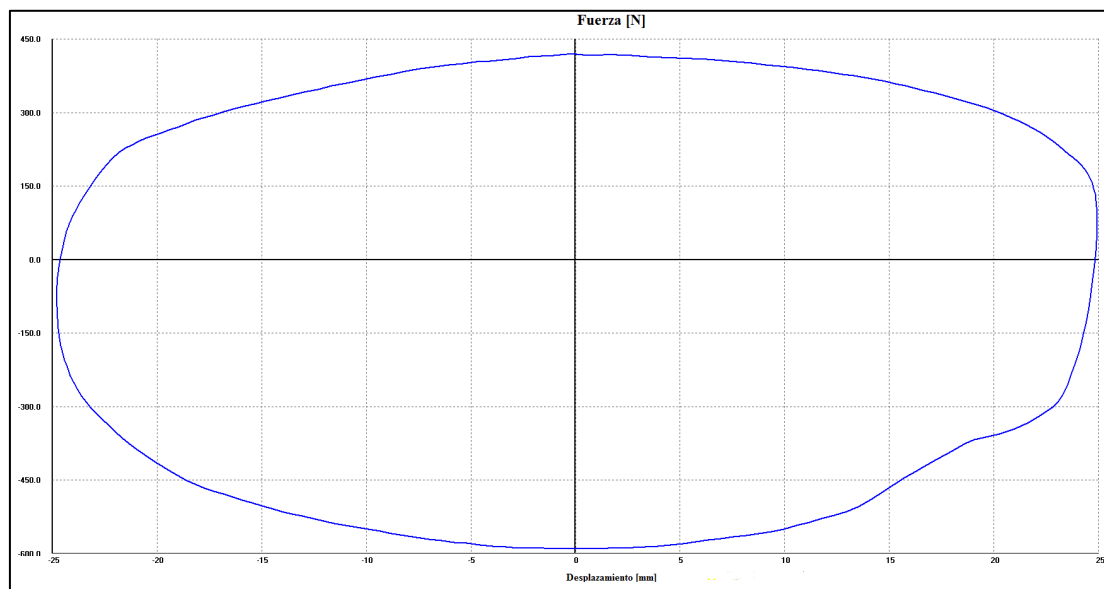
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,64
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	263,43 -294,83
Pk. Estens.	-399,13 298,68
Temp. Mediana	18,9

Prueba 3.4 Velocidad Fija 600 mm/s

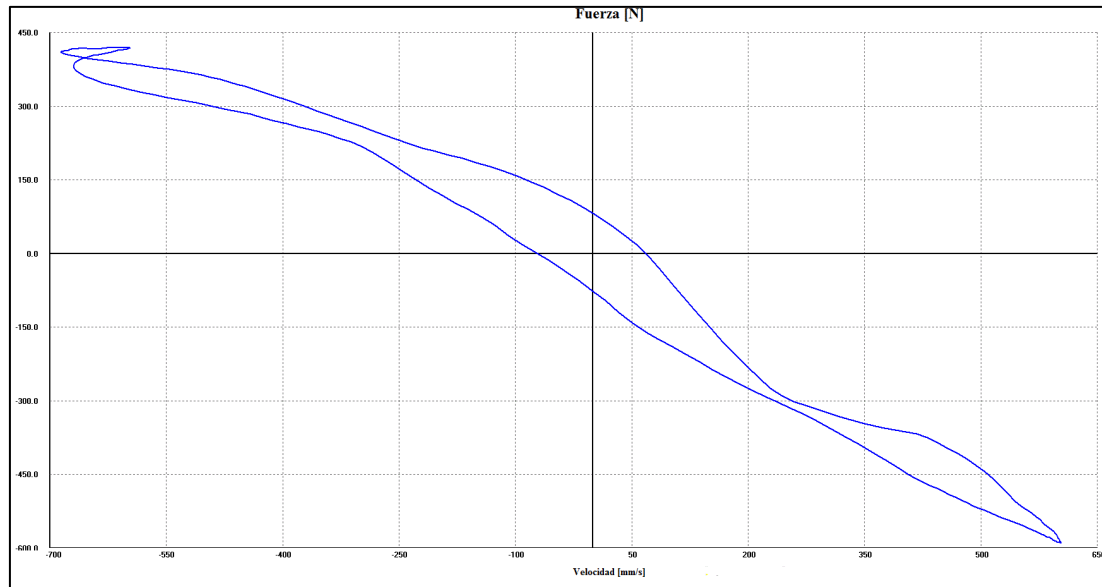
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 19,00

Fuerza/Desplazamiento

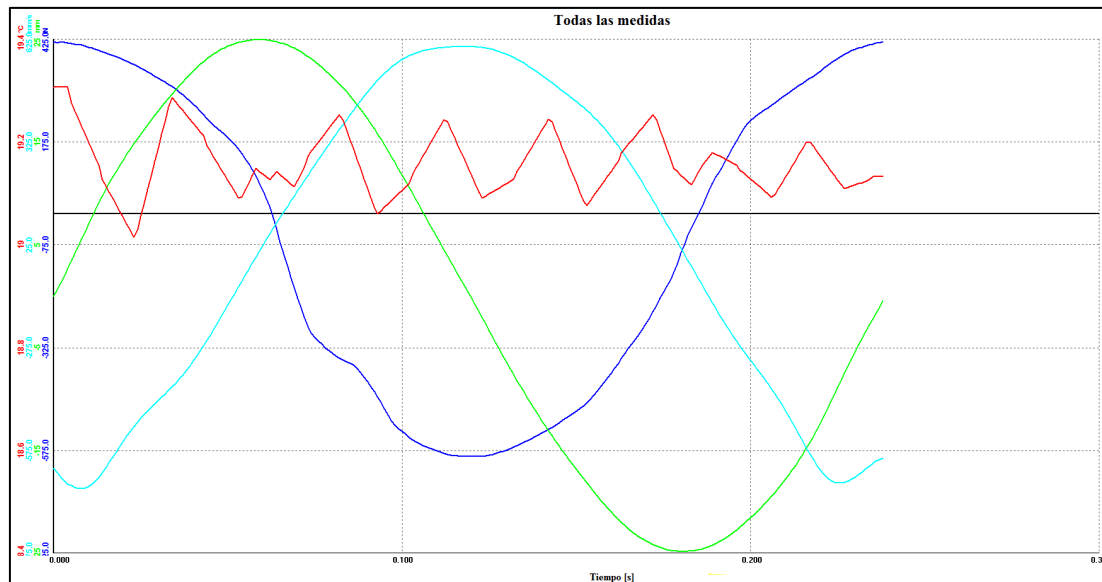




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	423,08
Fuerza máxima de Extensión (N)	590,71
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	596,84
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	604,43
Temperatura Mediana (°C)	19,20

Datos de prueba

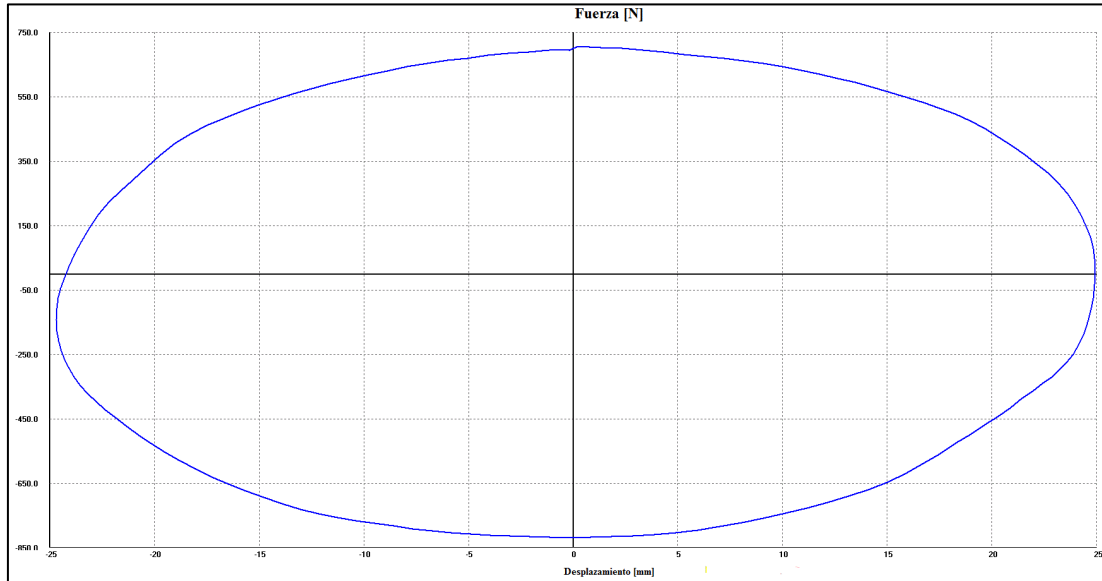
Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	423,08 596,84
Pk. Estens.	590,71 604,43
Temp. Mediana	19,2



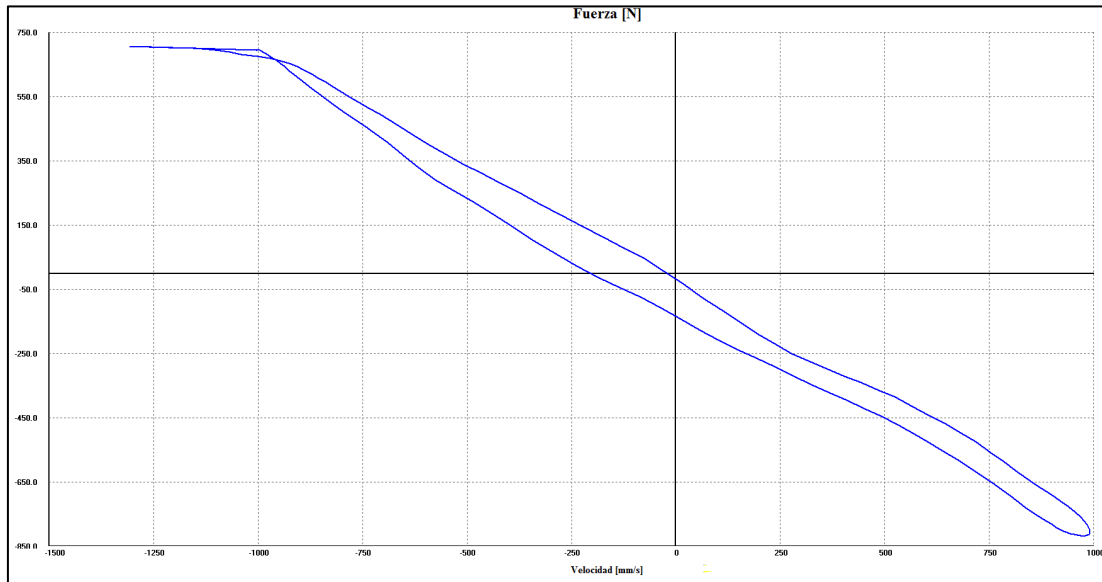
Prueba 3.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

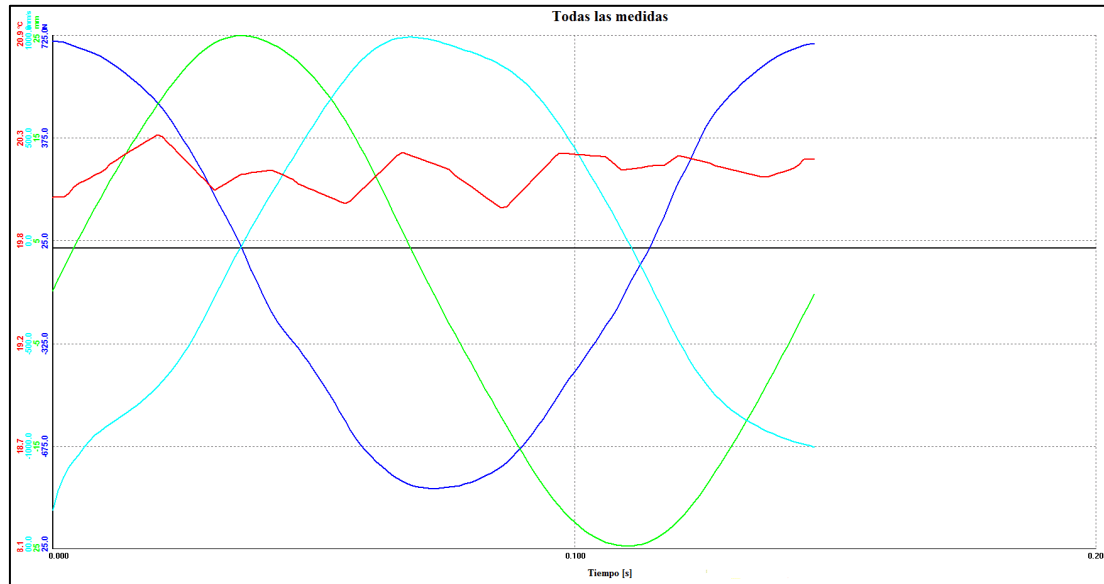


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,53
Fuerza máxima de Compresión (N)	706,46
Fuerza máxima de Extensión (N)	822,21
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	1003,28
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1002,60
Temperatura Mediana (°C)	20,10

Datos de prueba

Excursión [mm]	50,53
Precarga [N]	167,64
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	706,46 -1003,28
Pk. Estens.	822,21 1002,6
Temp. Mediana	20,1



Identificación de la probeta: 060459484620201221-EAA 02

Prueba 1

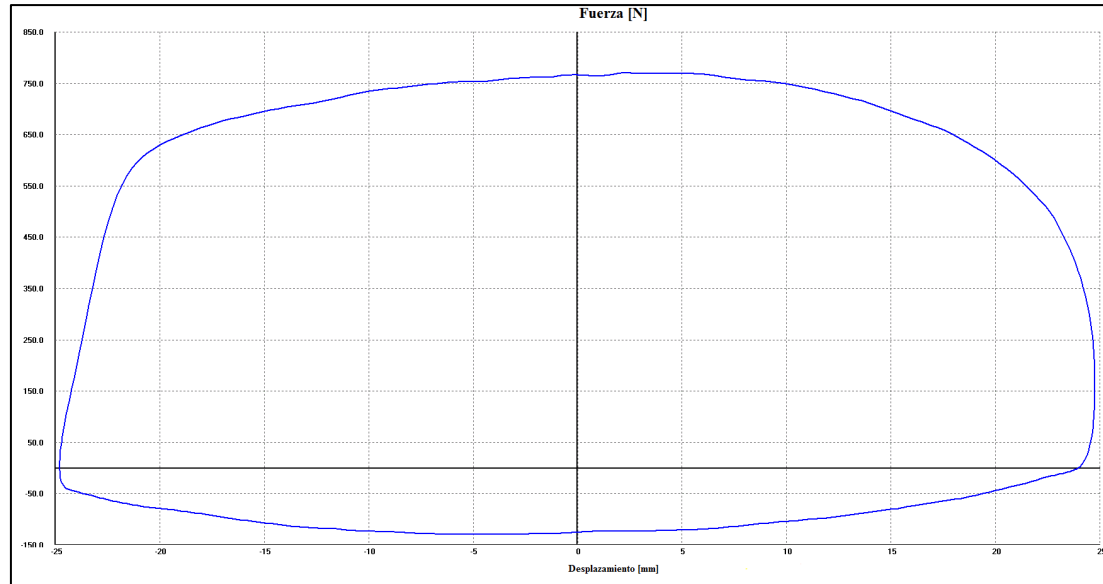
Temperatura del Laboratorio (°C): 21,9

Humedad Relativa del Laboratorio (%): 64,1

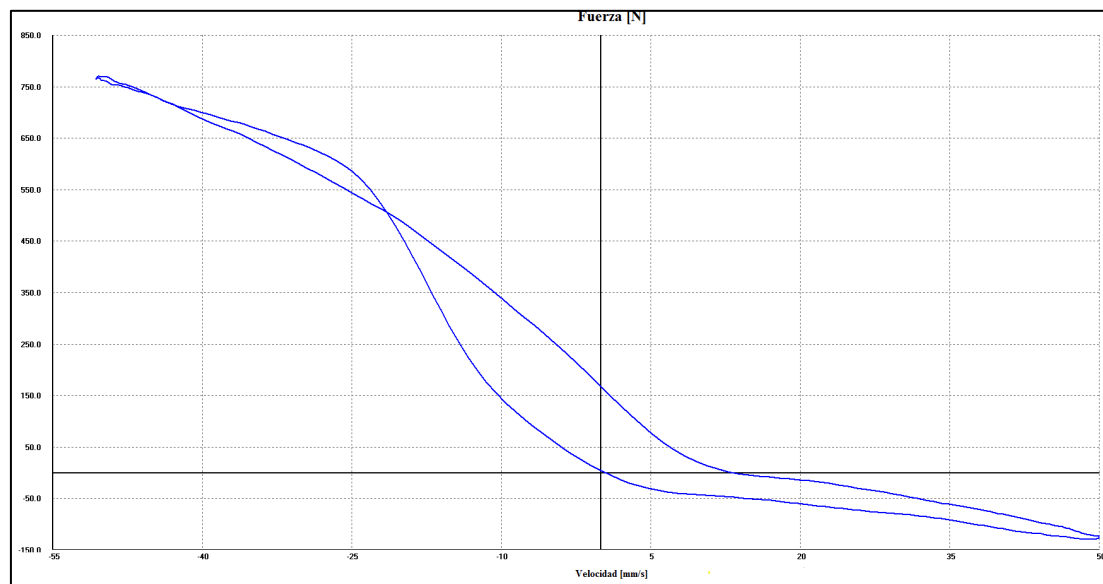
Prueba 1.1 Velocidad Fija 50 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

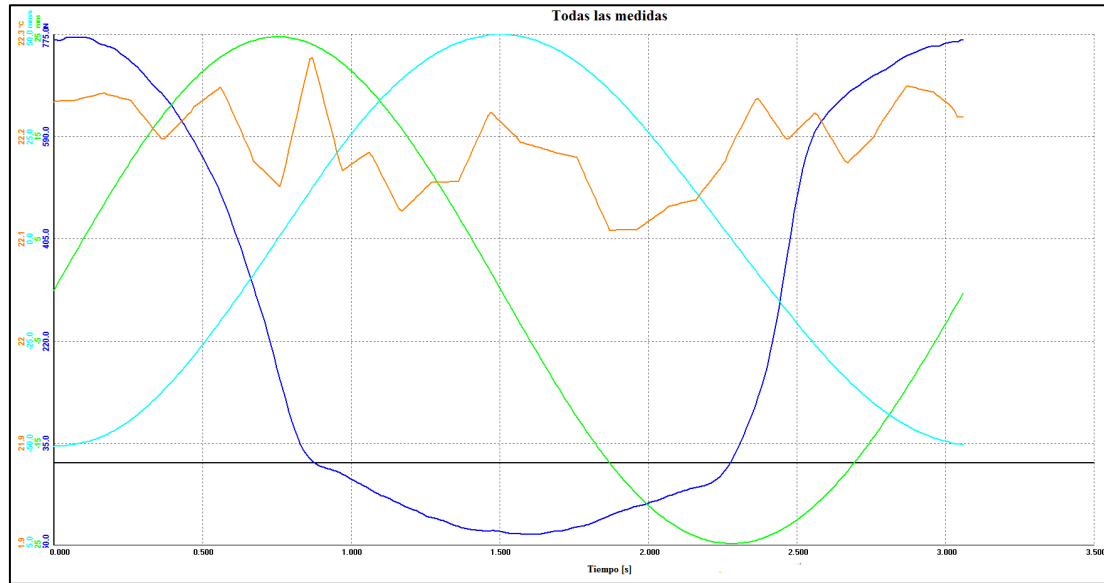


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,34
Fuerza máxima de Compresión (N)	782,30
Fuerza máxima de Extensión (N)	131,71
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,32
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	50,09
Temperatura Mediana (°C)	22,20

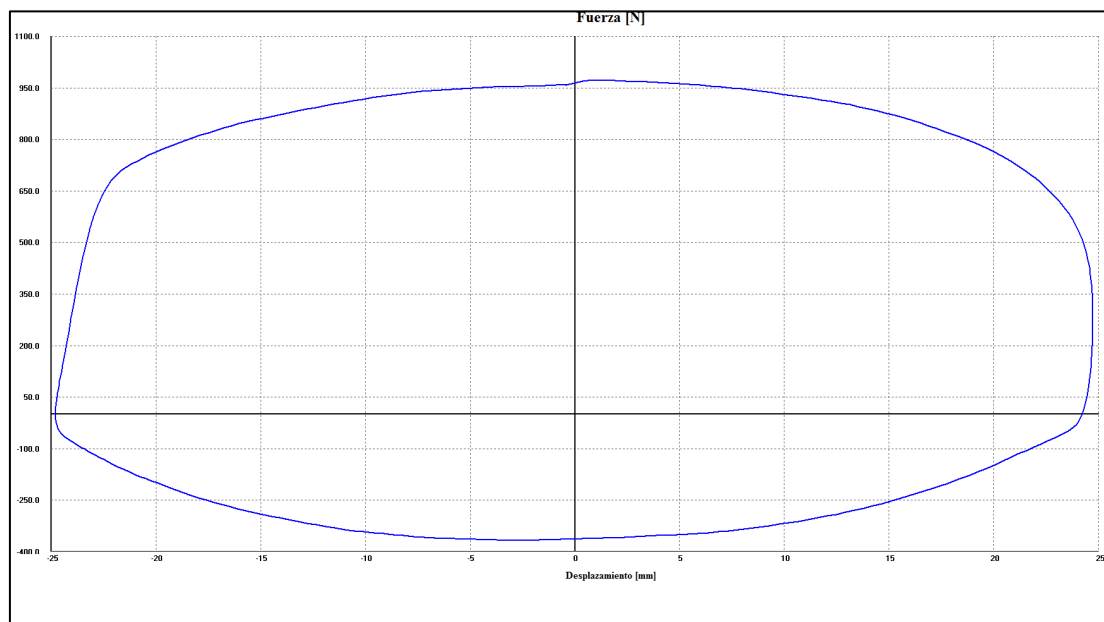
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,34
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	782,3 -50,32
Pk. Estens.	-131,71 50,09
Temp. Mediana	22,2

