

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingenierías

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación De Autopartes De Vehículos

Análisis de Durabilidad y Caracterización del Comportamiento Dinámico de Amortiguadores de Fábrica y Alternos para uso de Carretera.

Caisaguano Vega Edison Cristobal

Nota del Autor

Edison Caisaguano, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Juan Rocha, M.Sc,

Codirector: Ing. Esteban López, M.Sc,

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

ecaisaguano.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Edison Caisaguano, con cédula de identidad 1804504031, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente. El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico y a la línea de Investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria a fin a la Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Edison Caisaguano

CI: 1804504031

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Índice de Contenido	3
Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	10
Resumen.....	14
Abstract	15
Introducción	16
Antecedentes.....	16
Problema.....	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	21
Justificación.....	21
Estado del Arte	24
Introducción a los amortiguadores.....	24
Función de los amortiguadores.....	25
Tipos de amortiguadores.....	26
Monotubo.....	27
Doble tubo.....	28
Descripción del funcionamiento y partes del amortiguador	29
Influencia del amortiguador dentro de la suspensión	30
Caracterización de los amortiguadores.....	31
Rangos de actuación del amortiguador	31
Desplazamiento máximo.....	33
Velocidad máxima	34

Representación del comportamiento del amortiguamiento.....	34
Coeficiente de amortiguamiento	35
Diagramas característicos del amortiguador	36
Gráfico posición-fuerza.....	36
Gráfico fuerza-velocidad.....	39
Cavitación en el amortiguador	40
Resumen de modelos analíticos aproximados de caracterización	42
El amortiguador como elemento de seguridad	45
Método	47
Planteamiento Metodológico.....	47
Materiales y Equipos	48
Amortiguador.....	48
Amortiguador nacional G CONTROL.....	50
Amortiguador alternativo ACDELCO	50
Amortiguador alternativo MANDO.....	51
Banco de ensayo	51
Descripción de la máquina de ensayo	53
Bancada	53
Unidad de potencia:.....	53
Unidad de sujeción:.....	53
Unidad de sensores:.....	53
Unidad de software SCHOCK 3.0	54
Elementos de seguridad.....	54
Descripción del procesado de datos del software SCHOK 3.0.....	54
Protocolo de pruebas en el banco de pruebas DYNOSHOCK	55

Procedimiento DYNOSHOCK.....	55
Prueba típica en DYNOSHOCK.....	56
Análisis dinámico de los amortiguadores	57
Prueba a velocidad fijada:	57
Prueba a velocidad variable:	57
Método de Ensayo	57
Procedimiento utilizado en la caracterización de los amortiguadores	58
Preparación de las muestras	58
Procedimiento del ensayo	59
Preparación del equipo de ensayo	60
Condiciones del ensayo.....	60
Operación de ensayo	61
Registro de ensayo	61
Procedimiento utilizado en el banco de pruebas de durabilidad de los amortiguadores	62
Equipo de prueba	62
Condiciones de prueba.....	62
Temperatura en la sala de pruebas	62
Temperatura del elemento de ensayo	63
Velocidad de excitación (velocidad del pistón)	63
Posición de excitación.....	63
Carga Lateral	63
Dirección de excitación.....	63
Numero de ciclos.....	63
Método de enfriamiento	63
Operación de ensayo	63

Registro	64
Resultados	65
Resultados Dinámicos de los Amortiguadores.....	65
Resultados de amortiguador nacional probeta 1	65
Prueba de amortiguador nacional probeta 1 con velocidad fija del pistón	65
Prueba de amortiguador nacional probeta 1 con velocidad del pistón variable.....	67
Resultados amortiguador nacional probeta 2.....	69
Prueba de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad fija del pistón	69
Prueba de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad del pistón variable.....	71
Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 1	73
Prueba de amortiguador alterno 1 probeta 1 con velocidad fija del pistón.....	73
Prueba de amortiguador alterno1 probeta 1 con velocidad del pistón variable	75
Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2	77
Prueba de amortiguador alterno1 probeta 2 con velocidad fija del pistón.....	77
Prueba de amortiguador alterno1 probeta 2 con velocidad del pistón variable	79
Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1	81
Prueba de amortiguador alterno 2 probeta 1 con velocidad fija del pistón.....	81
Prueba de amortiguador alterno2 probeta 1 con velocidad del pistón variable	84
Resultado de amortiguador alterno 2 probeta 2.....	86
Prueba de amortiguador alterno 2 probeta 2 con velocidad fija del pistón.....	86
Prueba de amortiguador alterno2 probeta 2 con velocidad del pistón variable	89
Resultados de ensayo de durabilidad.....	91
Resultados de amortiguador nacional sometido a durabilidad	92
Resultados de amortiguador alterno 1 después de la prueba de durabilidad	94
Resultados de amortiguador alterno 2 después de la prueba de durabilidad	97

Resultados de Validación de datos de amortiguadores	99
Resultados de evaluación de la conformidad	100
Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador alterno 1	100
Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador Alterno 2.....	103
Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador Nacional 1.....	105
Resultados de comparación de la valuación de conformidad entre amortiguadores	108
Resultados de comparación ensayo de durabilidad.....	111
Resultados de comparación de durabilidad del amortiguador alterno 1	111
Resultados de comparación de durabilidad amortiguador alterno 2.....	112
Resultados de comparación de durabilidad amortiguador nacional	113
Resultados de comparación de durabilidad entre amortiguadores	115
Discusión de Resultados	119
Discusión de Conformidad.....	119
Discusión de durabilidad.....	123
Conclusiones.....	128
Recomendaciones	131
Bibliografía.....	132
Anexos.....	139

Índice de Tablas

Tabla 1 Descripción de las partes de la máquina de ensayo	52
Tabla 2 Dimensiones de la longitud del amortiguador (Nacional, Alterno 1, Alterno 2).....	59
Tabla 3 Condiciones de ensayo.....	60
Tabla 4 Descripción del ensayo	61
Tabla 5. Resultados de amortiguador nacional probeta 1 a velocidad fija	67
Tabla 6. Resultados de amortiguador nacional probeta 1 a velocidad variable.....	69
Tabla 7. Resultados de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad fija	71
Tabla 8. Resultados de amortiguador nacional probeta 2 a velocidad variable.....	73
Tabla 9. Resultados de amortiguador alterno1 probeta 1 con velocidad fija.....	75
Tabla 10. Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 1 a velocidad variable	77
Tabla 11. Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2 con velocidad fija.....	79
Tabla 12. Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2 a velocidad variable	81
Tabla 13. Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1 a velocidad fija.....	84
Tabla 14. Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1 a velocidad variable	86
Tabla 15. Resultados de amortiguador alterno2 probeta 2 con velocidad fija.....	89
Tabla 16. Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 2 a velocidad variable	91
Tabla 17. Resultados amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad	94
Tabla 18. Resultados de amortiguador alterno 1 después del ensayo de durabilidad.....	97
Tabla 19. Resultados de amortiguador alterno 1 después del ensayo de durabilidad.....	99
Tabla 20 Validación de amortiguadores	100
Tabla 21 Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1(extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	102
Tabla 22. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1(compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	102
Tabla 23 Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 2(extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	105
Tabla 24. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 2(compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	105
Tabla 25. Rango de fuerza de amortiguamiento nacional (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	108

Tabla 26. Rango de fuerza de amortiguamiento nacional (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	108
Tabla 27. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1,alterno2 y nacional (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	110
Tabla 28. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1,alterno 2 y nacional (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	110
Tabla 29. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1(extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	118
Tabla 30. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1(compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s.....	118

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Tipos de amortiguadores.....	27
<i>Figura 2.</i> Amortiguador bitubo.....	28
<i>Figura 3.</i> Historial de tiempo de presión pA, pB y pC (a=5cm, f=2Hz, pK=2bar).....	32
<i>Figura 4</i> Diagrama fuerza-velocidad (a=5cm, f=2Hz): (a) influencia del parametro pk ($\delta_0 = 0.1$), (b) influencia del parámetro δ_0 (pk=2bar).....	33
<i>Figura 5.</i> Representación del coeficiente de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo	36
<i>Figura 6.</i> Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador de doble tubo.	37
<i>Figura 7.</i> Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función del valor absoluto de la posición para un amortiguador de doble tubo	39
<i>Figura 8.</i> Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo	40
<i>Figura 9.</i> Diagrama esquemático de las rutas de flujo de un amortiguador	41
<i>Figura 10.</i> Diagrama metodológico.....	47
<i>Figura 11.</i> Suspensión MCPHERSON.....	49
<i>Figura 12.</i> Banco de ensayo Dynoschok 11	51
<i>Figura 13.</i> Captador de fuerza.....	54
<i>Figura 14.</i> Longitud de amortiguador L máx and L min.....	58
<i>Figura 15</i> Diagrama fuerza de amortiguamiento FD	59
<i>Figura 16</i> Esquema de equipo de ensayo y amortiguador.....	60
<i>Figura 17</i> Diagrama fuerza vs velocidad.....	62
<i>Figura 18</i> Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	66
<i>Figura 19.</i> Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) y fuerza vs velocidad (c) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s).....	68

<i>Figura 20.</i> Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	70
<i>Figura 21.</i> Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)	72
<i>Figura 22.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	74
<i>Figura 23.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)	76
<i>Figura 24.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	78
<i>Figura 25.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)	80
<i>Figura 26.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 2 probeta1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	83
<i>Figura 27.</i> Diagramas característicos amortiguador alterno 2 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)	85
<i>Figura 28.</i> Diagrama característicos amortiguador alterno 2 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas.....	88
<i>Figura 29.</i> Diagrama característicos amortiguador alterno 2 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) y fuerza vs velocidad (c) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)	90

<i>Figura 30.</i> Curvas características amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad a velocidades de 0.05mm/s,0.1m/s,0.3m/s,0.6m/s y 1m/s.	93
<i>Figura 31.</i> Curvas características amortiguador alterno 1 después del ensayo de durabilidad a velocidades fijas de 0.05mm/s,0.1m/s,0.3m/s,0.6m/s y 1m/s	96
<i>Figura 32.</i> Curvas características amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad a velocidades de 0.05mm/s,0.1m/s,0.3m/s,0.6m/s y 1m/s.....	98
<i>Figura 33.</i> Diagrama comparativo FD, FV y FVA del amortiguador alterno 1 probeta 1 y 2 a velocidad fija con 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s	101
<i>Figura 34.</i> Diagrama comparativo FD, FV y FVA amortiguador alterno 2 probeta 1y 2 a velocidad fija de 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s	104
<i>Figura 35.</i> Diagrama comparativo FD, FV y FVA amortiguador nacional probeta 1 y 2 a velocidad fija con 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s	107
<i>Figura 36.</i> Comparación de fuerza de compresión de amortiguadores alterno1, alterno 2 y nacional a 0.05mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s.....	109
<i>Figura 37.</i> Comparación de fuerzas de extensión en amortiguadores alterno1, alterno 2 y nacional a 0.05mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s.....	109
<i>Figura 38.</i> Comparación de amortiguador alterno1 antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	112
<i>Figura 39.</i> Comparación de amortiguador altero 2 antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	113
<i>Figura 40.</i> Comparación de amortiguador nacional antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	114
<i>Figura 41.</i> Comparación de amortiguador curva FD alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	115
<i>Figura 42.</i> Comparación de amortiguador curva FV alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	116
<i>Figura 43.</i> Comparación de amortiguador curva FVA alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s.....	116
<i>Figura 44.</i> Comparacion de amortiguadores en diagrama Fuerza vs velocidad del pistón	117
<i>Figura 45.</i> Comparación de curvas de amortiguador alterno1 probeta 1 a velocidades fijas y variables de (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s).....	121

- Figura 46.* Diagrama comparativo fuerza vs velocidad absoluta del amortiguador alterno 1, alterno2 y nacional a velocidades fijas de 0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s y 1 mm/s 123
- Figura 47.* Comparación de amortiguador curva FD alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s..... 124
- Figura 48.* Comparación de amortiguador curva FV alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s..... 125
- Figura 49.* Comparación de amortiguador curva FVA alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s..... 125
- Figura 50.* Comparacion de amortiguadores en diagrama Fuerza vs velocidad del pistón 126