Prueba 1.2 Velocidad Fija 100 mm/s

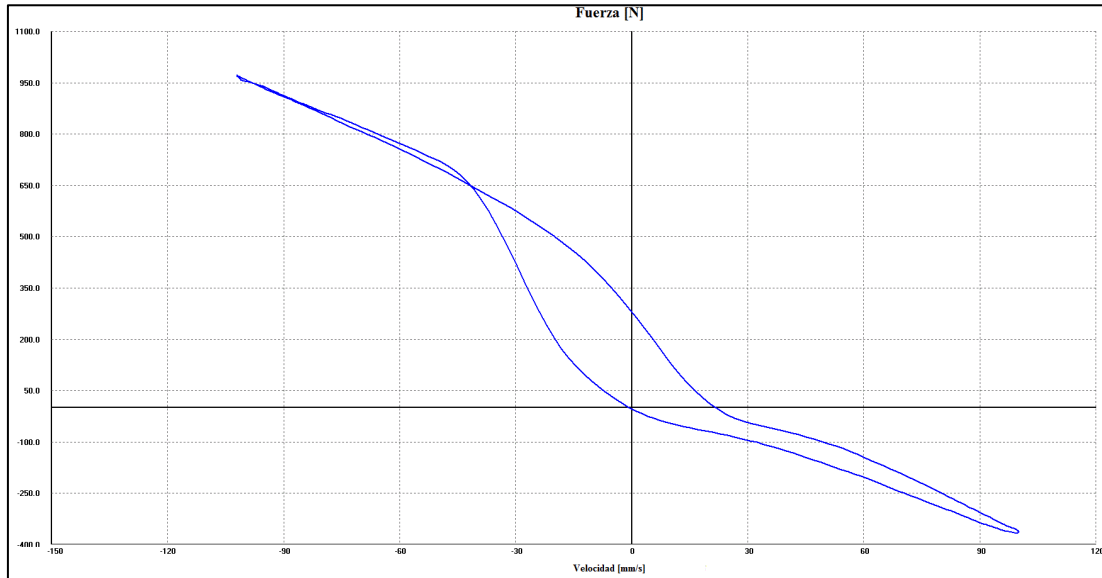
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

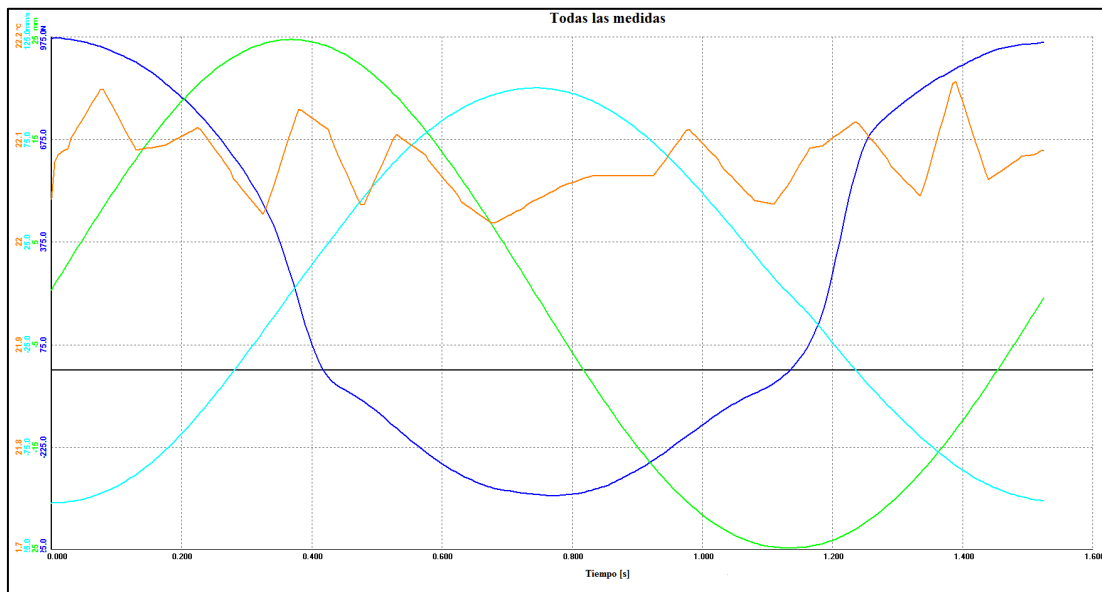




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,34
Fuerza máxima de Compresión (N)	973,88
Fuerza máxima de Extensión (N)	367,20
Velocidad máxima de Compresión(mm/s)	101,07
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,26
Temperatura Mediana (°C)	22,10

Datos de prueba

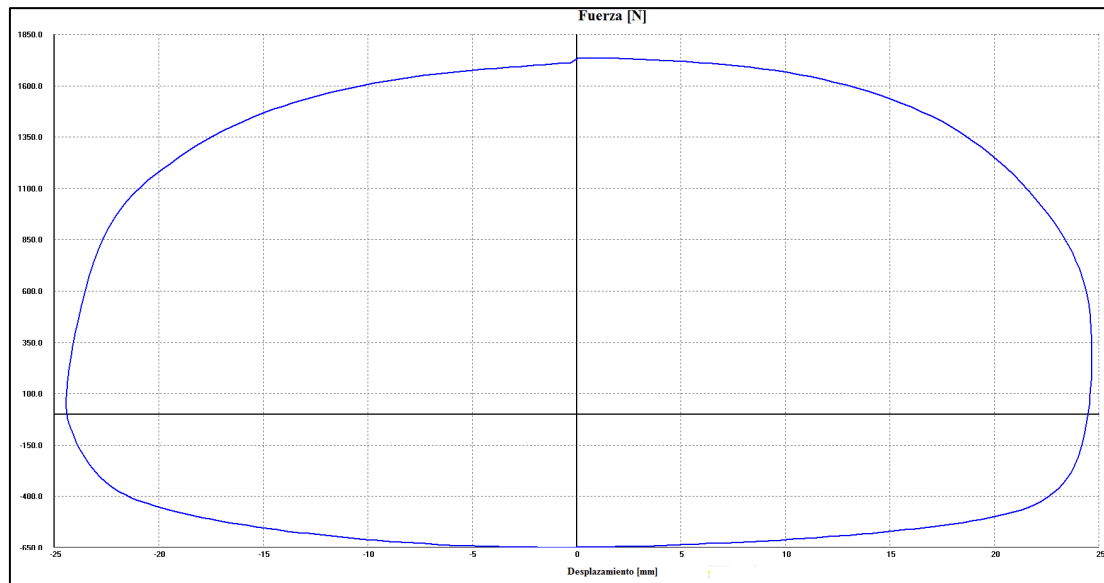
Excursión [mm]	50,34
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	973,88 -101,07
Pk. Estens.	-367,2 100,26
Temp. Mediana	22,1



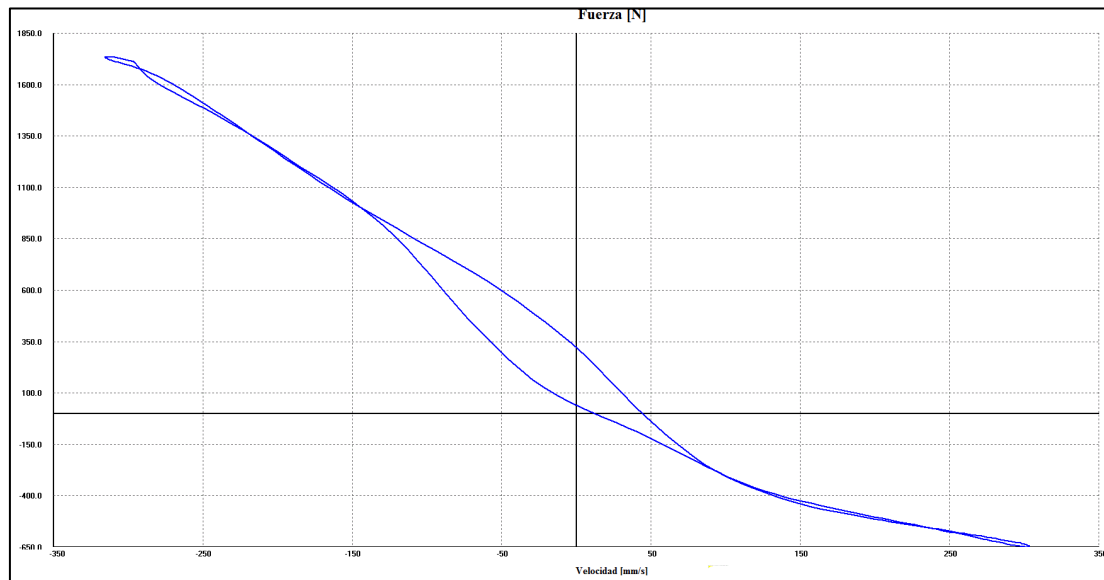
Prueba 1.3 Velocidad Fija 300 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

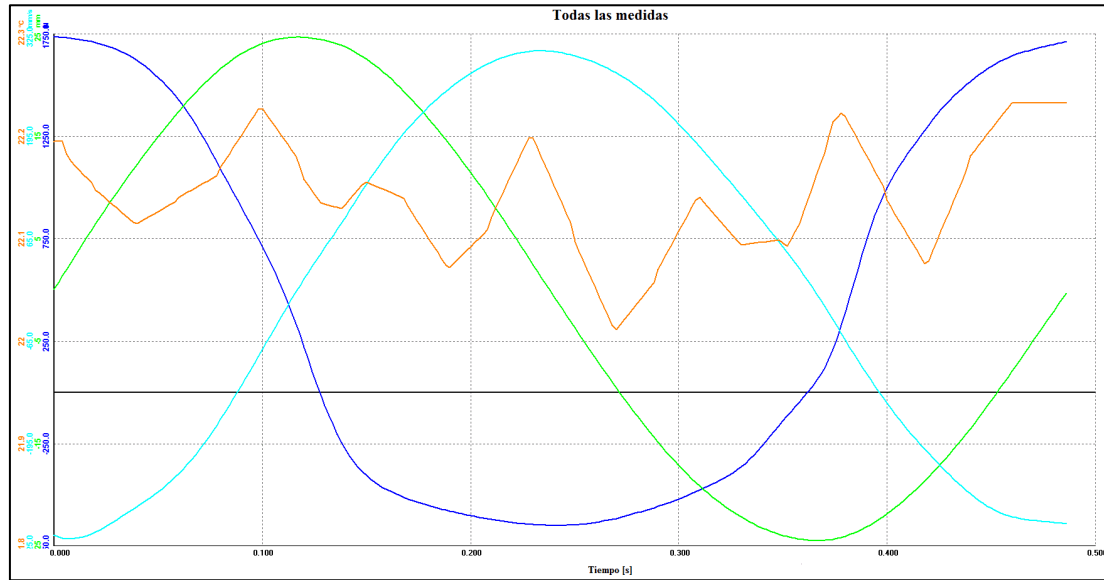


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,38
Fuerza máxima de Compresión (N)	1736,22
Fuerza máxima de Extensión (N)	654,57
Velocidad máxima de Compresión(mm/s)	296,44
Velocidad máxima de Extensión(mm/s)	304,45
Temperatura Mediana (°C)	22,10

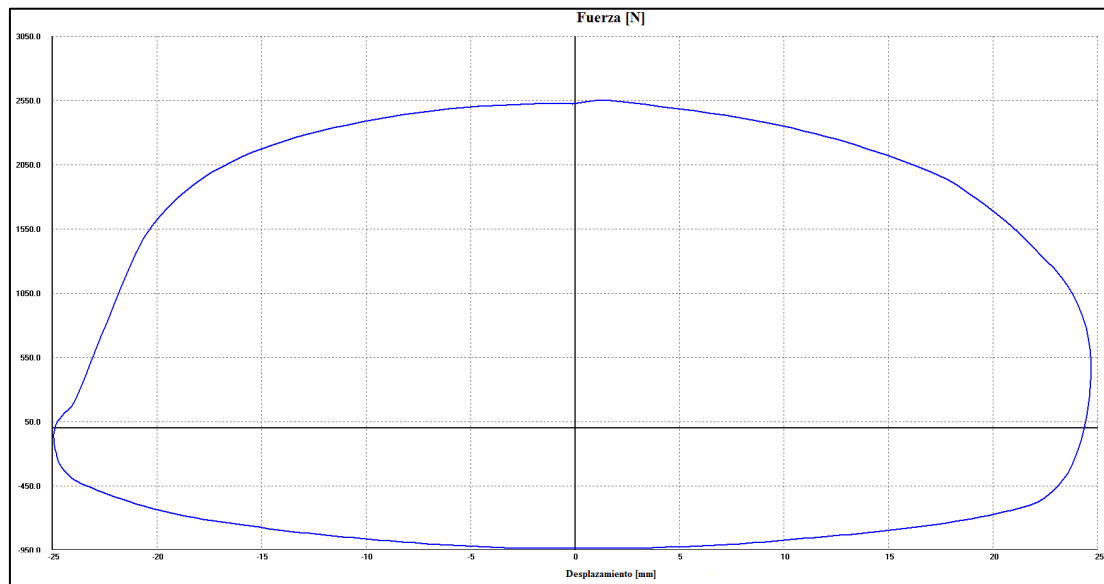
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,38
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1736,22 296,44
Pk. Estens.	654,57 304,45
Temp. Mediana	22,1

Prueba 1.4 Velocidad Fija 600 mm/s

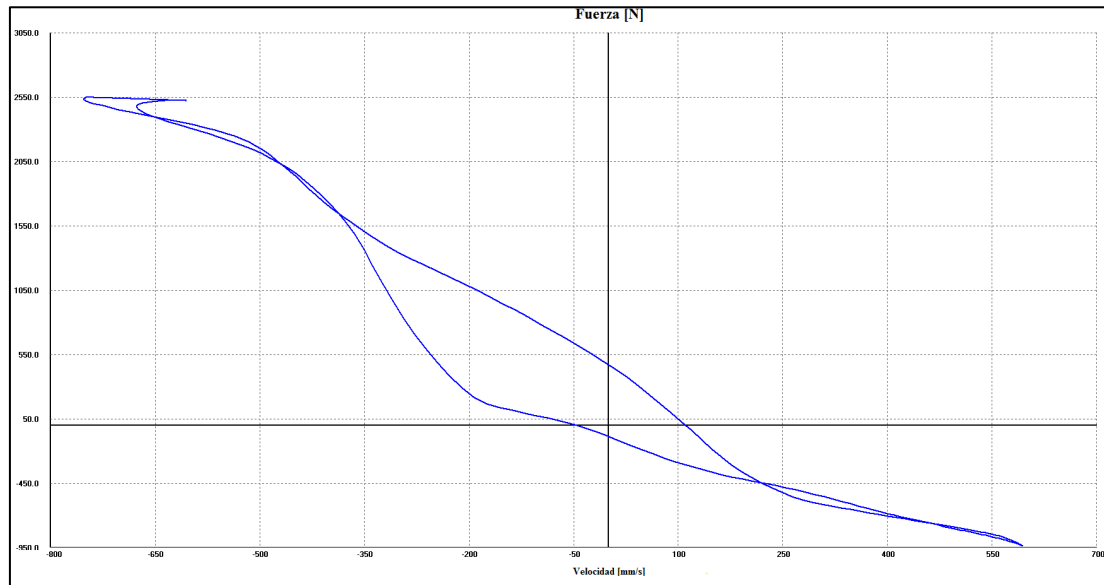
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

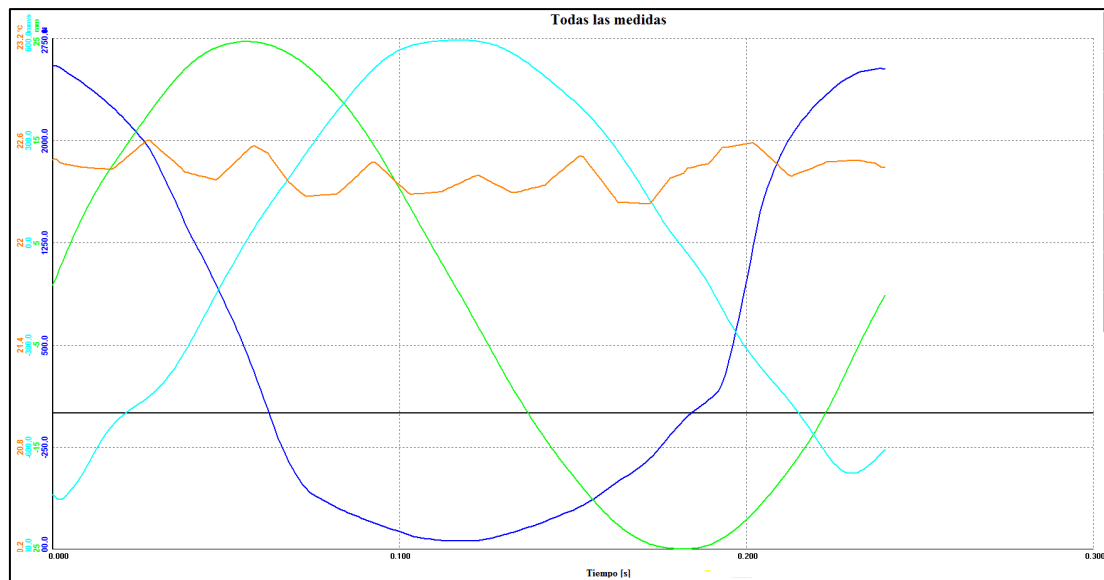




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,38
Fuerza máxima de Compresión (N)	2550,45
Fuerza máxima de Extensión (N)	941,95
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	605,30
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	595,32
Temperatura Mediana (°C)	22,40

Datos de prueba

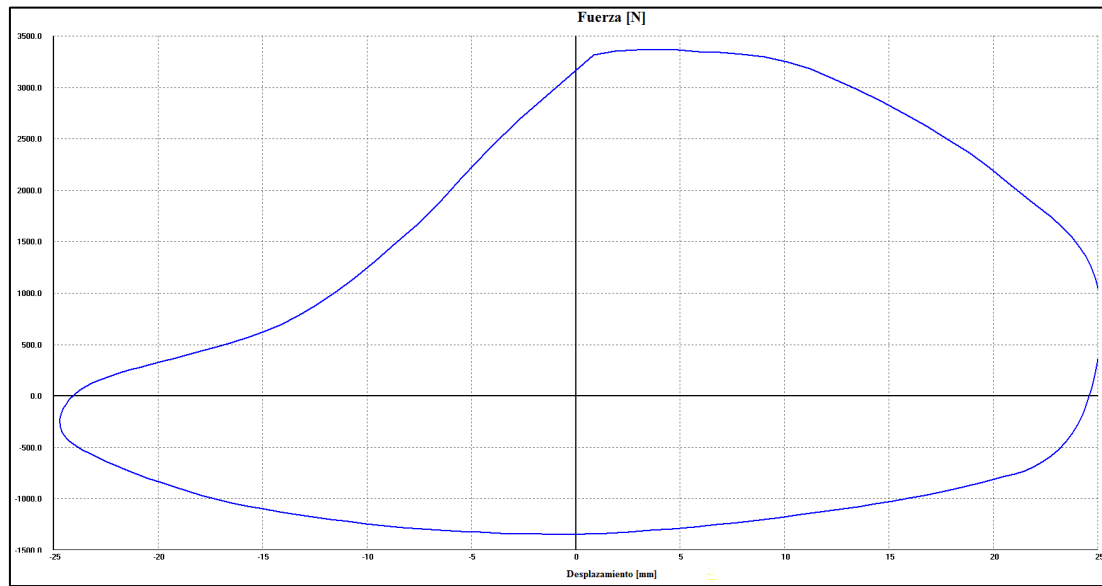
Excursión [mm]	50,38
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2550,45 -605,3
Pk. Estens.	-941,95 595,32
Temp. Mediana	22,4