Resumen

La norma INEN RTE 034 considera al amortiguador como elemento de seguridad, pero no existe norma que rija a este elemento en el país. El propósito de este análisis busca evaluar amortiguadores y sugerir la adopción de normativa que reglamente estos elementos, Para ello se aplica el método de caracterización dinámica experimental JASO C611 a través de ensayos de laboratorio en el CFPCMT para amortiguadores de fábrica y alternos, se analizó tres marcas diferentes mediante los diagramas característicos FD y FV en condiciones de servicio luego se evalúa la conformidad, cuyos valores encontrados deben ser aceptados bajo norma y finalmente se analiza la durabilidad para evaluar las prestaciones, delimitando la prueba a la falla concerniente a indicios de fuga de aceite en uno de los amortiguadores. Se utilizó el software 3.0 programa que recoge los datos luego de la simulación del banco de pruebas DYNOSHOCK 11, en donde en el amortiguador alternativo 2 existe cavitación antes del ensayo de durabilidad, asimismo en este elemento se detectó la fuga de aceite después del ensayo de durabilidad esto genera bajas fuerzas de amortiguamiento, el componente nacional tiene la característica de ser mucho más duro que favorece un mejor agarre y un control más efectivo de la dirección y el amortiguador alternativo 2 conjuga la suavidad y dureza promedio. El estudio valida las marcas al evidenciarse su conformidad y sugiere la implementación de pruebas de durabilidad de estas autopartes, también los datos brindaran información a partir de los cuales se elaboren prototipos.

Palabras claves: análisis de inspección, amortiguador, ensayo, desarrollo de la capacidad, conformidad, vehículo automotor, tecnología adecuada.

Abstract

The INEN RTE 034 standard considers the shock absorber as a safety element, but there is no rule that governs this element in the country. The purpose of this analysis seeks to evaluate shock absorbers and suggest the adoption of regulations that regulate these elements. For this purpose, the dynamic dynamic characterization method JASO C611 is applied through laboratory tests in the CFPCMT for factory and alternate shock absorbers, three were analyzed. different marks by means of the characteristic diagrams FD and FV in conditions of service then the conformity is evaluated, whose values found must be accepted under norm and finally the durability is analyzed to evaluate the benefits, delimiting the test to the fault concerning signs of leakage of oil in one of the shock absorbers. The software 3.0 program that collects the data after the simulation of the DYNOSHOCK 11 test bench was used, where in the alternate buffer 2 there is cavitation before the durability test, also in this element the oil leak was detected after the test of Durability This generates low damping forces, the national component has the characteristic of being much harder that favors a better grip and more effective control of the steering and the alternate shock absorber 2 combines the average softness and hardness. The study validates the marks when their conformity is evidenced and suggests the implementation of durability tests of these auto parts, the data will also provide information from which prototypes are made

Keywords: inspection analysis, shock absorber, testing, capacity development, compliance, automotive vehicle, adequate technology.

Introducción

Antecedentes

En la actualidad el INEN no cuenta con una norma que compruebe a los amortiguadores de tal manera que certifique las cualidades que deben tener los amortiguadores que se encuentran en el mercado autopartista y que se propone en la Norma INEN NTE 034.

Para este tipo de elemento automotriz de acuerdo a Ishchenko (2017) resume, que el mal funcionamiento de un amortiguador con la experiencia operativa a largo plazo, y de numerosos estudios teóricos y experimentales, demuestran que las cualidades dinámicas de un automóvil de pasajeros están significativamente influenciadas por la condición técnica de amortiguadores hidráulicos. También menciona que cuando funcionen mal o se modifiquen los parámetros de trabajo del amortiguador ocurre, que las aceleraciones de las oscilaciones de la carrocería aumentan, que la suavidad del movimiento se deteriora y el nivel del estado esfuerzo de los elementos de carga de la estructura aumenta.

En el presente estudio se analiza, comparando mediante ensayos, y simulando los efectos típicos que soportan estas autopartes, mediante la caracterización dinámica en el CPFCT a través del banco de pruebas de amortiguadores regidas bajo Norma JSAE JASO C611 y se determinan experimentalmente las curvas características que puedan ser tomadas en cuenta en las evaluaciones de conformidad de estas autopartes.

Las caracterizaciones de los amortiguadores implican tener conocimiento de cuáles son sus principales factores de influencia por ello se revisaron trabajos como el de .Ferdek y Łuczko, (2012) en los que se examinan el efecto de la amplitud y la frecuencia de la excitación, así como los parámetros que describen el caudal de aceite a través de las válvulas y de esta manera se obtuvieron las características básicas de la fuerza de amortiguación.

Luego otros estudios que ofrecen importante información con relación a las causa que provocaría cambios en las curvas características es el realizado por Skrickij, Savitski, Ivanov, y Skačkauskas (2018) en este artículo se investiga el efecto de cavitación que influye negativamente en el rendimiento de un amortiguador monotubo de un vehículo de carretera (automóvil de pasajeros). Se analizaron las válvulas. Los resultados demuestran la relación entre la válvula y cavitación debido a que la validación de resultados permitió seleccionar el modelo de válvula más adecuado en presencia de procesos de cavitación.

Se evalúa el proceso de cavitación para lograr desarrollar un modelo. Los resultados de la simulación se validan mediante datos experimentales obtenidos en un banco de pruebas hidráulico. Sobre la base del enfoque seleccionado, se propuso un método simplificado adecuado para evaluar los procesos de cavitación en los amortiguadores de choque de monotubos de automóviles. Después de la investigación se encuentra que la fuerza de amortiguación cuando se produce la cavitación esta fuerza depende principalmente de la presión inicial y diámetro interior del amortiguador (Skrickij et al., 2018, p.801).

También otro aspecto a considerar es la temperatura y esta se aborda en la investigación realizada por Demić y Diligenski (2016) realizan una simulación dinámica, basada en el modelado, se destaca el valor de la simulación en las primeras etapas de diseño, cuando se deben definir parámetros relevantes. El Amortiguador, como parte importante de un sistema de suspensión semi-activo, está expuesto a cargas térmicas que pueden conducir a su daño y degradación de las características. Por lo tanto, en aquel trabajo se analizó una conversión del trabajo mecánico en energía térmica mediante el uso de un método de simulación dinámica no obstante el problema de la disipación de calor del amortiguador no se tuvo en cuenta, esto permitió conocer entonces cuáles son sus efectos al comportamiento.

Se indaga el comportamiento de un amortiguador para saber cuáles serían las variaciones de los diagramas que se presentan en las curvas características por ello se revisa el trabajo de Castellani, Scappaticci, Bartolini, y Astolfi, (2016) en el cual afirman que:

El trabajo se dedica a la dinámica de un amortiguador hidráulico monotubo, cuyo diseño se asemeja a los amortiguadores de vehículos de carreras, prototipado en la Universidad de Perugia con fines científicos. Se adopta un enfoque físico para el modelado numérico de la operación global del dispositivo, y el modelo se valida experimentalmente en un banco de pruebas integral, realizada a velocidades y frecuencias típicas de los vehículos de carreras (...), ya que es posible observar la evolución del comportamiento interno, a través del acceso óptico, conjuntamente con los enfoques de prueba experimental estándar. Estas técnicas experimentales son especialmente adecuadas para el análisis del fenómeno de cavitación: se investiga la influencia de las principales condiciones de contorno (presión de compensación, temperatura del fluido) en el inicio y la evolución de la cavitación. Se investiga la influencia de la cavitación, según su evolución, en las prestaciones del dispositivo. En particular, se muestra además que la adquisición óptica es fundamental para tener una idea de las fases incipientes y evolutivas de la cavitación, que no se pueden observar a través de las técnicas comunes que se encuentran en la literatura. (p.1557)

Por otro lado existe relevante información, en el trabajo desarrollado por Łuczko y Ferdek (2019) que de manera similar al descrito en el párrafo anterior, realizada por estos autores, pero ahora para un modelo de amortiguador bitubo, en el mencionan que:

El trabajo presenta los resultados del análisis de un modelo de cuarto de carro con un tubo doble modificado amortiguador hidráulico. En comparación con un amortiguador clásico, este amortiguador posee un cilindro adicional de doble cámara. El flujo de aceite en estas cámaras

es controlado por desplazamiento relativo del pistón auxiliar y por diferencia de presión en las cámaras adyacentes.

Eficiencia de rendimiento del modelo de amortiguador dentro del rango de ambas grandes amplitudes y las altas frecuencias de excitación garantizan que el cambio del módulo de volumen de aceite como resultado de un cambio en la presión se contabilice. La introducción de cámaras adicionales en el amortiguador se produce un cambio en las características de la fuerza de amortiguación.

Dentro del rango de pequeñas amplitudes y altas frecuencias, el sistema actúa como amortiguador con una característica suave, que mejora el confort de conducción. En resonancia los rangos de aumento de la fuerza de amortiguación garantizan una mayor seguridad de conducción. El análisis de la respuesta del sistema a la excitación armónica de frecuencia variable y amplitud, así como a los permisos de excitación aleatorios para examinar el impacto de los parámetros de excitación y parámetros de construcción en los indicadores que caracterizan el confort de conducción y la seguridad. Los resultados de las simulaciones numéricas se ilustran con los gráficos de las historias de tiempo, análisis espectrales, características de la fuerza de amortiguación, y otros, ilustrando los procesos de controlar el flujo de aceite. (Łuczko y Ferdek, 2019, p.634)

Otros estudios de investigación realizados como el de Alonso y Comas (2006) describen la propuesta de un método analítico para cuantificar la fuerza de amortiguación de un amortiguador de doble tubo. Se incluyen efectos de compresibilidad de fluidos y cámaras y cavitación de fluidos. Se presenta una comparación de una fuerza de amortiguación calculada con la fuerza de amortiguación ideal (suponiendo que se produce una no cavitación).

Finalmente se conocen métodos menos invasivos como el desarrollado por Halama, Klapka, y Mazůrek (2018) que mencionan lo siguiente:

La aplicación de medidas acústicas trae consigo un nuevo método de diagnóstico para evaluar Las condiciones de los amortiguadores. En los diagnósticos de amortiguadores, es conveniente observar y comprender qué fenómenos ocurren durante el ciclo de trabajo en el tubo interno. Utilizando un método no destructivo y sin contacto puede evitar el desmantelamiento del dispositivo completo. Para la investigación de este nuevo método acústico, un medidor de sonido clásico, un automóvil y un tren amortiguador fueron usados. Se aplicaron análisis FFT y filtración concurrente para la evaluación de la medición de datos obtenidos. Se ha comprobado que la aplicación de métodos acústicos puede conducir al diagnóstico de la aireación en los amortiguadores. Un amortiguador defectuoso cambia sus características de amortiguación, así como la radiación de ruido en comparación con el que funciona correctamente; estas diferencias en el ruido son medibles y cuantificables. Los resultados muestran que las características de la radiación acústica de los amortiguadores aireados se relacionan con el tipo de construcción de choque. (p.1119)

Problema

De acuerdo a la norma RTE INEN 034 se contempla al amortiguador como un elemento de seguridad, pero no existe una normativa a nivel nacional que lo rija, haciendo que sobre estos tipos de autopartes nacionales e importados no exista un control que compruebe su conformidad.

Objetivo General

El propósito de este estudio es evaluar el comportamiento dinámico de amortiguadores de fábrica y alternos mediante ensayos de caracterización y durabilidad a través de los diagramas

característicos de comportamiento para sugerirse el procedimiento de evaluación de conformidad bajo la norma JSAE JASOC611 para el CFPCMT en el Ecuador.

Objetivos Específicos

1. Aplicar el método de caracterización dinámica experimental JASO C611 a través de ensayos de laboratorio en el CFPCMT para obtenerse diagramas característicos del comportamiento del amortiguador en sus condiciones de servicio.
2. Analizar la caracterización del comportamiento dinámico entre las tres diferentes marcas de amortiguadores de fábrica y alternos para evaluarse su conformidad a través de la norma JSAE JASO C611.
3. Analizar la durabilidad de los amortiguadores de fábrica y alternos para evaluarse la comparación de prestaciones, bajo indicios de fuga de fluido hidráulico en el vástago en uno de los amortiguadores.

Justificación

De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador, se menciona que “Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características” (Ecuador, 2009, p. 28).

Mediante Ley No. 2007-76, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 26 del 22 de febrero de 2007, reformada en la Novena Disposición Reformativa del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, constituye el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, que tiene como objetivo establecer el marco jurídico destinado a: “i) Regular los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad,

que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en esta materia; ii) Garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, la protección del consumidor contra prácticas engañosas y la corrección y sanción de estas prácticas; y, iii) Promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la sociedad ecuatoriana. (INEN034, 2010, p. 4)

Se puede referir a la seguridad, como la ausencia de riesgo. Se puede también entender como un objetivo y un fin que el hombre anhela constantemente como una necesidad primaria. El amortiguador se considera de acuerdo a la norma RTE INEN 034 como “ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES” por ende estos elementos deben tener un adecuado funcionamiento y tiempo de respuesta óptimos ayudando a mantener los neumáticos más tiempo en contacto con el suelo, incrementándose la seguridad del vehículo debido a un mejor agarre de los mismos y un control más efectivo de la dirección.