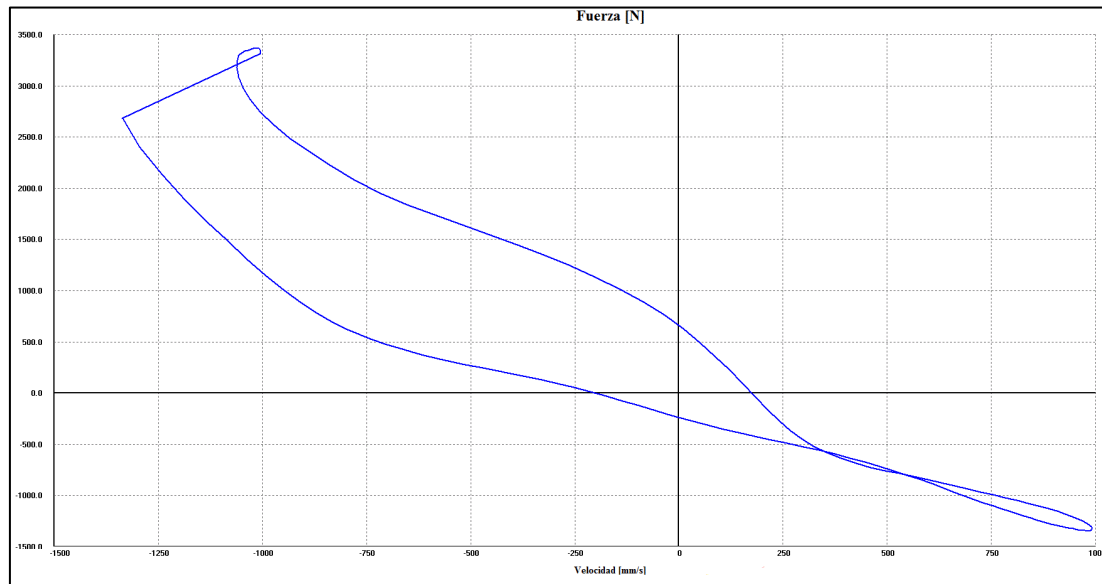
Prueba 1.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

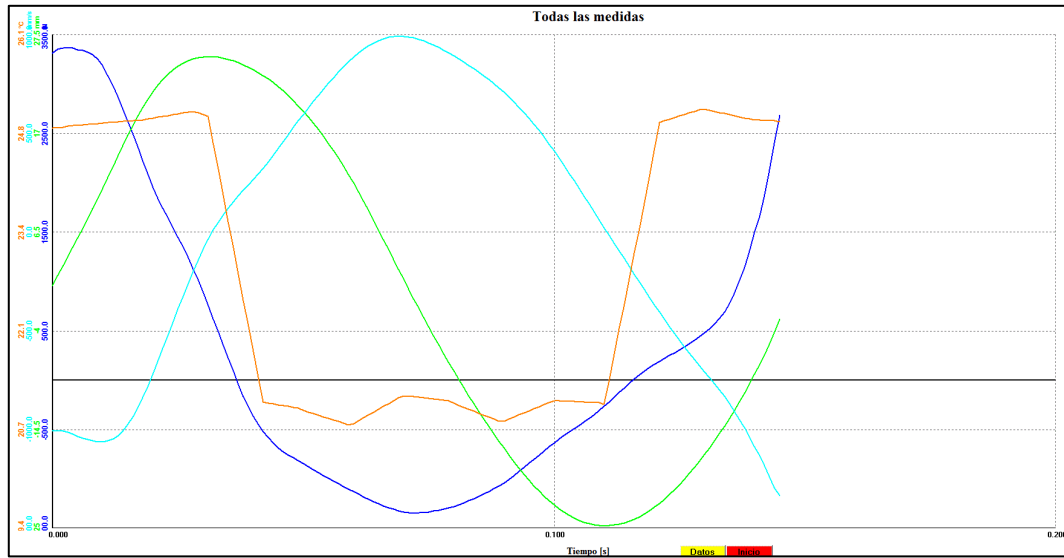


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,38
Fuerza máxima de Compresión (N)	3384,63
Fuerza máxima de Extensión (N)	1357,05
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	1003,90
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1004,51
Temperatura Mediana (°C)	22,90

Datos de prueba

Excursión [mm]	50,38
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	3384,63 -1003,9
Pk. Estens.	-1357,05 1004,51
Temp. Mediana	22,9

Prueba 2

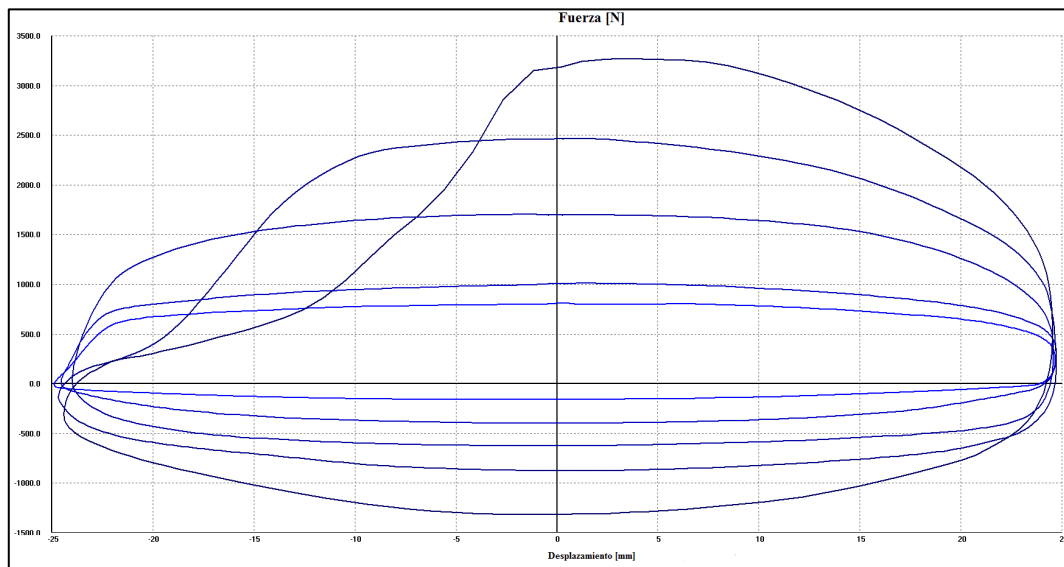
Temperatura del Laboratorio (°C): 18,10

Humedad Relativa del Laboratorio (%): 68,20

Velocidad Variable (50,100,300,600, 1000) mm/s.

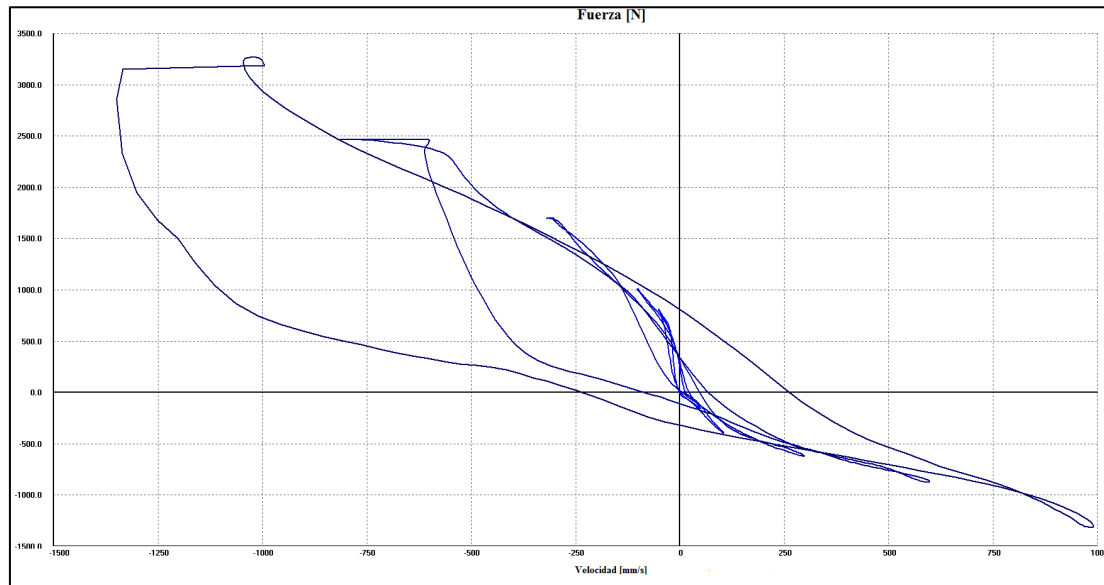
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

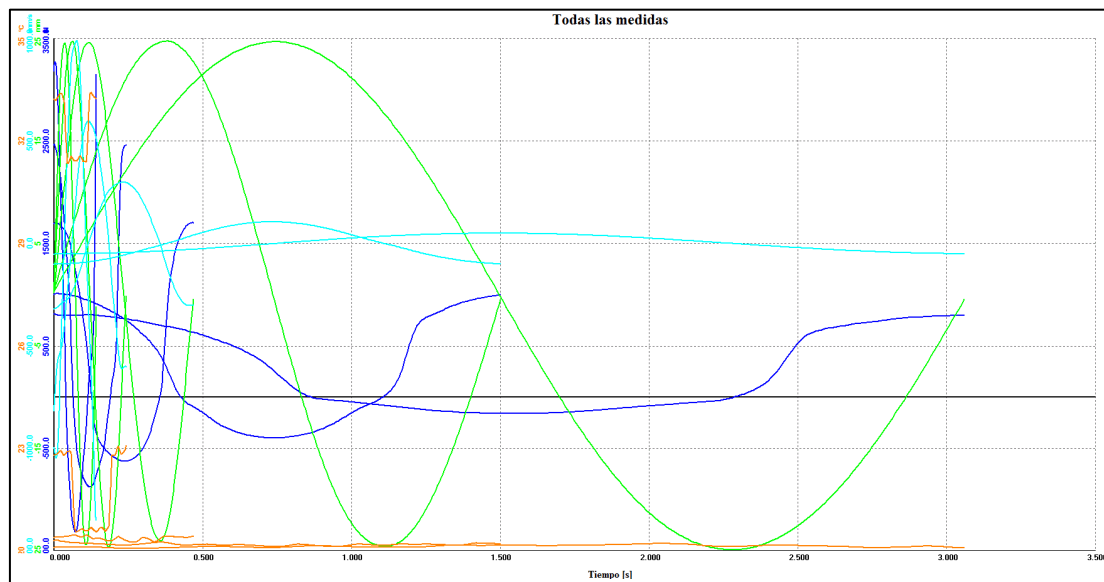




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Datos de prueba

Ciclo I	
Excursión (mm)	50,23
Fuerza máxima de Compresión (N)	814,23
Fuerza máxima de Extensión (N)	163,65
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,35
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	49,96
Temperatura Mediana (°C)	20,10

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	814,23 -50,35
Pk. Estens.	-163,65 49,96
Temp. Mediana	20,1



Ciclo II	
Excursión (mm)	50,23
Fuerza máxima de Compresión (N)	1013,79
Fuerza máxima de Extensión (N)	403,12
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	100,09
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	105,48
Temperatura Mediana (°C)	20,20

Ciclo III	
Excursión (mm)	50,23
Fuerza máxima de Compresión (N)	1708,28
Fuerza máxima de Extensión (N)	626,64
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	301,88
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	299,06
Temperatura Mediana (°C)	20,40

Ciclo IV	
Excursión (mm)	50,23
Fuerza máxima de Compresión (N)	2470,62
Fuerza máxima de Extensión (N)	882,08
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	601,10
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	600,84
Temperatura Mediana (°C)	21,70

Ciclo V	
Excursión (mm)	50,23
Fuerza máxima de Compresión (N)	3296,82
Fuerza máxima de Extensión (N)	1325,12
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	995,69
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	998,97
Temperatura Mediana (°C)	32,30

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1013,79 -100,09
Pk. Estens.	-403,12 105,48
Temp. Mediana	20,2

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1708,28 -301,88
Pk. Estens.	-626,64 299,06
Temp. Mediana	20,4

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2470,62 -601,1
Pk. Estens.	-882,08 600,84
Temp. Mediana	21,7

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	3296,82 -995,69
Pk. Estens.	-1325,12 998,97
Temp. Mediana	32,3



Prueba 3

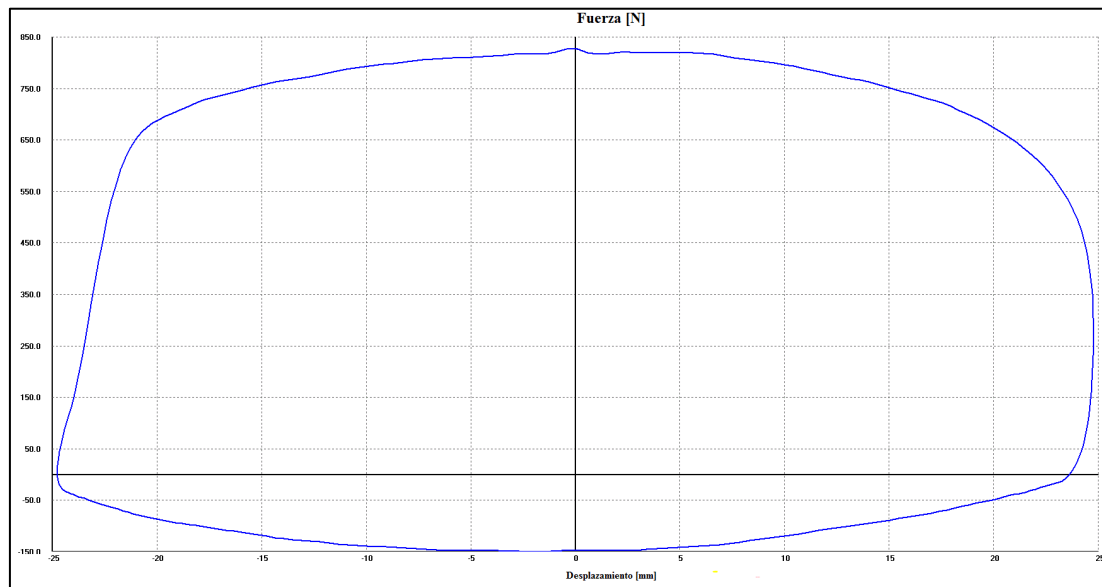
Temperatura del Laboratorio (°C): 19,20

Humedad Relativa del Laboratorio (%): 61,10

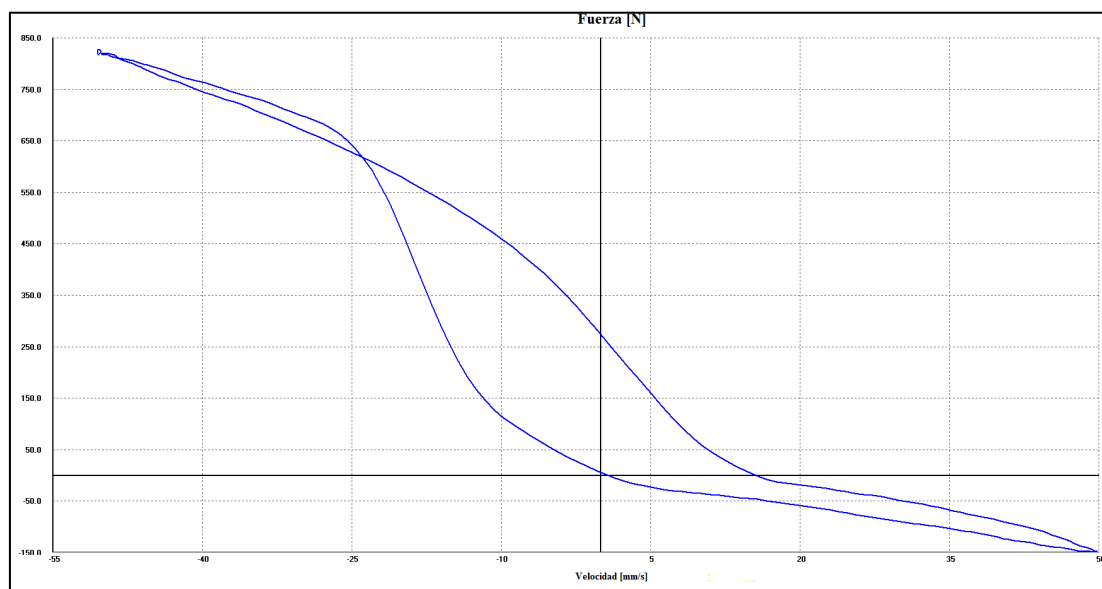
Prueba 3.1 Velocidad Fija 50 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

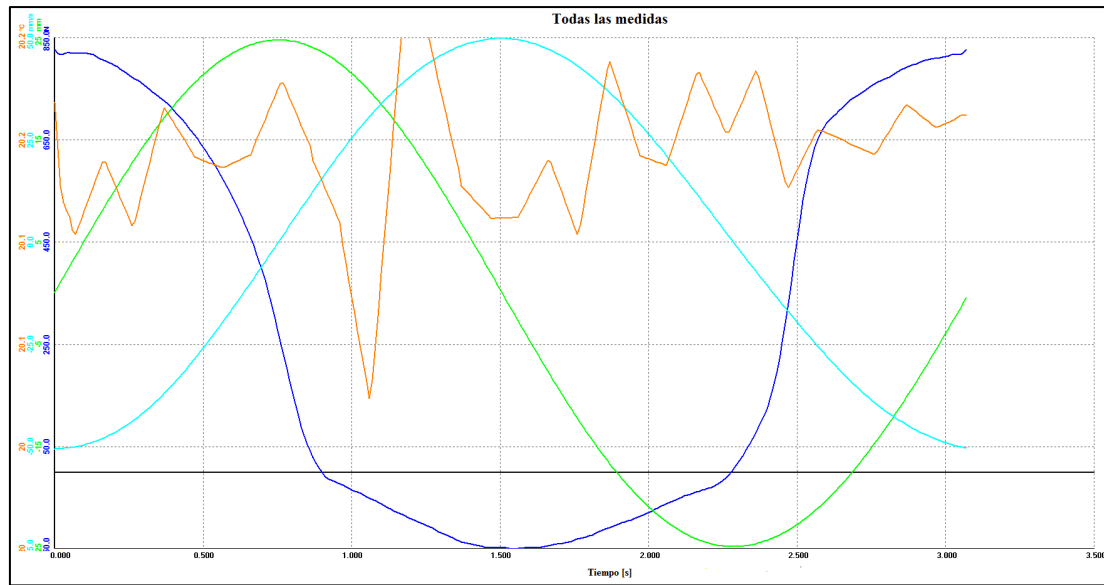


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,34
Fuerza máxima de Compresión (N)	830,19
Fuerza máxima de Extensión (N)	155,66
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,27
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	49,92
Temperatura Mediana (°C)	20,1

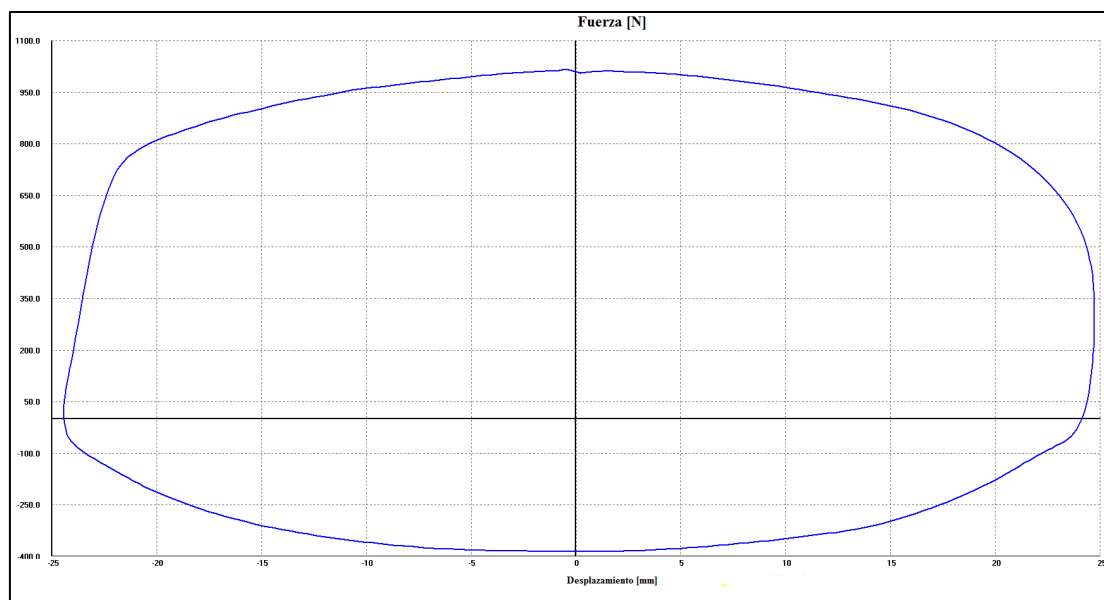
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,34
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compress.	830,19 50,27
Pk.Estens.	155,66 49,92
Temp.Mediana	20,1

Prueba 3.2 Velocidad Fija 100 mm/s

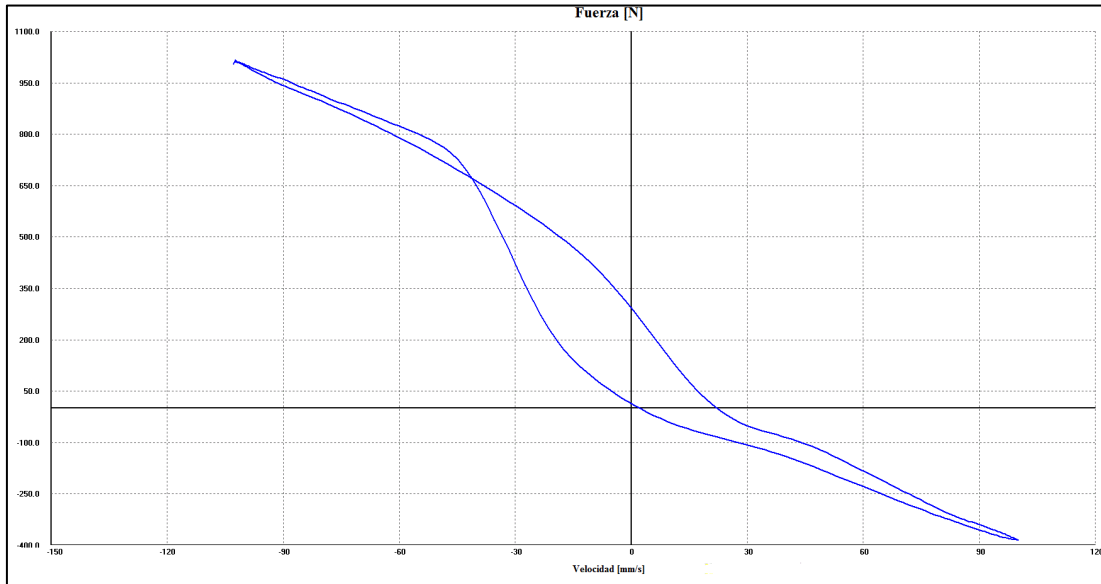
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

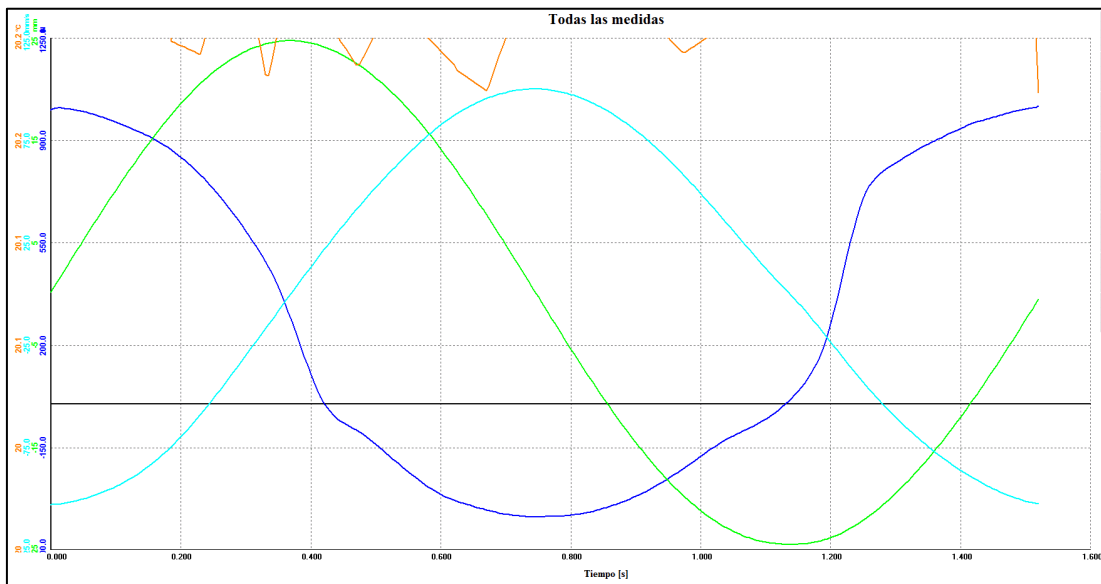




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,30
Fuerza máxima de Compresión (N)	1017,79
Fuerza máxima de Extensión (N)	387,16
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	102,32
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,37
Temperatura Mediana (°C)	20,20

Datos de prueba

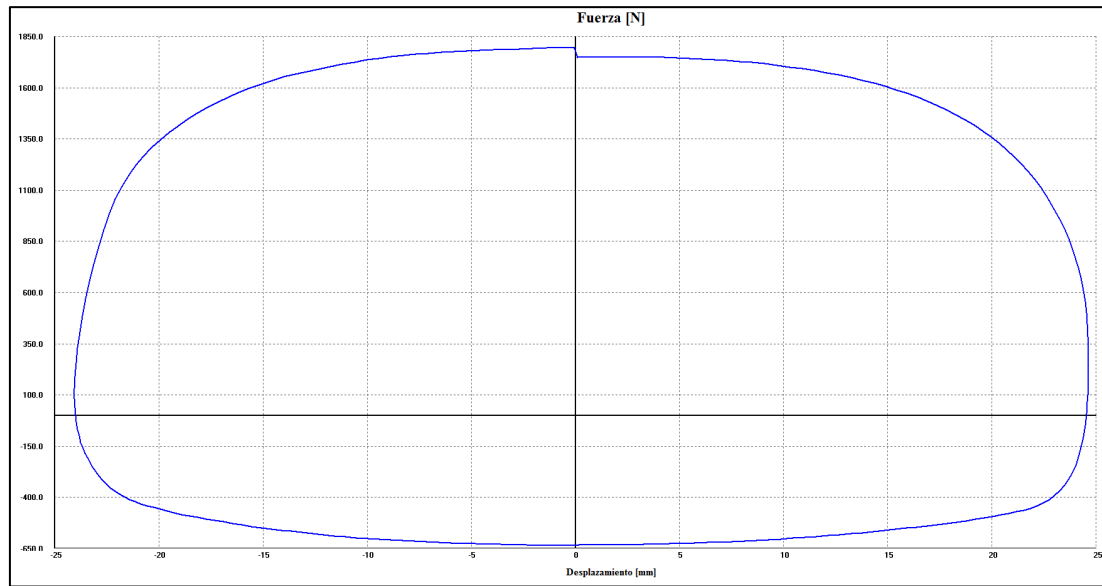
Excursión [mm]	50,3
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1017,79 -102,32
Pk. Estens.	-387,16 100,37
Temp. Mediana	20,2



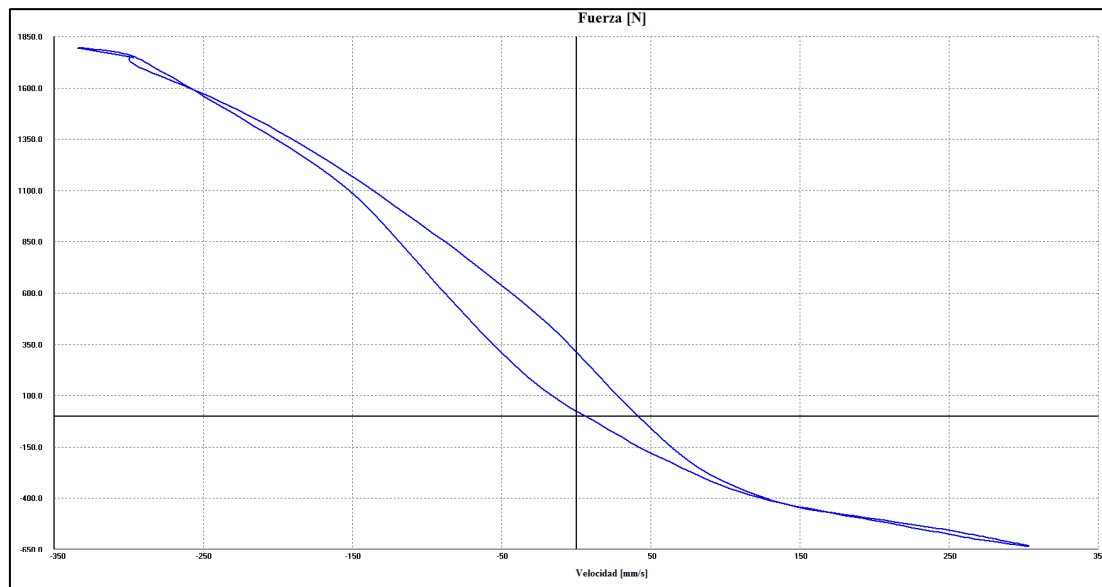
Prueba 3.3 Velocidad Fija 300 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

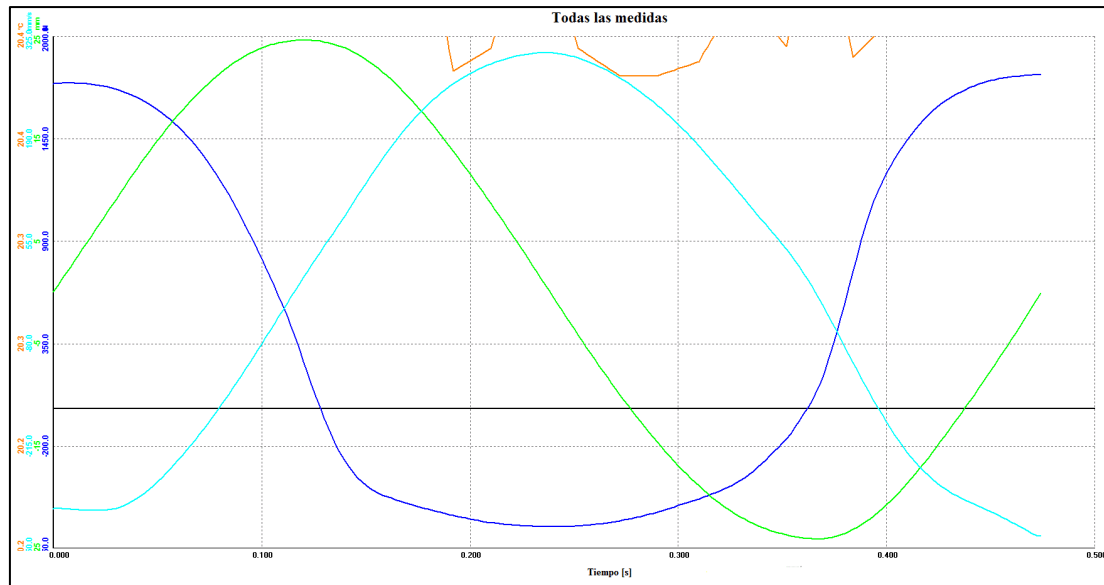


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,27
Fuerza máxima de Compresión (N)	1796,09
Fuerza máxima de Extensión (N)	634,62
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	296,99
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	304,65
Temperatura Mediana (°C)	20,50

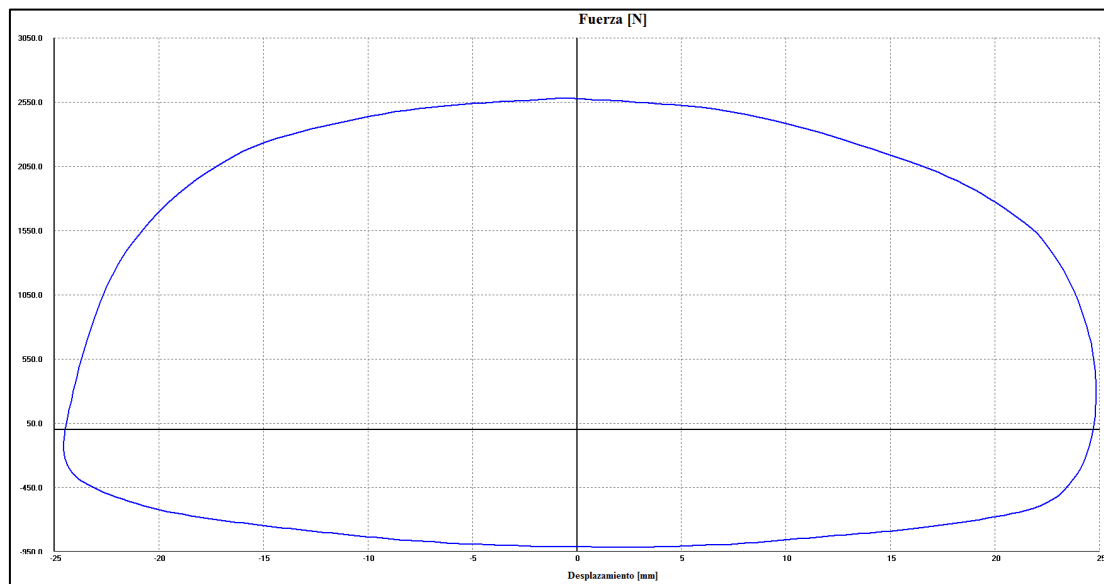
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,27
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1796,09 -296,99
Pk. Estens.	-634,62 304,65
Temp. Mediana	20,5

Prueba 3.4 Velocidad Fija 600 mm/s

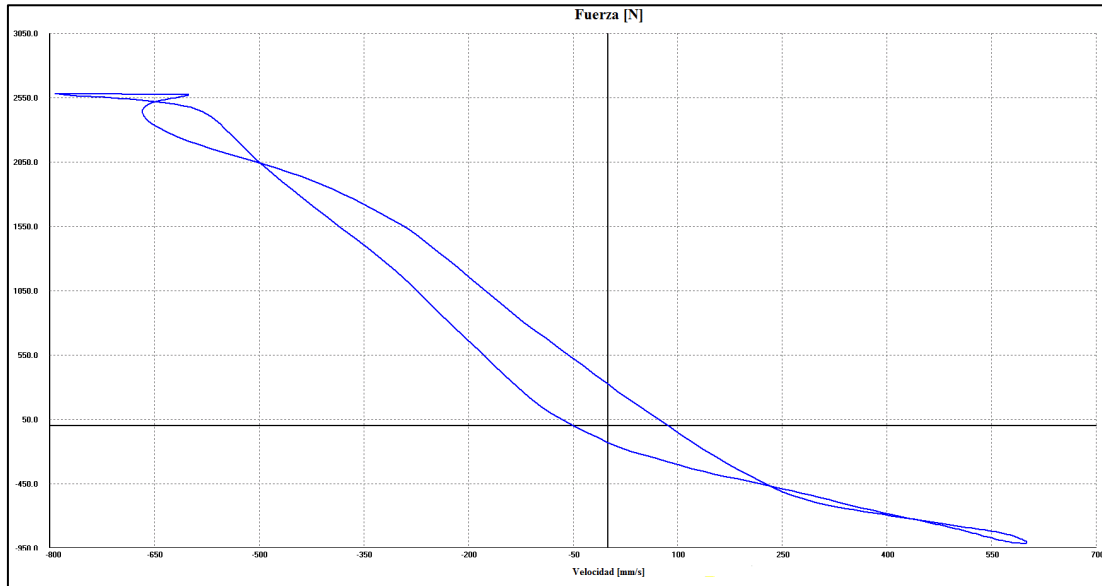
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

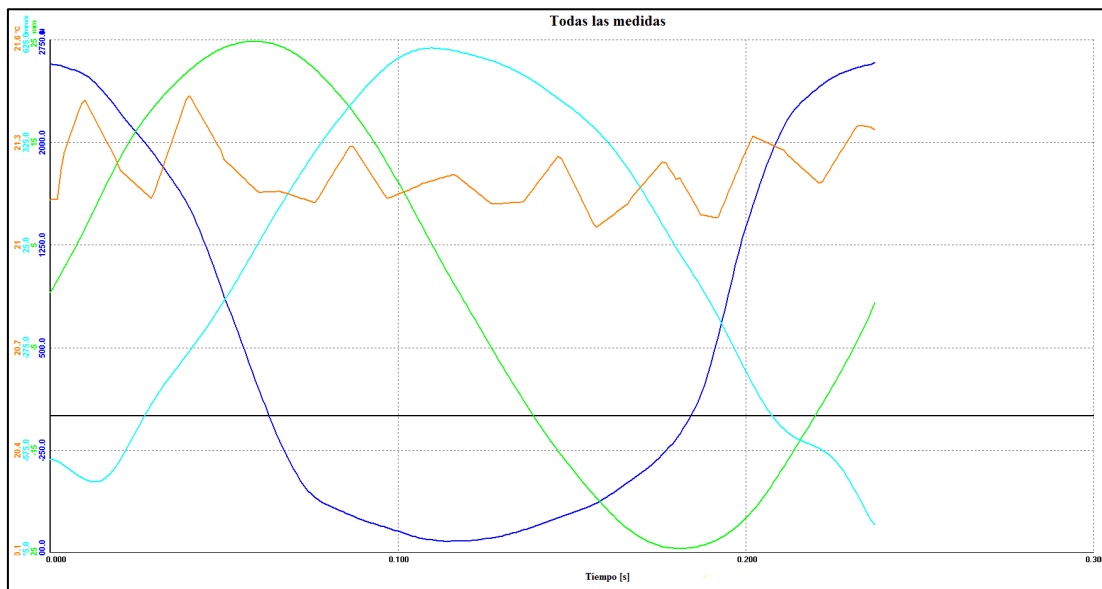




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,30
Fuerza máxima de Compresión (N)	2586,37
Fuerza máxima de Extensión (N)	921,99
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	601,05
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	602,90
Temperatura Mediana (°C)	21,20

Datos de prueba

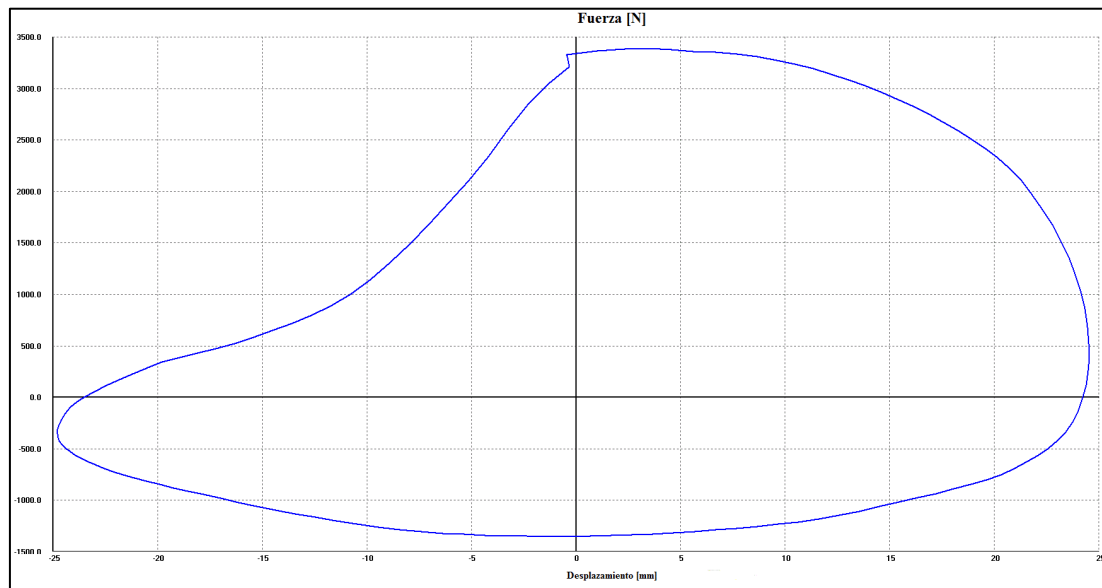
Excursión [mm]	50,3
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2586,37 -601,05
Pk. Estens.	-921,99 602,9
Temp. Mediana	21,2



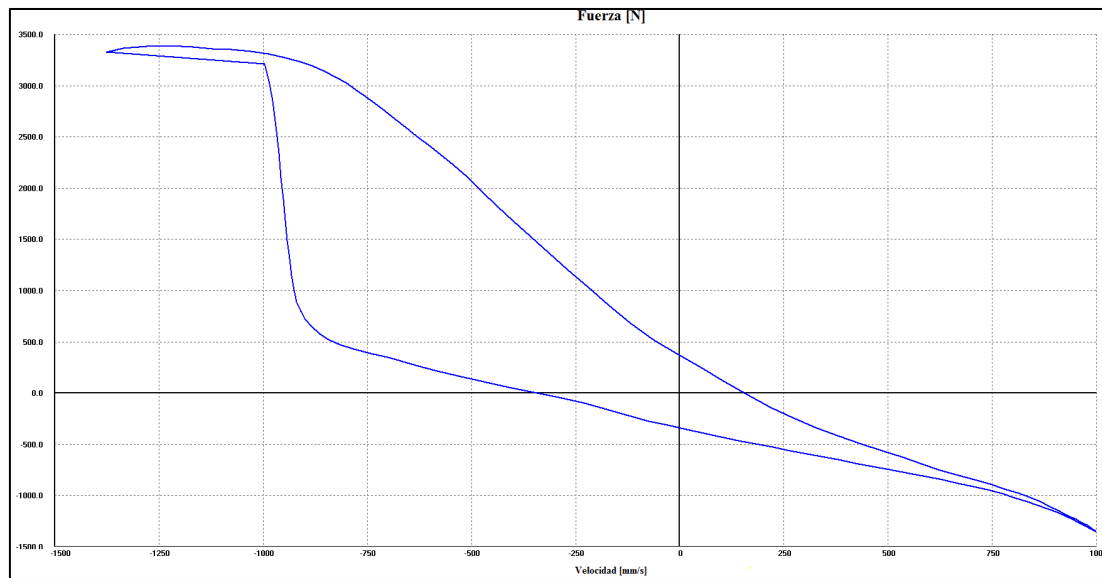
Prueba 3.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