Además la norma INEN 034 (2010) afirma que:

Los importadores, fabricantes, ensambladores y carroceros nacionales de vehículos automotores que incumplan con lo establecido en el presente reglamento técnico, se sujetarán a las sanciones previstas en la ley Orgánica de Transporte Terrestre de , Tránsito y Seguridad Vial; Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad art.53 y el artículo 56 y demás leyes vigentes; además, las autoridades de control deberán solicitar a los organismos competentes el decomiso de los productos que no cumplan con los requisitos determinados (...). (p. 4)

Se conoce en el mercado autopartistas nacional la existencia de una gran diversidad de marcas para un mismo elemento, que gozan de la confianza basada en la promoción y disponibilidad en el mercado por ser la más usual o común junto a la recomendación entregada por los técnicos

mecánicos, el cambio de los amortiguadores en función de su experiencia, se busca entonces evidenciar, la respuesta de trabajo en los amortiguadores de marcas diferentes y de distinta tecnología, para apoyar y sustentar el criterio técnico en cuanto a la funcionalidad en el servicio de estos elementos automotrices.

En el Ecuador para este tipo de elementos no se cuenta o se adopta una norma que permita valorar la conformidad de los amortiguadores pese a que la norma INEN 034 mencione que este importante elemento de la suspensión debe ser evaluado, para este fin en el presente trabajo se propone usar la norma JSAE JASO C611 como instrumento de prueba y evaluación, además de su procedimiento para ensayar los amortiguadores.

Por otro lado, los amortiguadores que en su mayoría son importados en el mercado nacional de autorepuestos, no son controlados o posean sellos de conformidad del producto y que cumplan con la norma y reglamentos que así lo indican.

El país no es un gran productor de piezas o repuestos automotrices, tradicionalmente es importador de los componentes que necesita el sector automotriz, haciendo que este sector económico afecte la balanza de pagos, es necesario tener en cuenta que en una economía dolarizada se debe cuidar aquellos dólares que ingresan con respecto a los que salen, este echo propone la siguiente necesidad que es, de sustituir estos productos importados por productos nacionales y que generen a su vez trabajo y empleo sin embargo, como país se presenta barreras logísticas y tecnológicas motivo por el cual se debe desarrollar, contenido y sustento técnico, para que sobre esa base se generen industrias y se cierre la brecha del rezago y diferencia tecnológico internacional.

Finalmente la sociedad ecuatoriana y el estado garantiza sobre el marco reglamentario descrito anteriormente la idoneidad de un producto, por ello se han creado centros, que tienen

este fin de aportar con la inspección y la evaluación para que se cumpla con lo establecido en la normas y reglamentos, El CFPMCT brinda este servicio de soporte industrial y se afirma como baluarte para este fin, siendo además el único laboratorio en el país en contar con equipos de ensayo para amortiguadores y ofrecer tecnología que permita ensayar y probar de manera técnica especializada los productos automotrices que requieren ser evaluados.

Estado del Arte

Introducción a los amortiguadores

En los primeros vehículos automóviles no se utilizaba ningún tipo de suspensión y, realmente era innecesaria debido a que eran lentos y pesados. Rápidamente y a medida que los vehículos se volvieron más ligeros y rápidos, se percataron de que la falta de suspensión no sólo producía discomfort sino que aparecían momentos en los que los neumáticos perdían el contacto con el suelo, perdiéndose tracción y estabilidad. (Baez, 2007, p.14)

Pero “el amortiguador en realidad no absorbe el impacto. Esa es la función de los resortes de suspensión. Como es bien sabido, un sistema de resorte / masa sin disipación de energía exhibe un movimiento armónico perpetuo con el resorte”(Rhoades, 2006, p.3).

Por este motivo, el amortiguador también debe asegurar, que los neumáticos del vehículo siempre estén en contacto con el suelo.

En los amortiguadores para automóviles, siempre se busca la fricción asociada al movimiento de un fluido puesto que la fricción es función, entre otras variables, de la velocidad del fluido. Por el hecho de utilizar como medio un fluido, a este tipo de amortiguadores se los conoce como amortiguadores hidráulicos (Saez, 2012).

El diseño mecánico del amortiguador, describe la acción de estos elemento, en donde “la función del amortiguador es eliminar la energía cinética del sistema y convertirla en energía térmica” (Rhoades, 2006, p.3).

Por otra parte, es interesante que la fuerza que ofrece el amortiguador sea función de la velocidad. En particular, los fabricantes de automóviles han llegado a la conclusión que la optimización de la maniobrabilidad y del confort se obtiene cuando existe una dependencia lineal entre la velocidad y la fuerza de amortiguamiento (Baez, 2007).

Existen amortiguadores pasivo y semiactivos no obstante, Murillo, (2009) menciona que “La clasificación más comúnmente utilizada en los amortiguadores surge del modo en que se absorbe la variación del volumen. En concreto, se distinguen dos tipos de amortiguadores: el de doble tubo y el mono tubo” (p15).

Función de los amortiguadores

La función de un amortiguador no ha cambiado desde que Hadley (1928) afirmo que:

Un amortiguador es, primero, un dispositivo para disipar la energía de los resortes de un vehículo en exceso, de lo que se requiere para regresarlos a sus posiciones normales, después de que hayan sido desplazados por las irregularidades de la carretera; y, segundo, un dispositivo que ayudará a eliminar las sacudidas, tiende a evitar el exceso de movimientos laterales y, en general, a mejorar la viabilidad del automóvil. Estos requisitos son, sin duda, bastante amplios y puede existir una gran diversidad de opiniones sobre el método más conveniente para satisfacerlos.

El amortiguador como parte constitutiva de la suspensión tiene por función la de absorber energía entre el accionar del peso y la rueda, además de la del resorte, el amortiguador entonces

para disminuir la velocidad de la masa del automóvil debe generar una fuerza de fricción (Baez, 2007).

También Alonso y Comas (2006) confirman que, el objetivo principal del amortiguadores es la disipación de la energía absorbida por las barras de resorte y torsión. Además, en algunos casos, también se utilizan para reducir la fuerza de precarga del resorte

Además Bonnick y Newbold (2011) precisan que, la función del amortiguador de la suspensión no es aumentar la resistencia al desvío del resorte, sino controlar la oscilación del resorte (este es el movimiento continuo hacia arriba y hacia abajo del resorte después de pasar por un golpe o hueco en la superficie de la carretera). En otras palabras, absorbe la energía dada al resorte, de ahí el nombre más común del amortiguador. Para ello, en este elemento se obliga al aceite hacer su trabajo fluyendo a través de los orificios del pistón y convirtiendo la energía del resorte en movimiento, en calor que absorbe el aceite y se transfiere finalmente al ambiente.

Tipos de amortiguadores

Los tipos de amortiguadores surgen del modo en que se absorbe la variación del volumen. Los amortiguadores tratan la oscilación generada por las perturbaciones de la carretera al convertir la energía cinética en energía térmica (Saez, 2012).

Típicamente, hay varios tipos de amortiguadores. Un amortiguador hidráulico con diseño telescópico es la forma más utilizada en suspensiones automotrices debido a su tamaño compacto, amortiguación precisa y construcción simple (Heißing y Ersoy, 2011). Este diseño permite que un pistón se mueva dentro de un cilindro lleno de fluido hidráulico. Esto hace que “existen numerosas configuraciones de amortiguadores: tubo doble, monotubo con o sin depósito, e incluso una varilla a través del tipo de amortiguador”(Rhoades, 2006, p. 3).

El amortiguador por ende se puede dividir en dos categorías: amortiguador de tubo único (monotubo) y amortiguador de doble tubo.

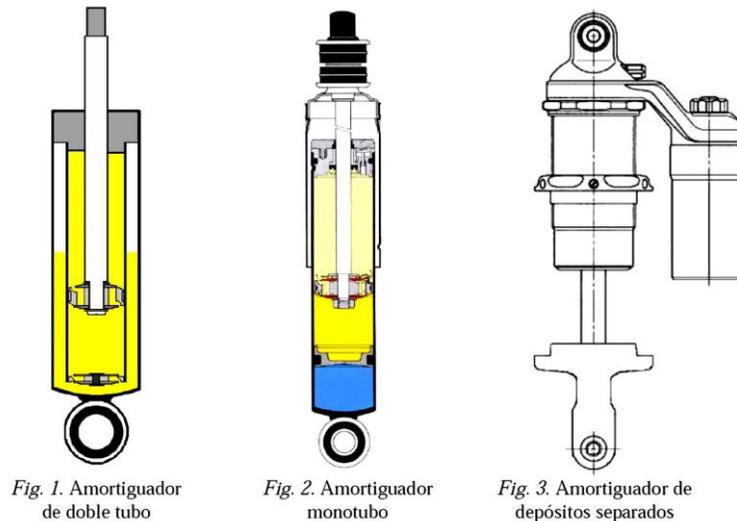


Figura 1. Tipos de amortiguadores
(Fuente: Báez, 2007)

Monotubo

Alonso & Comas, (2006) El amortiguador de un solo tubo absorbe la variación de volumen de otra manera, como consecuencia del movimiento de la varilla. Este método utiliza un tanque de gas dentro de la cámara de compresión, de modo que cuando el amortiguador está en la carrera de compresión, el gas se comprime al absorber el volumen adicional introducido por la barra. El efecto opuesto ocurre cuando el amortiguador está trabajando en tracción

Estos amortiguadores son comúnmente instalados en los sistemas de suspensión MacPherson

Según Bonnick y Newbold (2011) señalan que las principales ventajas del amortiguador de un solo tubo son:

- Que puede desplazar un gran volumen de fluido sin ruido o aireación del fluido;

- Es bastante consistente en el servicio, incluso cuando se opera en ángulos grandes al movimiento de la suspensión;
- Tiene buena disipación de calor al flujo de aire.

Doble tubo

El amortiguador de doble tubo, hay una cámara concéntrica en el cilindro de trabajo en el que entra en la cámara de trabajo durante la carrera de extensión, dejándola cuando el amortiguador funciona en compresión. Dentro de la cámara de reserva también existe un gas (generalmente aire o nitrógeno) que puede estar en contacto directo con el aceite y cuyo objetivo es permitir la variación del volumen de aceite y, al mismo tiempo, garantizar una presión mínima en la cámara de reserva (Alonso y Comas, 2006, p.1031).

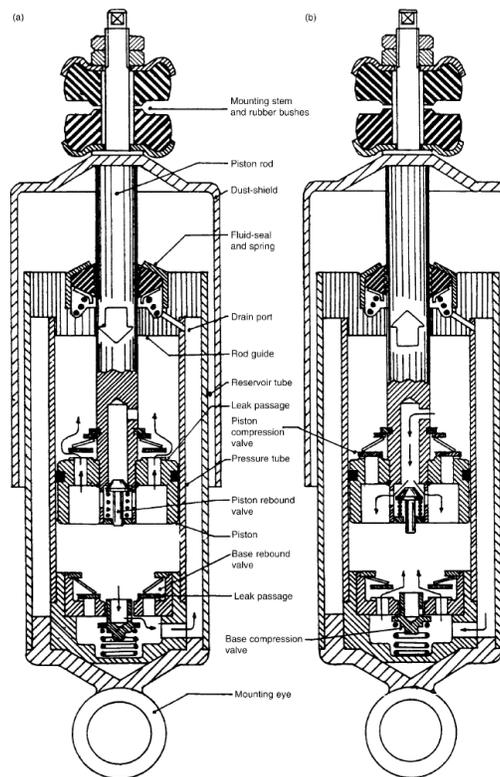


Figura 2. Amortiguador bitubo
(Fuente: Alonso y Comas, 2006,)

Para el propósito de esta tesis, se examinará un amortiguador strut bitubo o tubo doble concéntrico con fluido hidráulico y a gas.