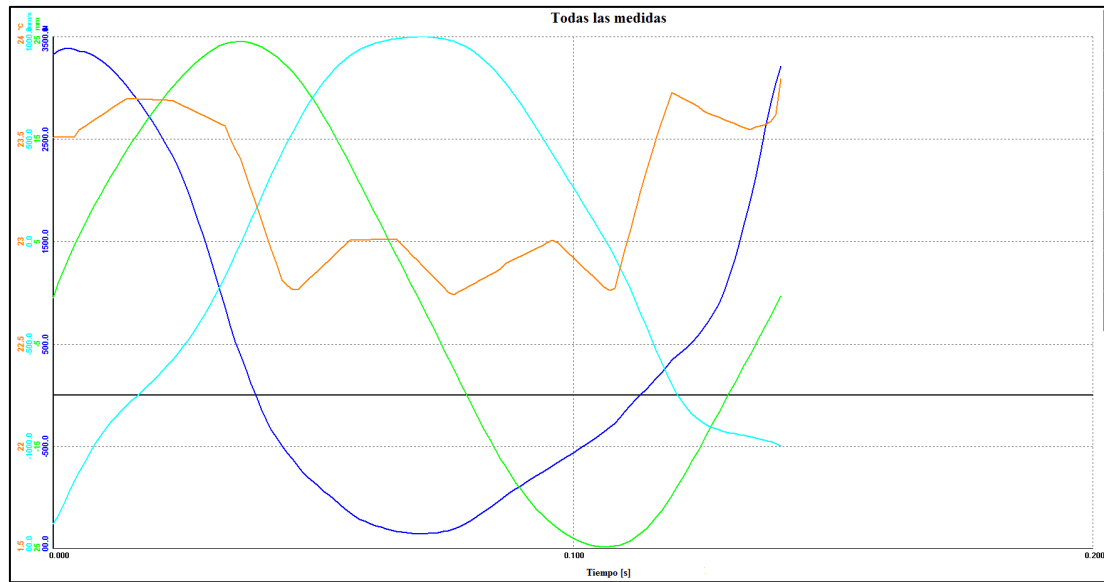


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,30
Fuerza máxima de Compresión (N)	3408,58
Fuerza máxima de Extensión (N)	1361,04
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	996,41
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1002,60
Temperatura Mediana (°C)	23,20

Datos de prueba

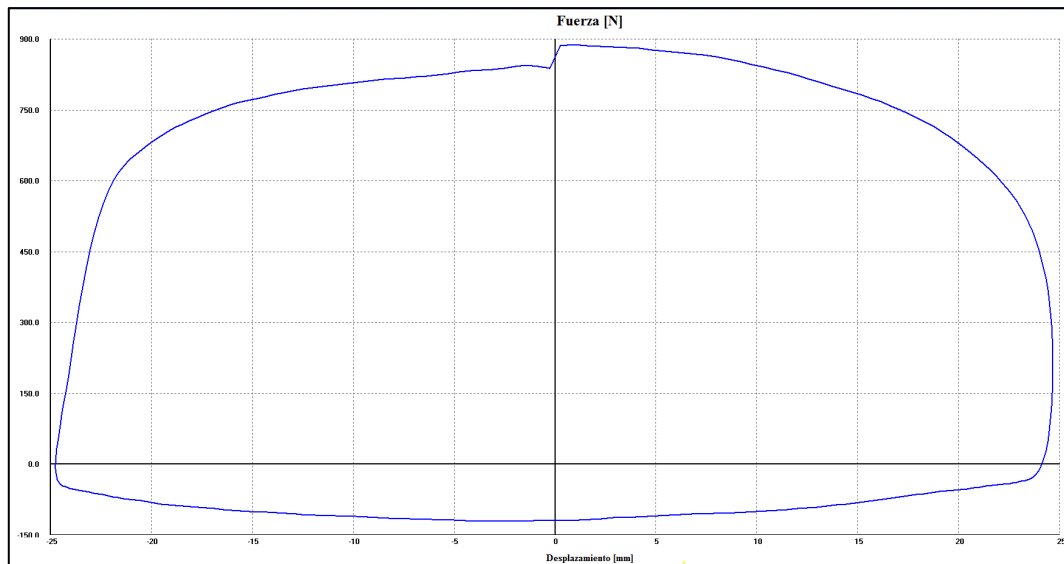
Excursión [mm]	50,3
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	3408,58 -996,41
Pk. Estens.	-1361,04 1002,6
Temp. Mediana	23,2

Identificación de la probeta: 060459484620201221-EAA 03

Prueba 1

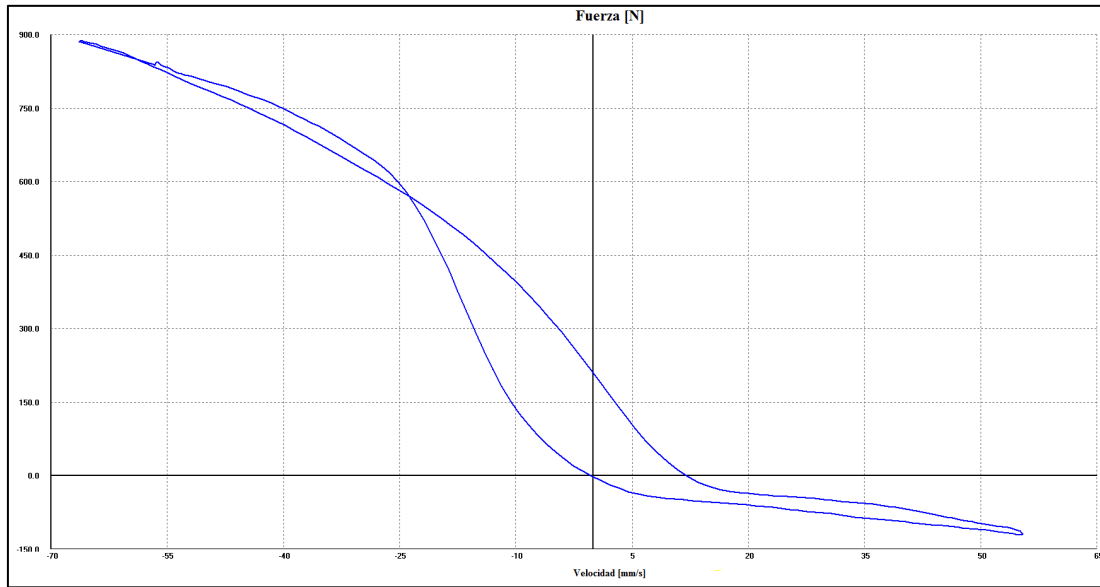
Temperatura del Laboratorio (°C): 20,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%): 54,90
Prueba 1.1 Velocidad Fija 50 mm/s	Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

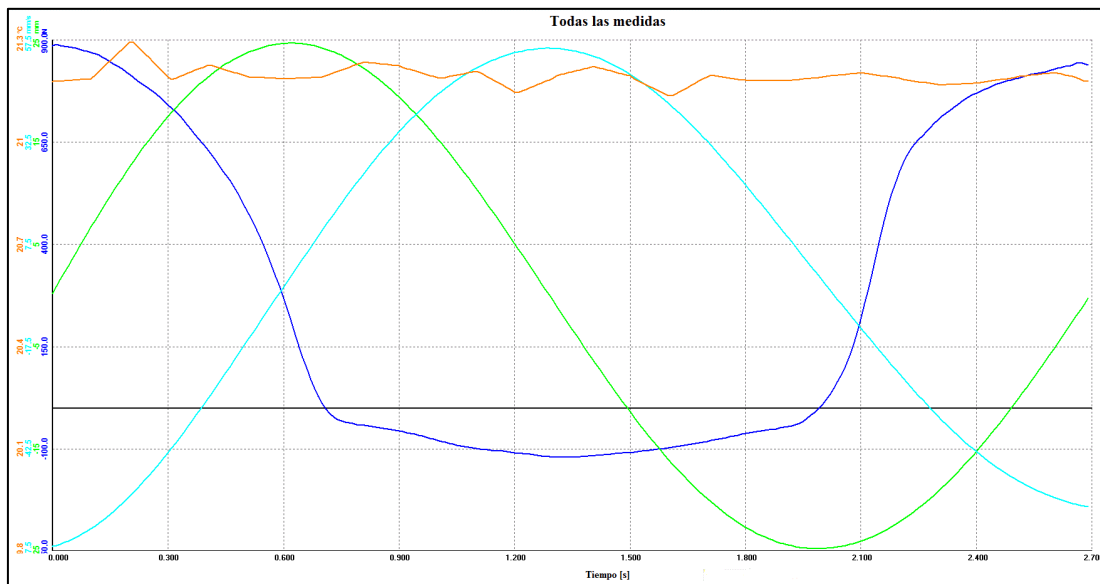




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,42
Fuerza máxima de Compresión (N)	890,06
Fuerza máxima de Extensión (N)	123,73
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	56,59
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	55,59
Temperatura Mediana (°C)	21,20

Datos de prueba

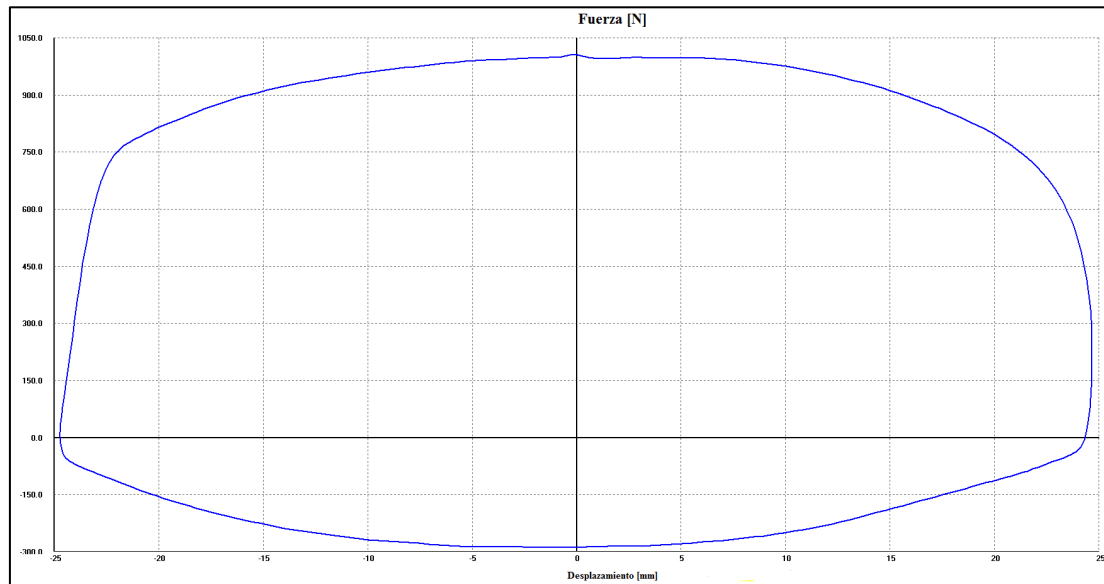
Excursión [mm]	50,42
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	890,06 -56,59
Pk. Extens.	123,73 55,59
Temp. Mediana	21,2



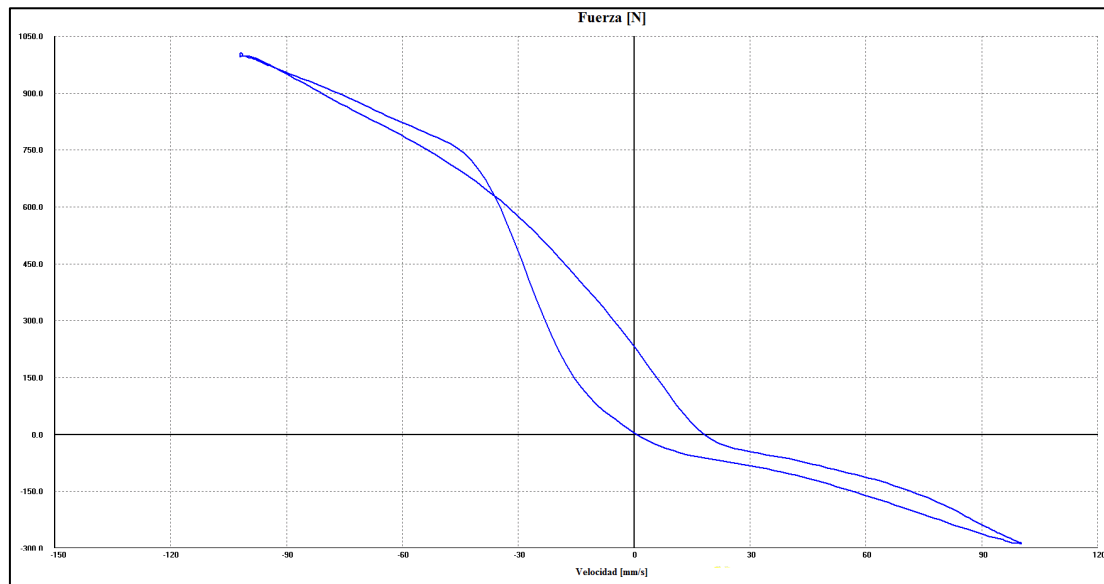
Prueba 1.2 Velocidad Fija 100 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 21,00

Fuerza/Desplazamiento

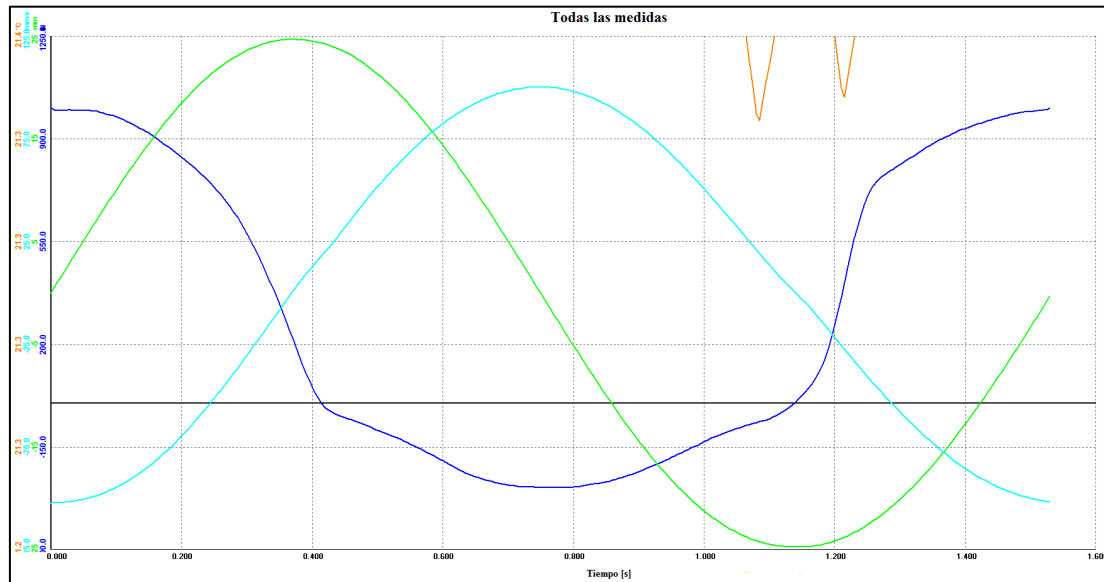


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	1005,81
Fuerza máxima de Extensión (N)	291,37
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	101,56
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,53
Temperatura Mediana (°C)	21,40

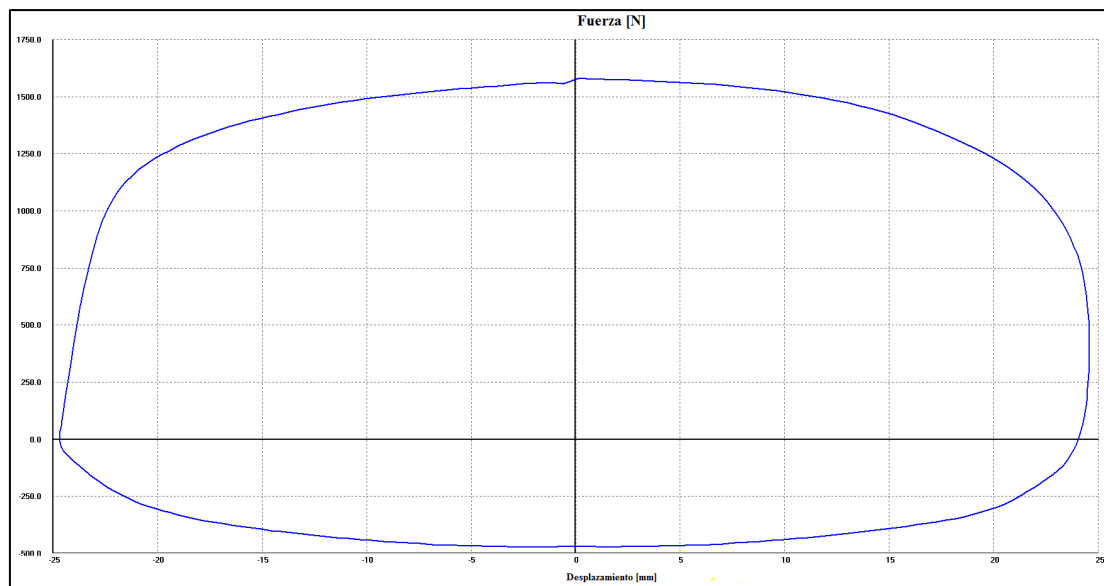
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1005,81 -101,56
Pk. Estens.	291,37 100,53
Temp. Mediana	21,4

Prueba 1.3 Velocidad Fija 300 mm/s

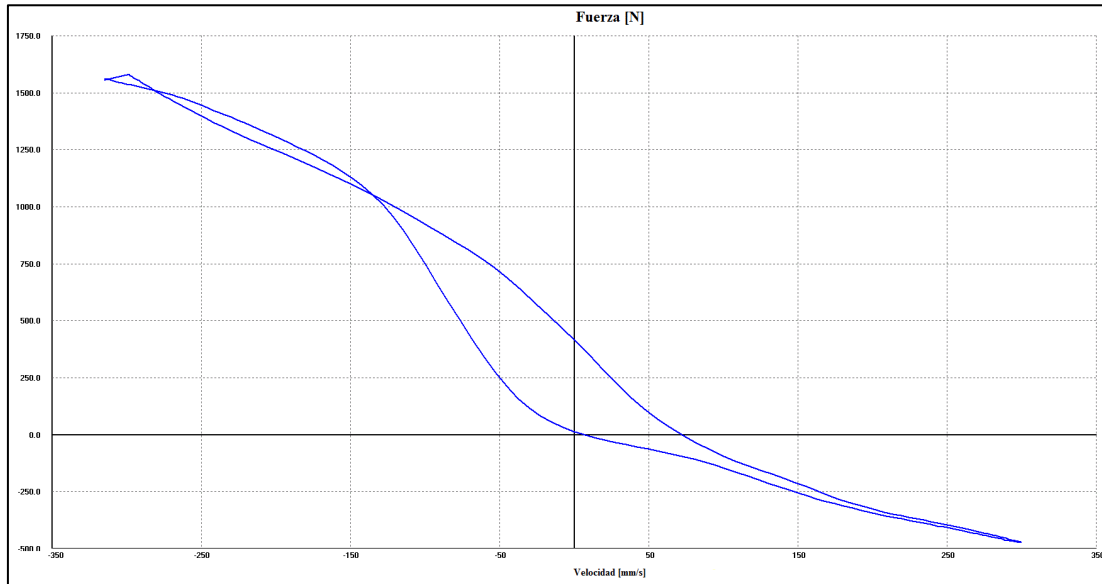
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

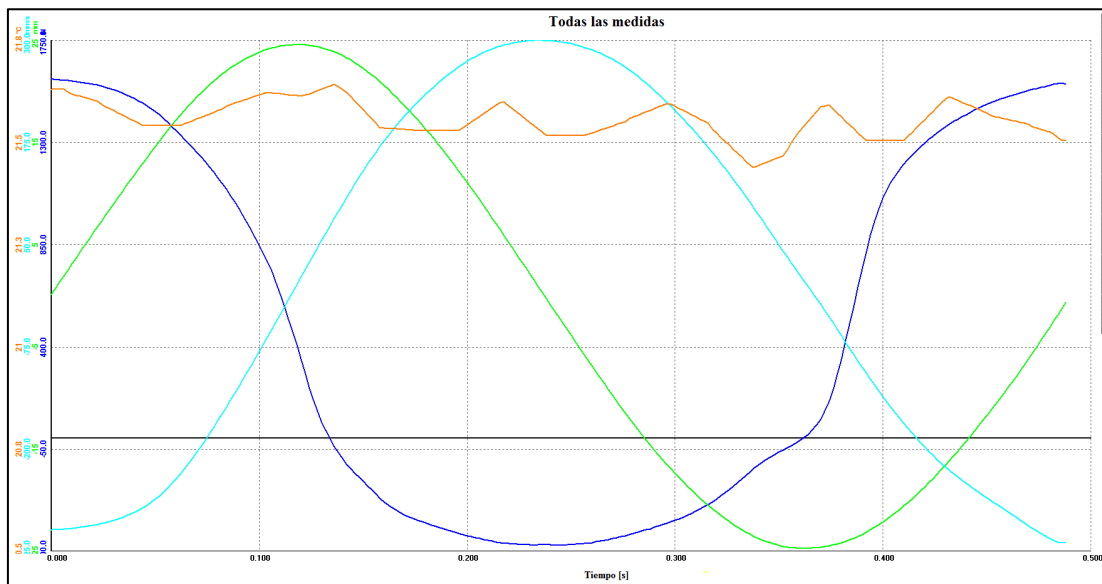




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,42
Fuerza máxima de Compresión (N)	1580,56
Fuerza máxima de Extensión (N)	474,97
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	298,15
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	300,44
Temperatura Mediana (°C)	21,60