Descripción del funcionamiento y partes del amortiguador

Si a un fluido que circula por un conducto se le pone una restricción como, por ejemplo, un orificio o un estrangulamiento, el fluido, el cual tenía una cierta presión y temperatura en la entrada, sale con una presión inferior y una temperatura superior, de forma que se ha transformado energía mecánica en energía térmica. Además, es fácil ver que el fluido ejerce una fuerza sobre el orificio o estrangulamiento debido a la variación de presión que se ha generado. Como se puede imaginar, este efecto de conversión de energía es la base de todo amortiguador hidráulico

En cualquier amortiguador hidráulico existe una parte móvil que desplaza un fluido (generalmente aceite) a través de unos orificios y/o válvulas que son las encargadas de producir una pérdida de carga. La fuerza de amortiguamiento es debida principalmente a la caída de presión generada en las válvulas, aunque influyen otros factores como la fuerza de fricción existente o la presión del gas. (Baez, 2007, p.15)

En un amortiguador de tubo único, las válvulas por las que fluye el aceite durante las etapas de rebote y compresión están integradas en el cuerpo del pistón. Además, una cámara de gas de alta presión se adjunta en serie a la cámara de aceite para absorber colaborativamente algunas vibraciones. En un amortiguador de doble tubo, la válvula de pistón desempeña un papel primordial para generar una fuerza de amortiguación durante la etapa de rebote. Durante la etapa de compresión, esta función se cambia a la válvula base. Además, debido a su mejor calidad de marcha, menor fricción y mayor flexibilidad, el amortiguador de doble tubo se ha

convertido en el estándar en los autos de producción. (Amornsawaddirak, Lapapong, Songschon, y Okuma, 2014,p.375)

Con respecto a los amortiguadores mono tubo, aquellos presurizados de doble tubo poseen una mejor longitud además de una baja fricción, principalmente por dos cámaras, que contiene el aceite y la otra cámara de gas a presión (gas nitrógeno) separadas por un piso flotante (Jhony, 2014).

Influencia del amortiguador dentro de la suspensión

En la suspensión de un automóvil los amortiguadores cumplen una función especial por lo que existen una gran cantidad de modelos acorde a cada necesidad y variación en cuanto a la función del trabajo (Murillo, 2009).

Por las condiciones de circulación y unas características concretas de la vía, es necesario que el amortiguador disminuya una oscilación o movimiento no deseado que aparece como parte fundamental y parte de la suspensión de un auto; en particular, en la industria automotriz, debe atenuar movimientos inesperados (Media, M. N., 2000).

Como norma general, los amortiguadores más restrictivos mejoran la maniobrabilidad en vías rugosas mientras que los amortiguadores más suaves optimizan el confort. El concepto de transmisibilidad resulta práctico a la hora de escoger una solución de compromiso (Baez,2007).

El funcionamiento de este componente por ende se basa en el flujo de aceite por los componentes internos atravesando válvulas que realicen oposición al paso del mismo entre las cavidades; de esta manera se controlan las vibraciones de la suspensión durante las fases de compresión y expansión del amortiguador (Fernandez, 2011).

También hay que destacar la influencia del amortiguador cuando el vehículo entra en un viraje (a efectos teóricos, el caso que se presenta es un caso equivalente al que se produce en una

aceleración o en una frenada), momento en el que se produce una redistribución de masas (Baez,2007).

Por ello, se debe generar una fuerza de amortiguamiento opuesta para disminuir la velocidad de un cuerpo con una determinada masa, así se funda el funcionamiento que rigen los amortiguadores utilizados (Remy, 1974).

Caracterización de los amortiguadores

Se utilizan diagramas para demostrar las prestaciones de un amortiguador, las curvas más importantes son: Fuerza vs. Desplazamiento, Fuerza vs. Velocidad también fuerzas tiempo. La velocidad es calculada a partir del desplazamiento y se asume que es una función de seno perfecto, así estas tres graficas muestran el mismo rendimiento del amortiguador, no obstante cada diagrama muestran ciertos aspectos de aquel rendimiento (Fan y Anderson, 1990).

Rangos de actuación del amortiguador

El amortiguador, posee rangos de actuación como cualquier otro mecanismo, está pensado para operar dentro de determinados desplazamientos y de velocidades máximas, a las que se encuentran en condiciones normales de funcionamiento, rangos que se determinan a partir de la experimentación y de la experiencia acumulada en el sector, estos valores no necesariamente son las condiciones limite a las que se puede someter al amortiguador (Baez,2007).

Conocer los límites de actuación del amortiguador resulta de especial interés, sobre todo en lo que se refiere al apartado experimental ya que, de no conocerlos, se podría trabajar en un régimen demasiado elevado que podría tener como consecuencias resultados poco útiles y en el peor de los casos, la rotura del material utilizado (Baez,2007).

Por ejemplo Ferdek y Łuczko (2012) en su estudio examinaron el efecto de la amplitud y la frecuencia de la excitación, así como los parámetros que describen el caudal de aceite a través de

las válvulas y destacan que el mayor impacto en las características de la fuerza de amortiguación proviene de los parámetros que dependen de las propiedades geométricas y físicas del diseño de las válvulas superior e inferior de un amortiguador bitubo.

Además en la figura 3 se muestra que, con el aumento de la amplitud o la frecuencia, las características de la fuerza experimentan ciertos cambios: el efecto de un fuerte aumento de la presión del aceite en la cámara A, con una caída repentina de la presión en la cámara B hacen que aumenten las fuerzas máximas.

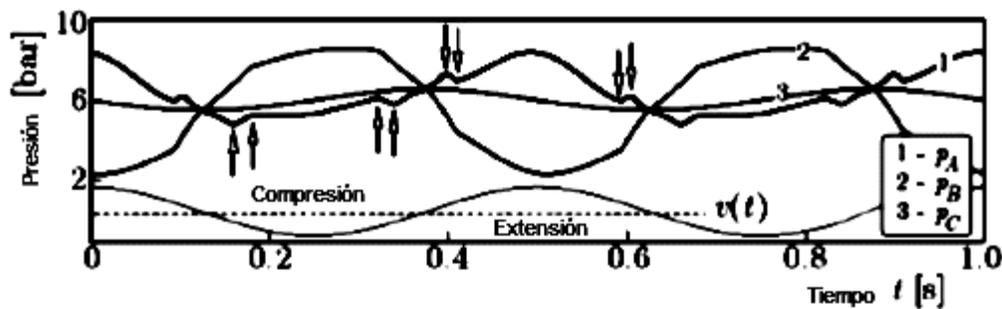


Figura 3. Historial de tiempo de presión p_A , p_B y p_C ($a=5\text{cm}$, $f=2\text{Hz}$, $p_K=2\text{bar}$)
(Fuente: Baez, 2007)

Se puede adquirir la información más útil sobre las propiedades dinámicas de los amortiguadores considerados de las curvas que relacionan entre la fuerza y la velocidad relativa del pistón. En la figura 4 se puede ver un estrecho bucle de histéresis, lo que demuestra el efecto menor de la inercia del aceite. Estas características son asimétricas ya que el amortiguador pone más resistencia durante el rebote, lo cual es realmente deseable, especialmente en el caso de que la rueda caiga en un agujero profundo o anule un obstáculo alto (Ferdek y Łuczko, 2012).