Datos de prueba

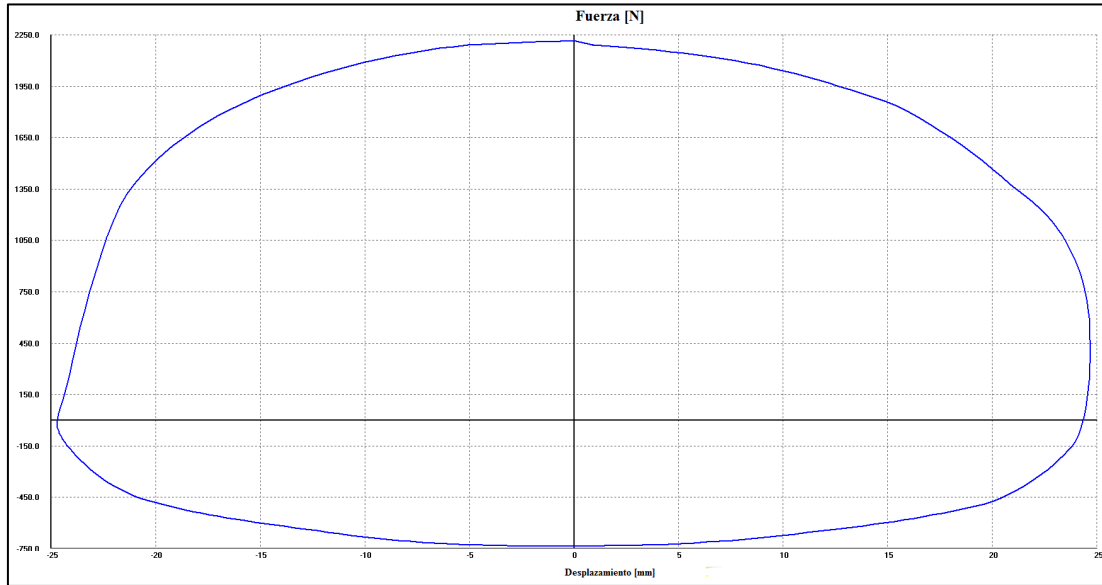
Excursión [mm]	50,42
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1580,56 -298,15
Pk. Extens.	474,97 300,44
Temp. Mediana	21,6



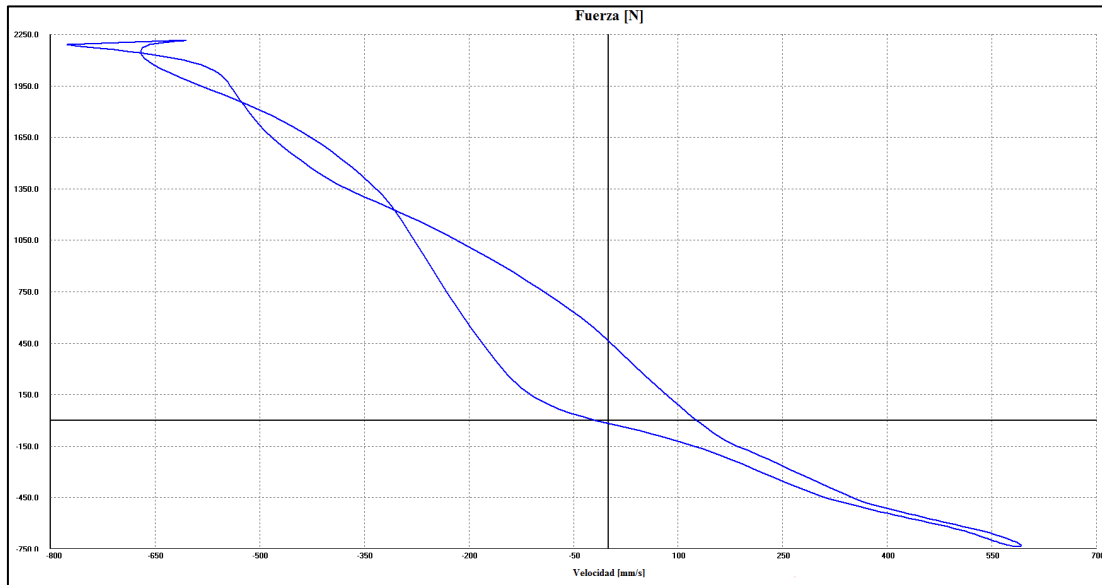
Prueba 1.4 Velocidad Fija 600 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 22,00

Fuerza/Desplazamiento

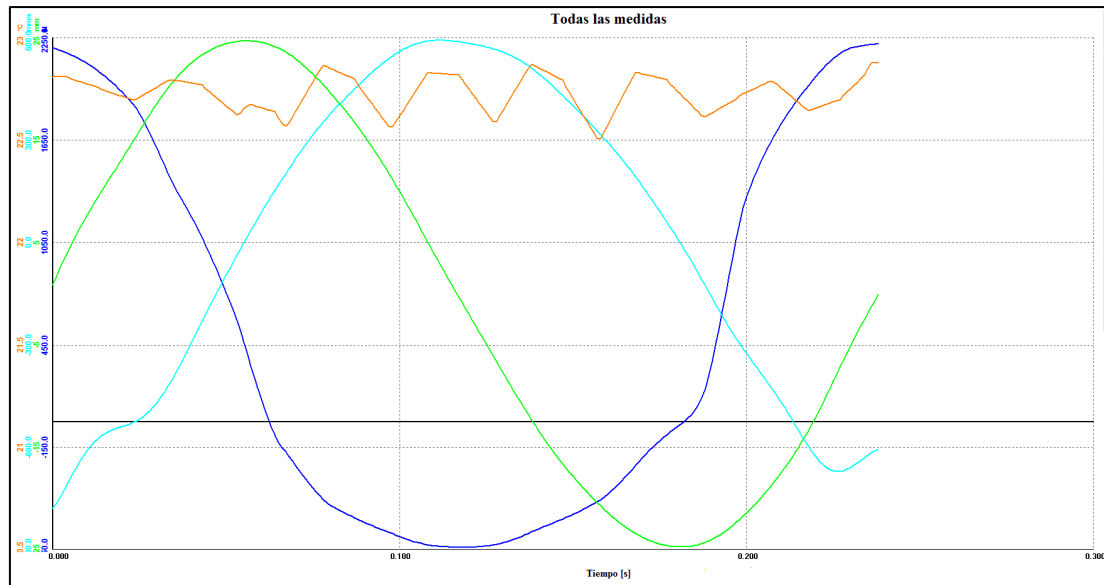


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,53
Fuerza máxima de Compresión (N)	2215,18
Fuerza máxima de Extensión (N)	742,38
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	605,36
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	594,35
Temperatura Mediana (°C)	22,70

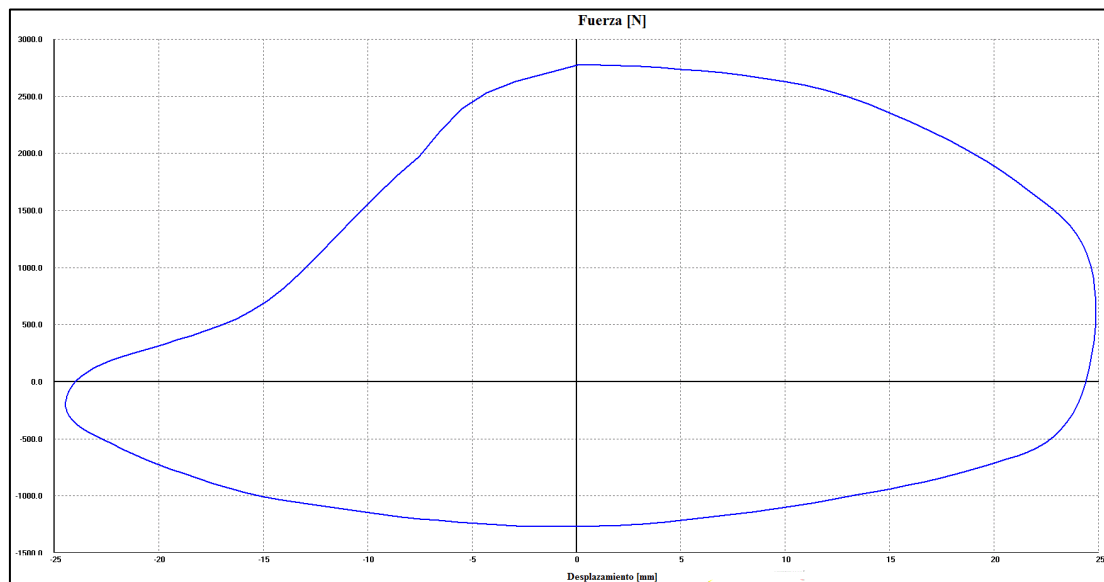
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,53
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compress.	2215,18 -605,36
Pk.Extens.	-742,38 594,35
Temp.Mediana	22,7

Prueba 1.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

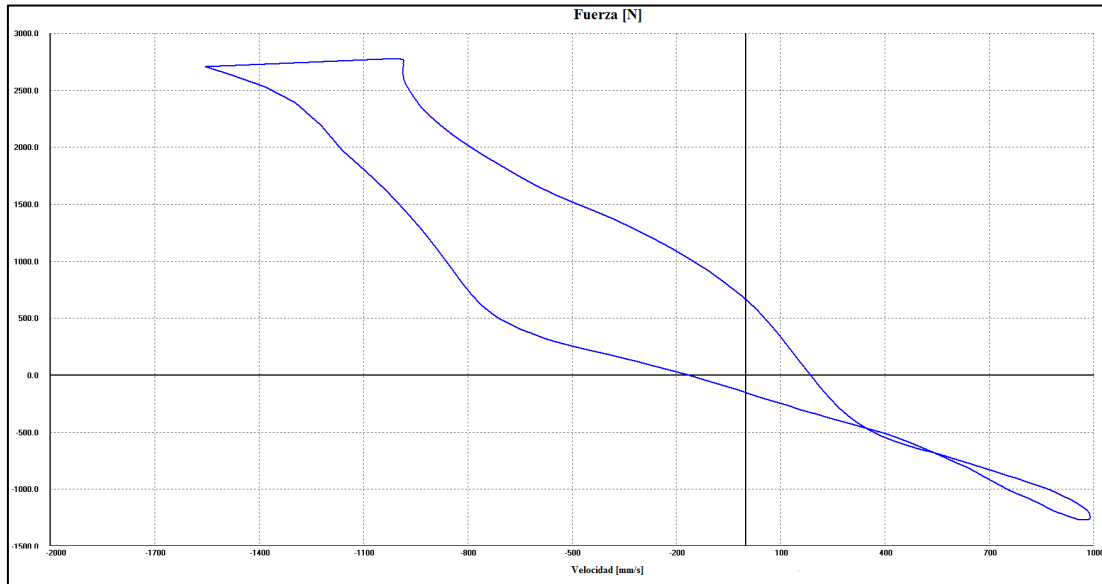
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

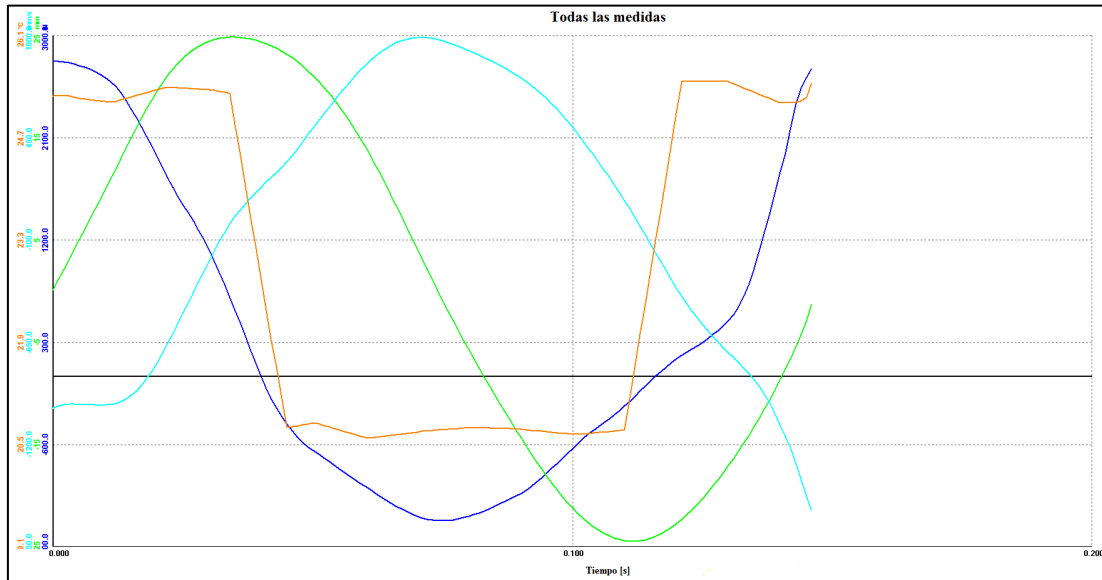




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	2777,95
Fuerza máxima de Extensión (N)	1285,20
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	1003,06
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1003,34
Temperatura Mediana (°C)	22,9

Datos de prueba

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2777,95 -1003,06
Pk. Estens.	-1285,2 1003,34
Temp. Mediana	22,9



Prueba 2

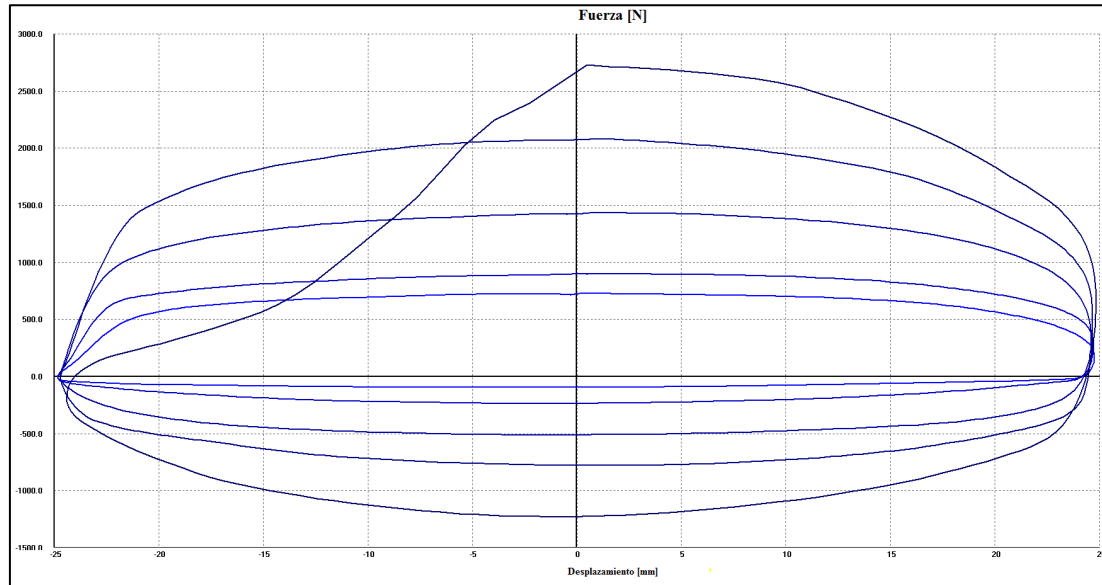
Temperatura del Laboratorio (°C): 21,10

Humedad Relativa del Laboratorio (%): 57,40

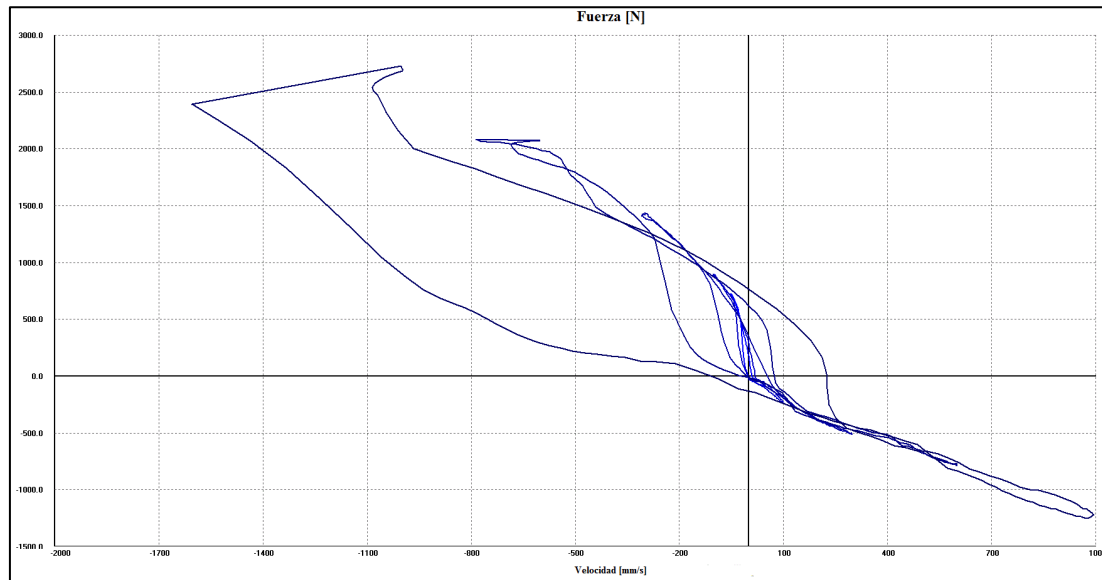
Velocidad Variable (50,100,300,600, 1000) mm/s.

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

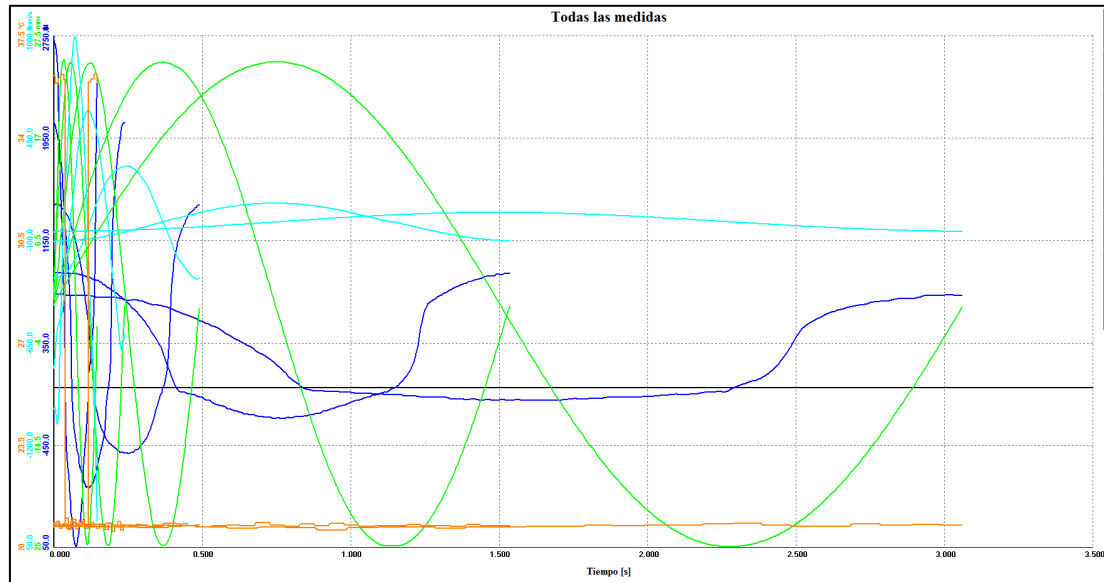


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Ciclo I

Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	730,41
Fuerza máxima de Extensión (N)	95,79
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,78
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	50,23
Temperatura Mediana (°C)	20,70

Ciclo II

Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	898,04
Fuerza máxima de Extensión (N)	239,48
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	101,59
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	100,18
Temperatura Mediana (°C)	20,80

Ciclo III

Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	1436,87
Fuerza máxima de Extensión (N)	514,88
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	298,39
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	299,17
Temperatura Mediana (°C)	20,80

Datos de prueba

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	730,41 -50,78
Pk. Estens.	-95,79 50,23
Temp. Mediana	20,7

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	898,04 -101,59
Pk. Estens.	-239,48 100,18
Temp. Mediana	20,8

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1436,87 -298,39
Pk. Estens.	-514,88 299,17
Temp. Mediana	20,8



Ciclo IV	
Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	2083,46
Fuerza máxima de Extensión (N)	786,29
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	601,57
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	600,12
Temperatura Mediana (°C)	20,80

Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2083,46 -601,57
Pk. Estens.	-786,29 600,12
Temp. Mediana	20,8

Ciclo V	
Excursión (mm)	50,46
Fuerza máxima de Compresión (N)	2730,06
Fuerza máxima de Extensión (N)	1249,28
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	1002,17
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	994,04
Temperatura Mediana (°C)	28,00

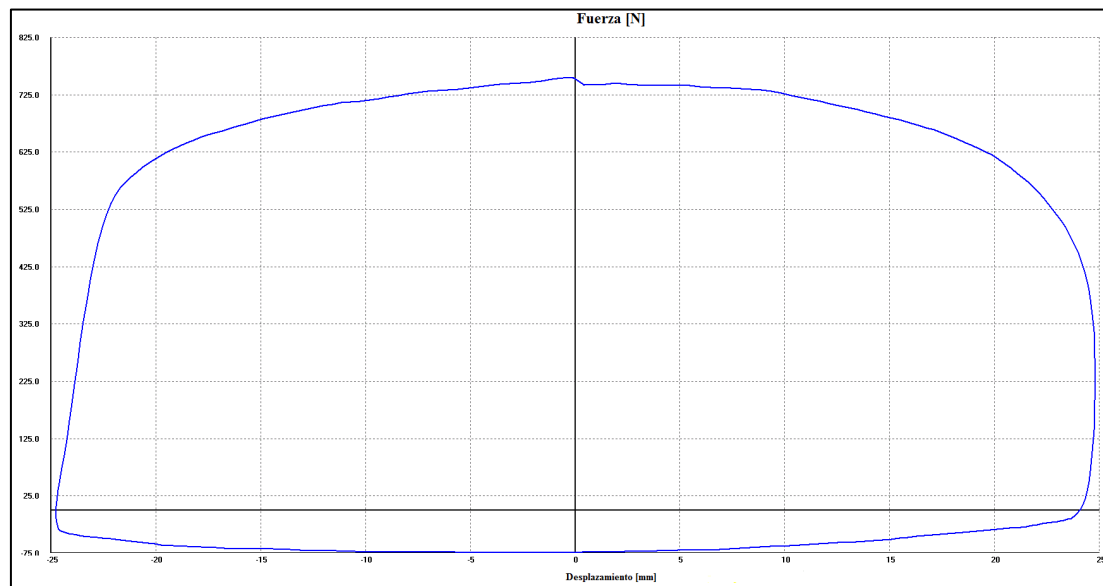
Excursión [mm]	50,46
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2730,06 -1002,17
Pk. Estens.	-1249,28 994,04
Temp. Mediana	28,

Prueba 3

Temperatura del Laboratorio (°C): 18,70 Humedad Relativa del Laboratorio (%): 77,20

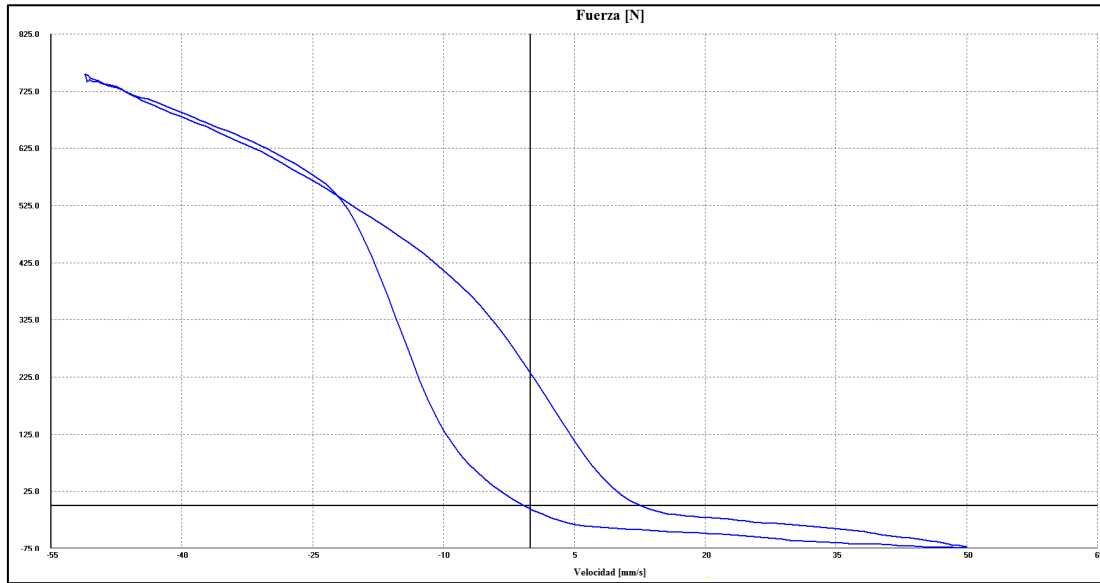
Prueba 3.1 Velocidad Fija 50 mm/s Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 17,00

Fuerza/Desplazamiento

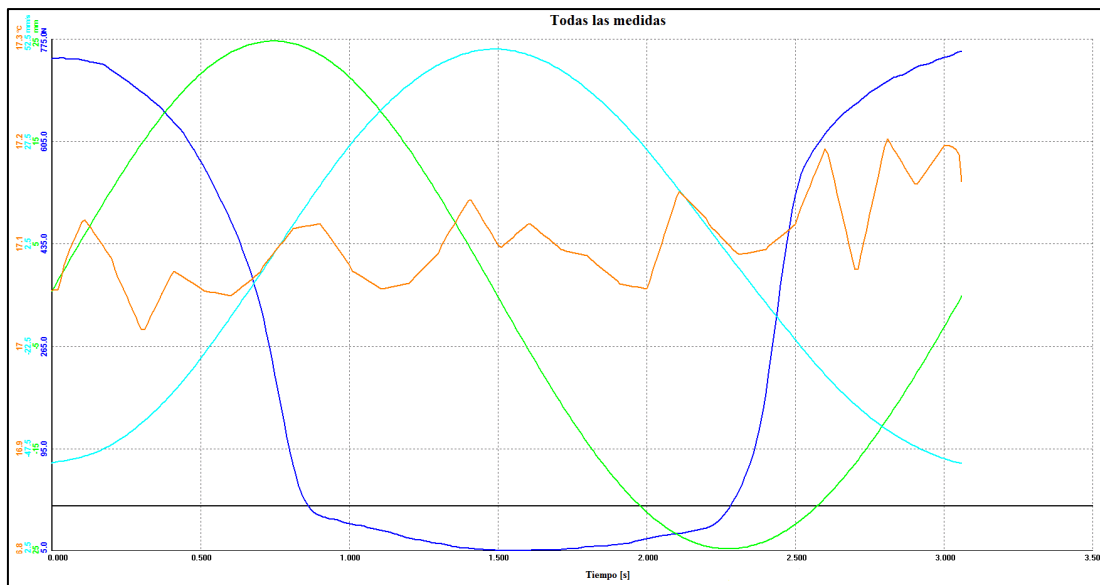




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,34
Fuerza máxima de Compresión (N)	754,36
Fuerza máxima de Extensión (N)	75,84
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	50,84
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	50,16
Temperatura Mediana (°C)	17,10

Datos de prueba

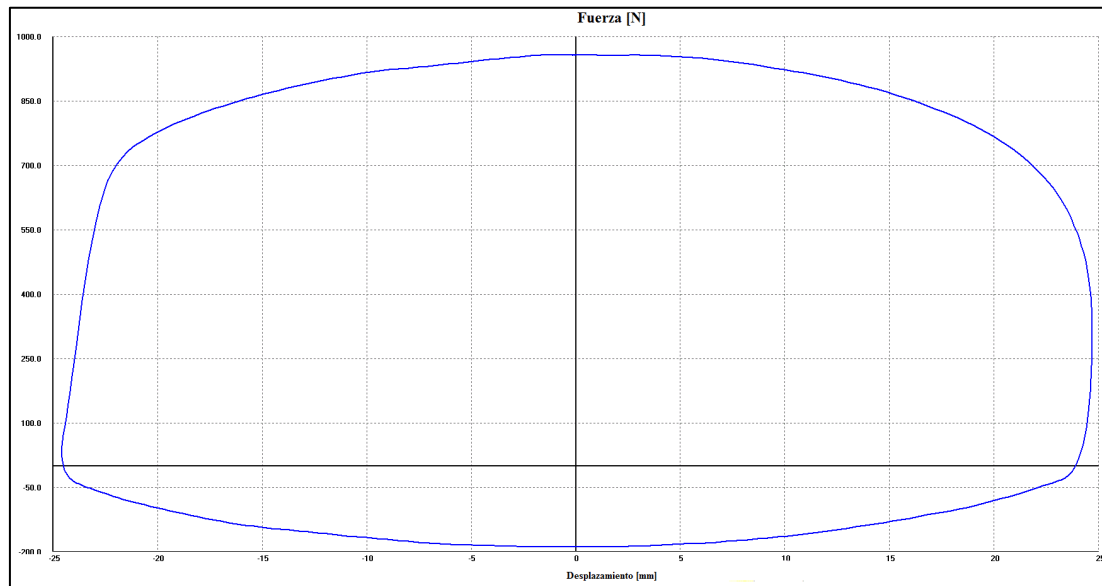
Excursión [mm]	50,34
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	754,36 -50,84
Pk. Estens.	-75,84 50,16
Temp. Mediana	17,1



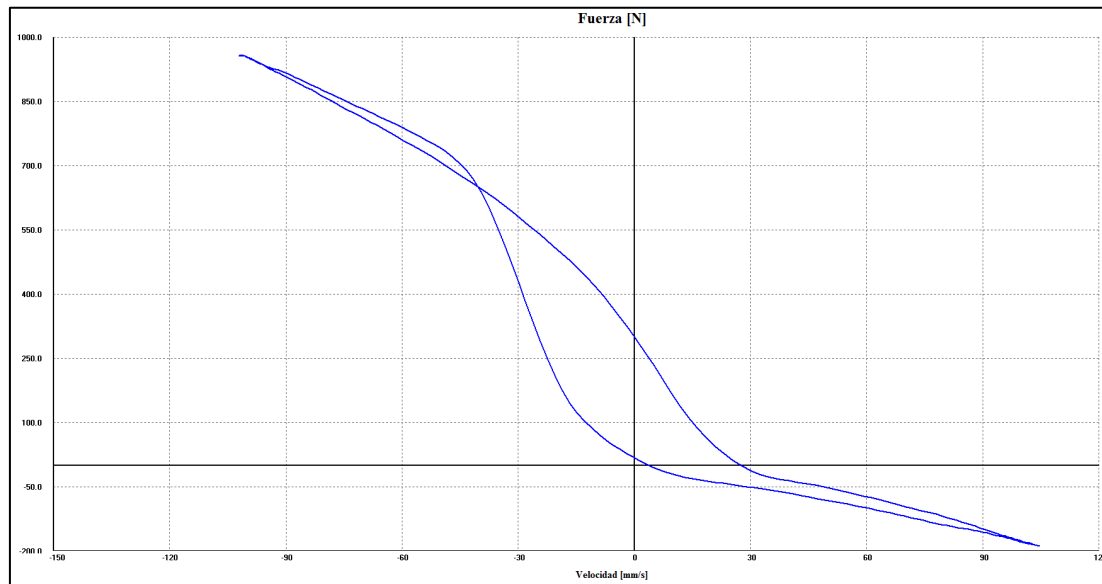
Prueba 3.2 Velocidad Fija 100 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 17,00

Fuerza/Desplazamiento

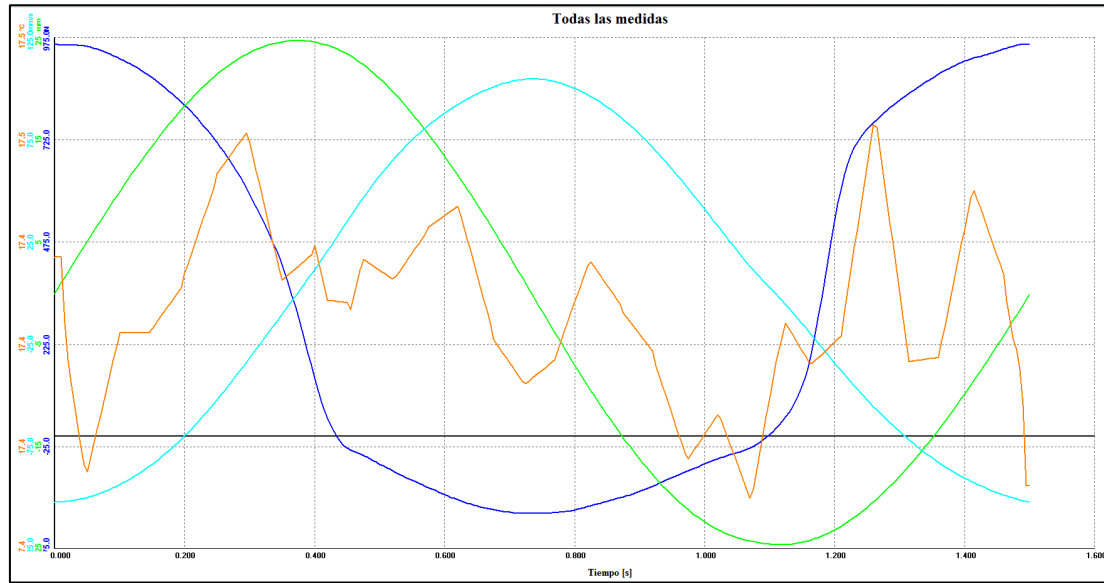


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,49
Fuerza máxima de Compresión (N)	961,91
Fuerza máxima de Extensión (N)	191,58
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	101,91
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	105,06
Temperatura Mediana (°C)	17,40

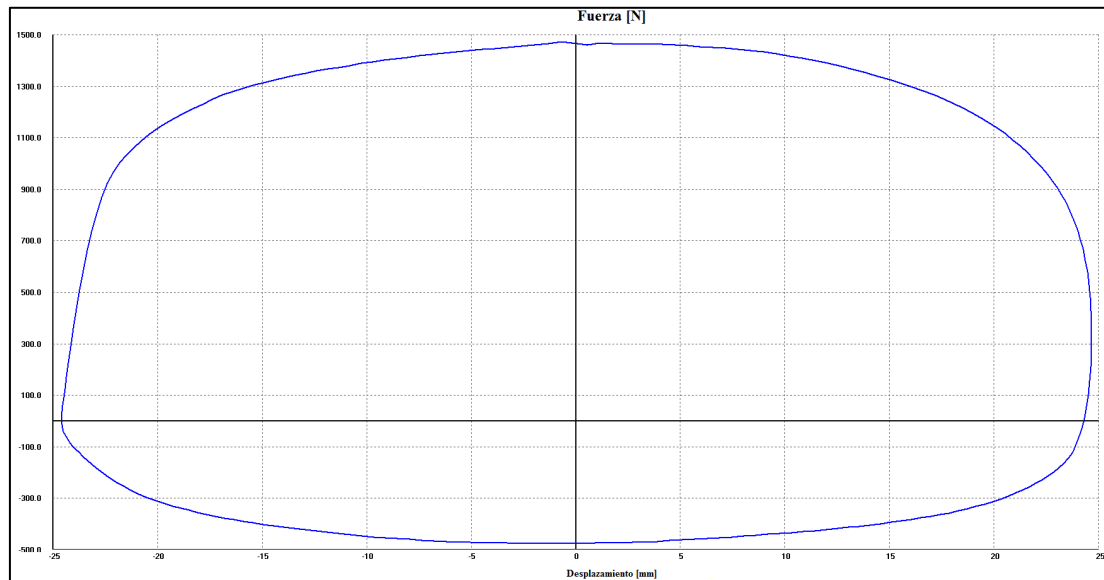
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,49
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	961,91 -101,91
Pk. Estens.	-191,58 105,06
Temp. Mediana	17,4

Prueba 3.3 Velocidad Fija 300 mm/s

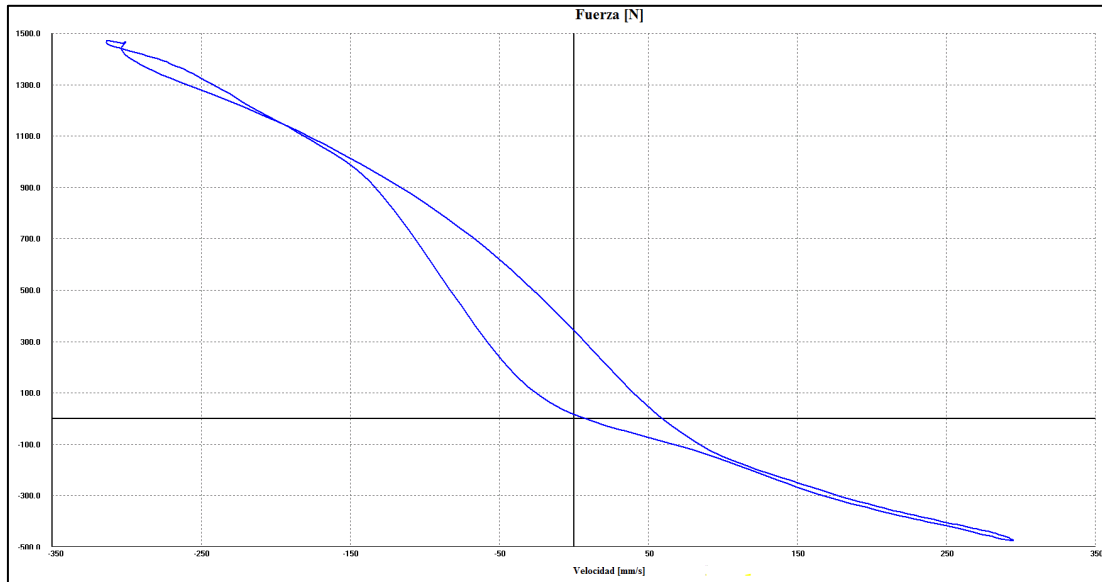
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 18,00

Fuerza/Desplazamiento

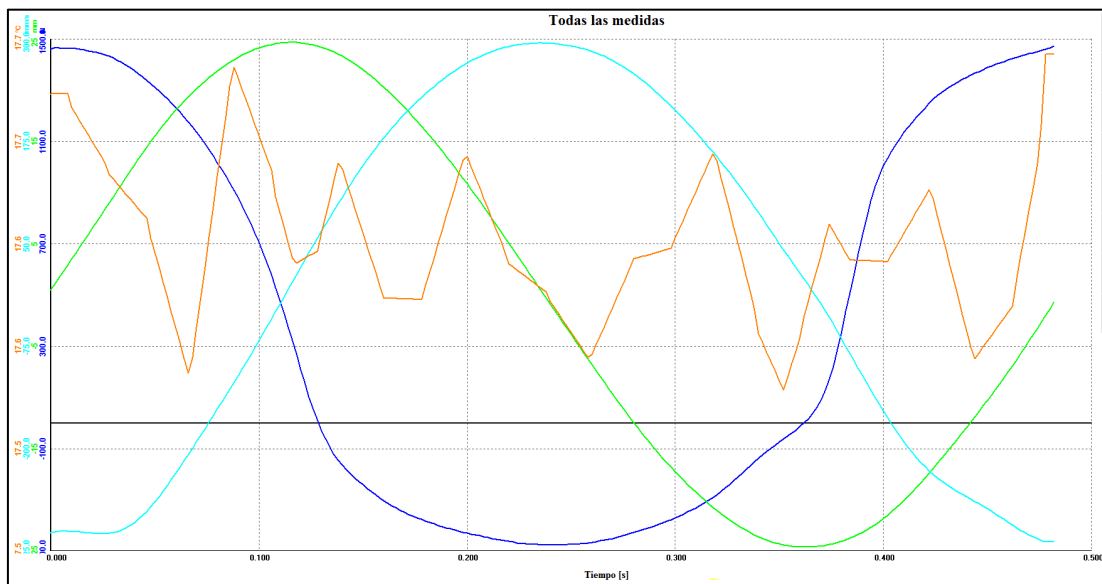




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,42
Fuerza máxima de Compresión (N)	1472,79
Fuerza máxima de Extensión (N)	478,96
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	302,16
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	295,69
Temperatura Mediana (°C)	17,60

Datos de prueba

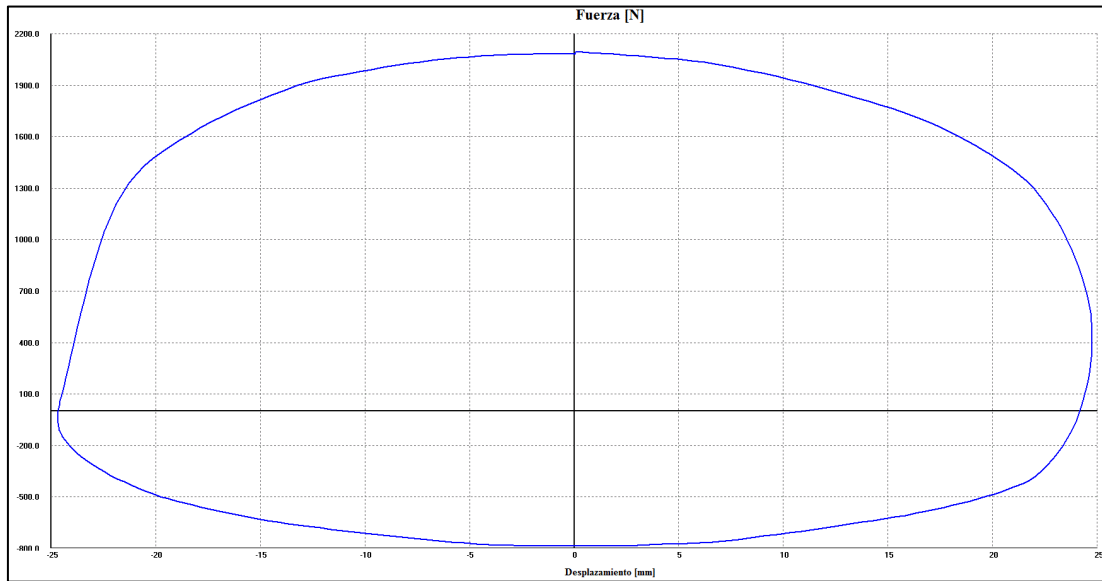
Excursión [mm]	50,42
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1472,79 -302,16
Pk. Estens.	478,96 295,69
Temp. Mediana	17,6



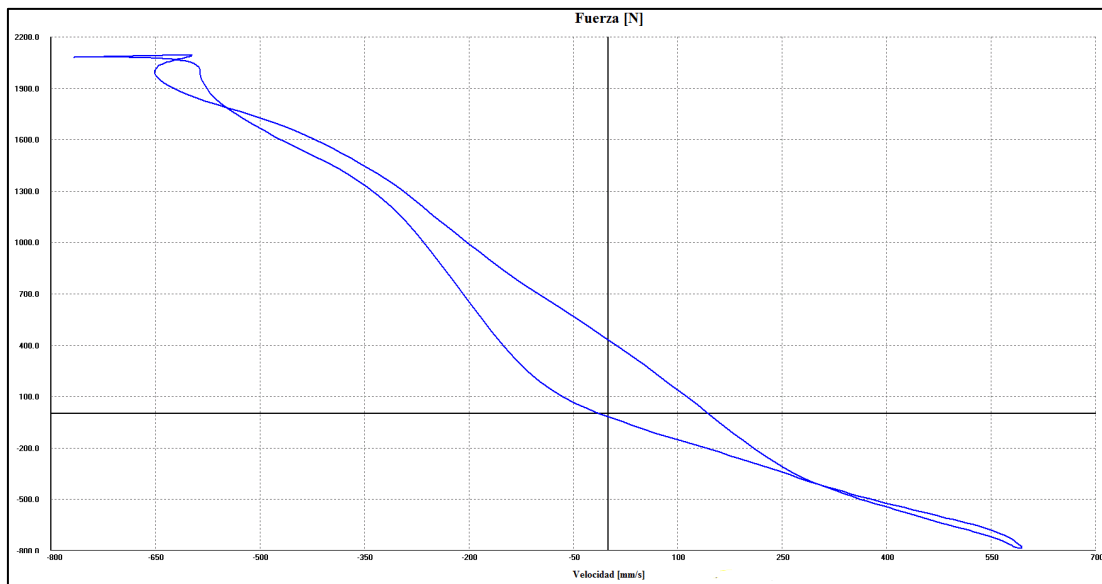
Prueba 3.4 Velocidad Fija 600 mm/s

Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 18,00

Fuerza/Desplazamiento

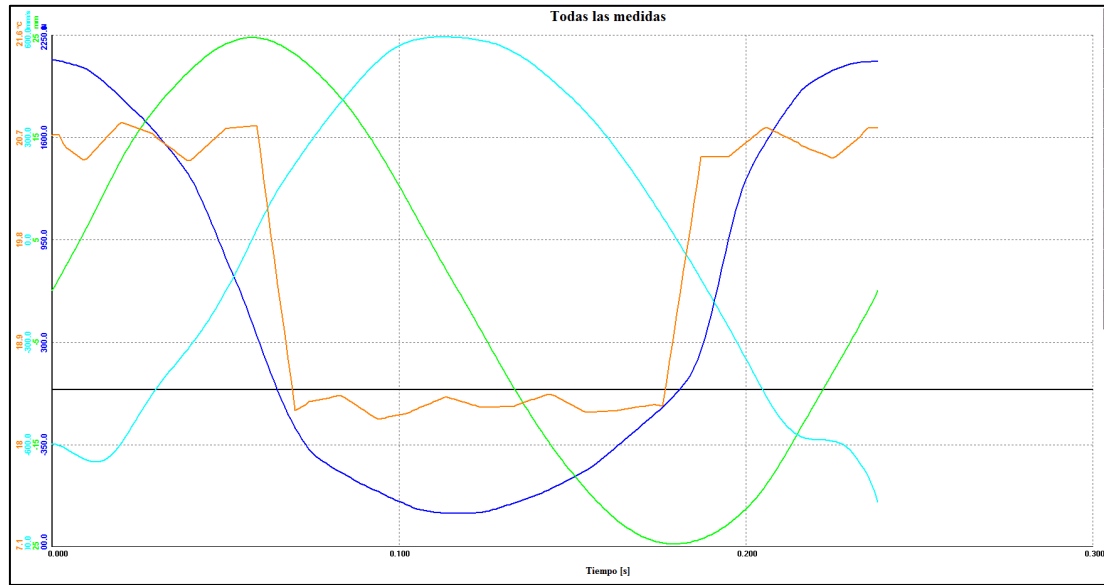


Fuerza/Velocidad





Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,42
Fuerza máxima de Compresión (N)	2095,44
Fuerza máxima de Extensión (N)	790,28
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	597,52
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	595,30
Temperatura Mediana (°C)	19,50

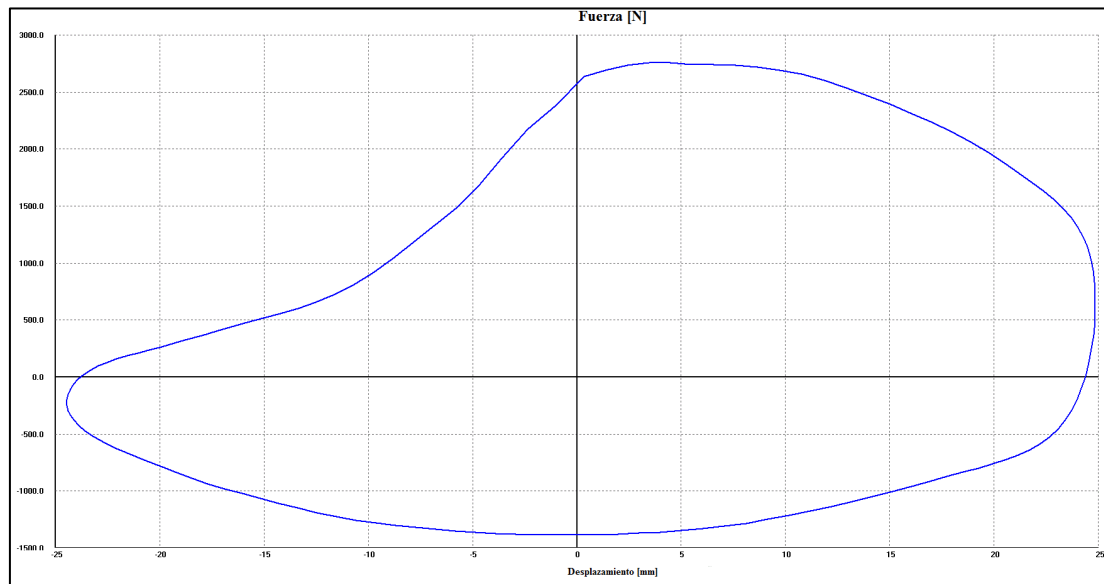
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,42
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2095,44 -597,52
Pk. Extens.	790,28 595,3
Temp. Mediana	19,5

Prueba 3.5 Velocidad Fija 1000 mm/s

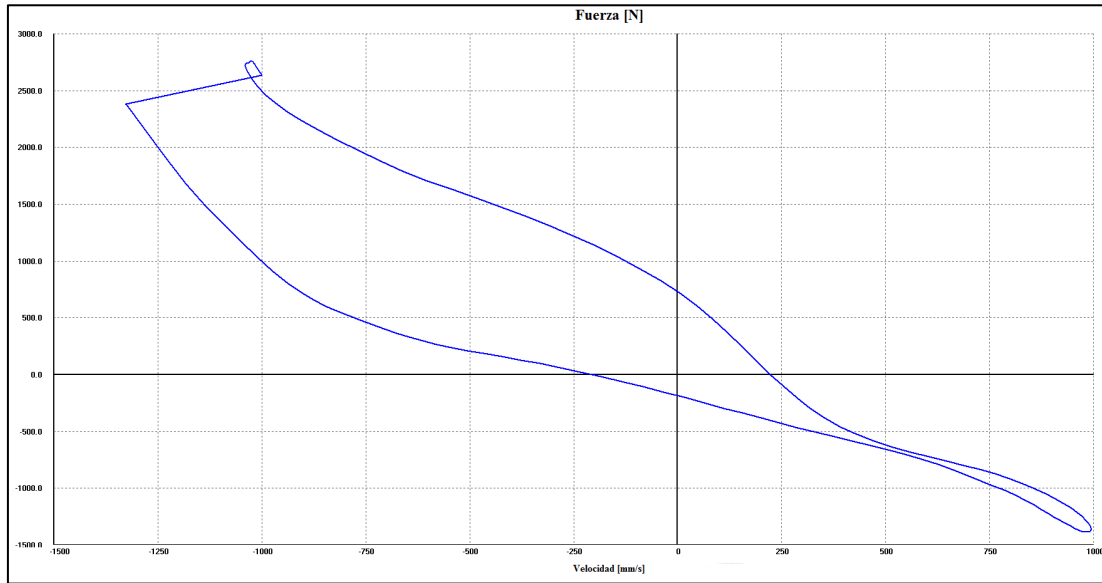
Temperatura inicial del Amortiguador (°C): 20,00

Fuerza/Desplazamiento

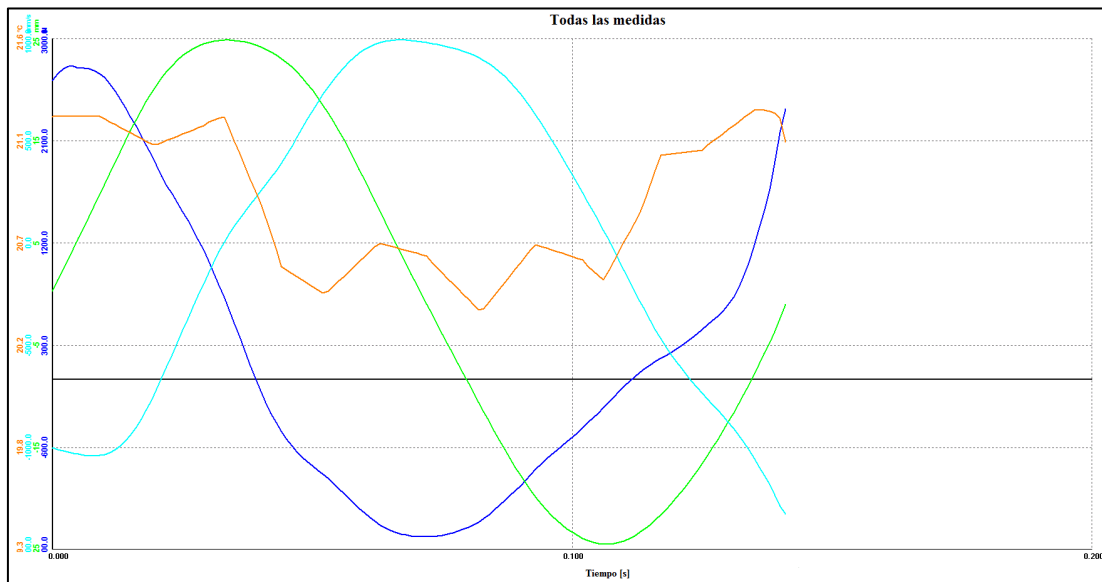




Fuerza/Velocidad



Fuerza (---) Velocidad (---) Desplazamiento (---) Temperatura (---) Vs Tiempo



Resultados

Excursión (mm)	50,42
Fuerza máxima de Compresión (N)	2813,87
Fuerza máxima de Extensión (N)	1392,97
Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	1000,32
Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	1002,75
Temperatura Mediana (°C)	20,90

Datos de prueba

Excursión [mm]	50,42
Precarga [N]	107,77
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	2813,87 -1000,32
Pk. Estens.	-1392,97 1002,75
Temp. Mediana	20,9



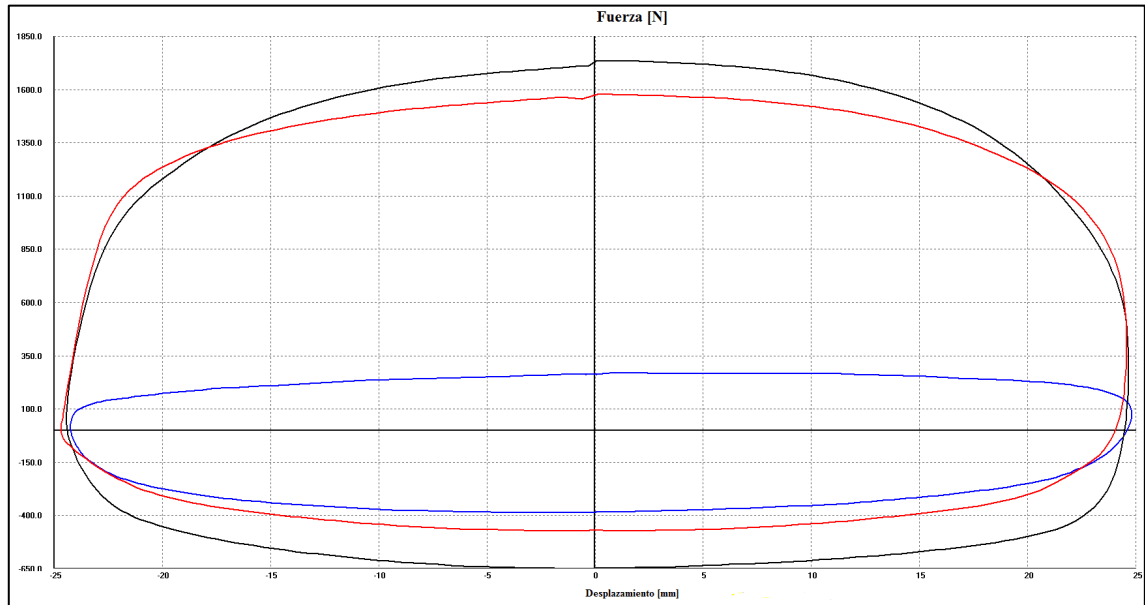
Resultado de comparación:

060459484620201221-EAA 01 Vs. 060459484620201221-EAA 02 Vs. 060459484620201221-EAA 03

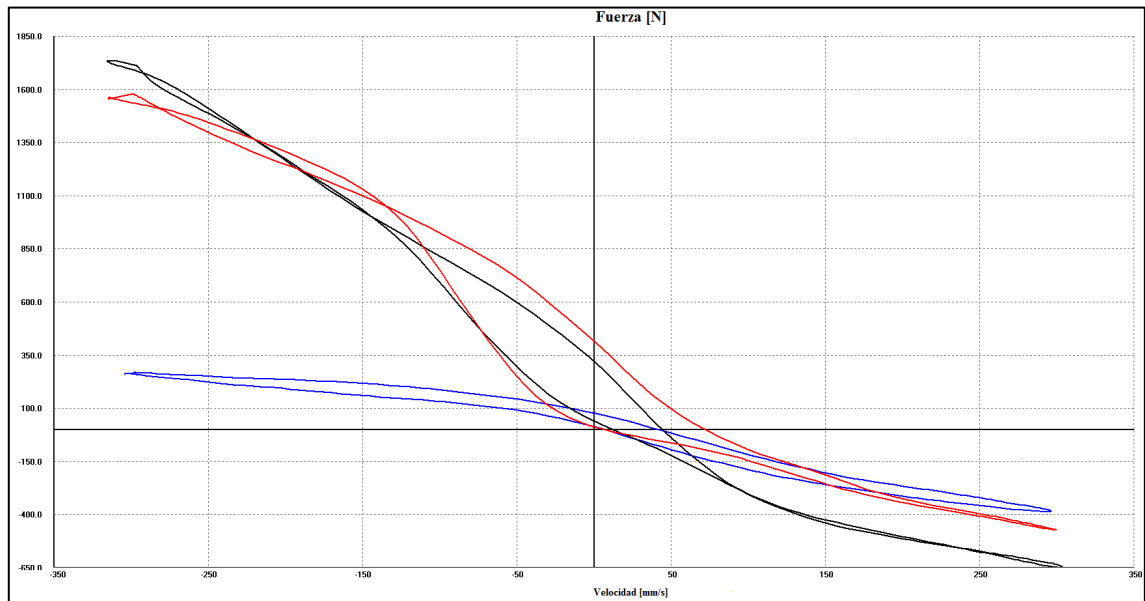
Velocidad Fija 300 mm/s

060459484620201221-EAA 01 (---).
060459484620201221-EAA 02 (---).
060459484620201221-EAA 03(---).

Fuerza/Desplazamiento



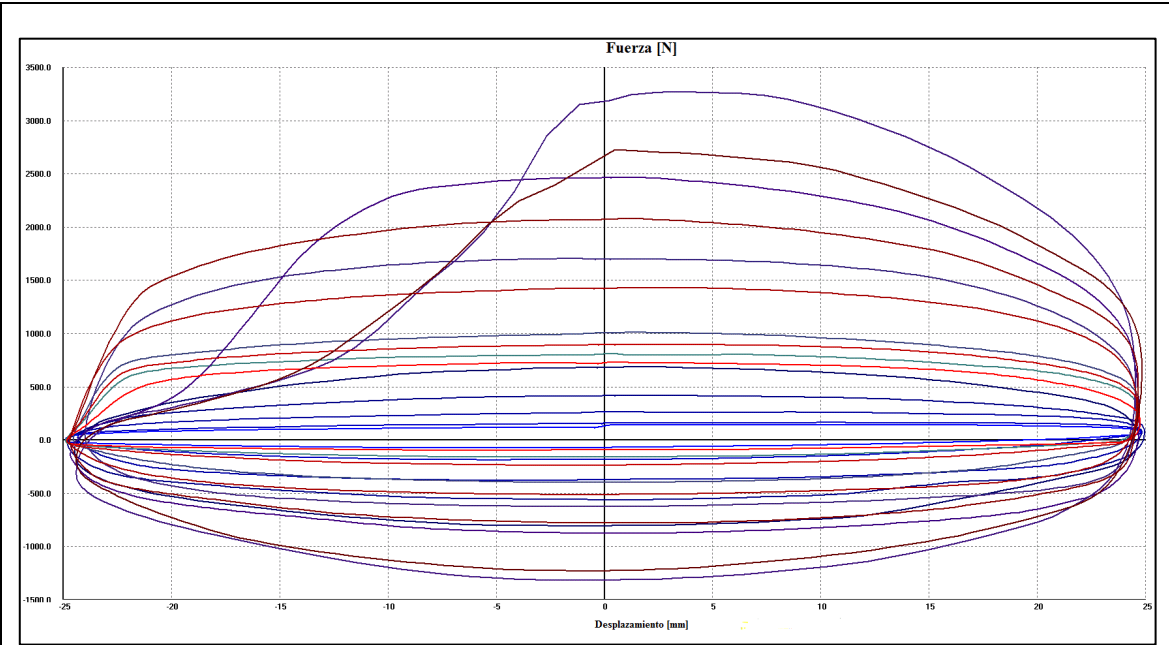
Fuerza/Velocidad



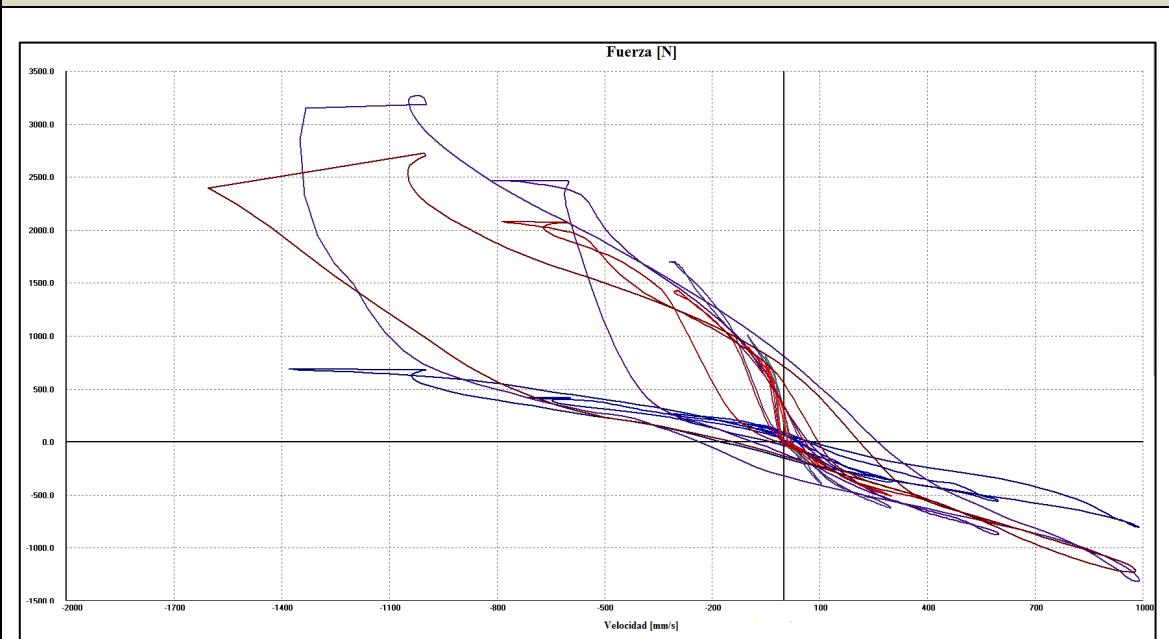
060459484620201221-EAA 01 Vs. 060459484620201221-EAA 02 Vs. 060459484620201221-EAA 03

Velocidad Variable (50,100,300,600, 1000) mm/s.

Fuerza/Desplazamiento



Fuerza/Velocidad



Fuerza/Picos de Velocidad

060459484620201221-EAA 01 (---).
060459484620201221-EAA 02 (---).
060459484620201221-EAA 03(---).