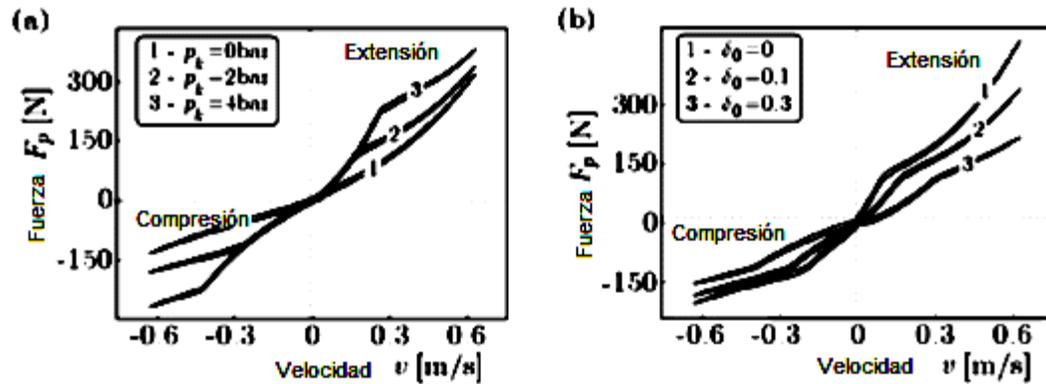


Figura 4 Diagrama fuerza-velocidad ($a=5\text{cm}$, $f=2\text{Hz}$): (a) influencia del parámetro p_k ($\delta_0 = 0.1$), (b) influencia del parámetro δ_0 ($p_k=2\text{bar}$)
(Fuente: Segel y Lang, 1981)

Para poder determinar en los amortiguadores su rango de funcionamiento y seleccionar aquellos métodos que describan sus características, se debe tomar en cuenta las variables principales que influyen en el desempeño del amortiguador y que se expondrá a continuación, a lo que se denominará caracterización de los amortiguadores (Silva, 2007).

Desplazamiento máximo

El rango de actuación del amortiguador en lo que a desplazamiento concierne es variable, no se pueden establecer valores concretos, sin embargo, teniendo en cuenta los casos álgidos de variaciones bruscos de rasante a altas velocidades o fuertes escalones sobre la vía, la suspensión puede trabajar al límite de su carrera de compresión o de extensión, incluso fuera del rango fijado

Estudios como SEGEL y LANG (1981) utilizaron carreras de una pulgada en sus análisis, en el estudio de un amortiguador de bus desarrollado por Fan y Anderson (1990) se trabajó con amplitud de 10 mm, también se han realizado análisis de un amortiguador bitubo en el trabajo de (Ferdek y Łuczko, 2012) en este estudio se usan las amplitudes de 2 y 5 cm.

Por efectos de guardar un estricto criterio de funcionamiento y evaluar al amortiguador en sus prestaciones, se utilizará una carrera de excitación promedio de 5cm

Velocidad máxima

La velocidad resultante del amortiguador es una combinación de múltiples factores no obstante se pueden establecer rangos concretos de actuación.

La experiencia muestra que, en vehículos automóviles tipo turismo, la velocidad máxima de amortiguamiento que se alcanza en condiciones “normales” de uso es del orden de $0,3\text{ms}^{-1}$, para condiciones de conducción “fuertes” o vías en mal estado se alcanza la velocidad de 1ms^{-1} y muy rara vez la velocidad de funcionamiento se sitúa entre 1 y 2ms^{-1} (Baez,2007).

En su defecto también se usan rangos de frecuencia relevantes al dominio automotriz: frecuencia baja entre 0.5 y 3 Hz, frecuencia media entre 3 y 7 Hz y frecuencia alta 7-15 Hz (Warner, 1996).

Conforme a lo expresado en el párrafo anterior, se encuentra el uso de la frecuencia en el trabajo de Rhoades (2006) en donde el amortiguador es excitado, con señales senoidales de amplitud 45 mm y frecuencias de 0.25, 0.5, 1, 2 y 3 Hz que garantizaban las velocidades lineales objetos de aquel estudio.

Incluso existen analisis en los que, se asegura la fiabilidad del modelo anlitico del comportamiento del amortiguador,el mismo que usa señales comprendidas desde 0,5 Hz hasta 30 Hz; con lo cual queda dentro de las exigencias de la mayoría (Calvo, 2005).

Para el presente estudio se utilizarán las velocidades dictadas por la norma Jaso C611

Representación del comportamiento del amortiguamiento

Existen tres formas diferentes de caracterizar el comportamiento del amortiguador. La primera consiste en dar a conocer el coeficiente de amortiguamiento, la segunda en presentar gráficamente la fuerza generada con respecto a la posición relativa del pistón y la tercera consiste

en presentar la dependencia de la fuerza con la velocidad relativa de sus partes, estos dos últimas curvas conocidas como diagramas característicos (Baez,2007).

Coefficiente de amortiguamiento

La caracterización de un amortiguador menos utilizada consiste en presentar el coeficiente de amortiguamiento (constante de proporcionalidad entre la fuerza generada y la velocidad).

El método posee como principal objetivo obtener el coeficiente como la relación de la fuerza y la velocidad, que además se exprese en forma gráfica, o incluso mediante el ajuste de curva y se considera como variable independiente la velocidad que considera la posición opcional, de acuerdo al análisis (Milliken, 1995).

La gran ventaja de este método es su sencillez, la gran desventaja es que se está asumiendo que la relación entre la fuerza y la velocidad es lineal, lo que suele inducir a error debido a que generalmente dicha relación suele ser compleja, perdiendo detalles del comportamiento como pueden ser la cantidad de histéresis que presenta el amortiguador, la presión de apertura de las válvulas limitadoras o la dependencia con la posición y la aceleración.

En la figura 5 se presenta el resultado en forma de grafico cuyo objetivo de este método consiste en hallar el coeficiente de amortiguamiento definido como la relación puntual entre la fuerza y la velocidad, o bien mediante un ajuste de la curva obtenida, en el cual se suele utilizar como variable independiente la velocidad, siendo opcional el uso de la posición e incluso la aceleración en función de la calidad de representación que se desee obtener.

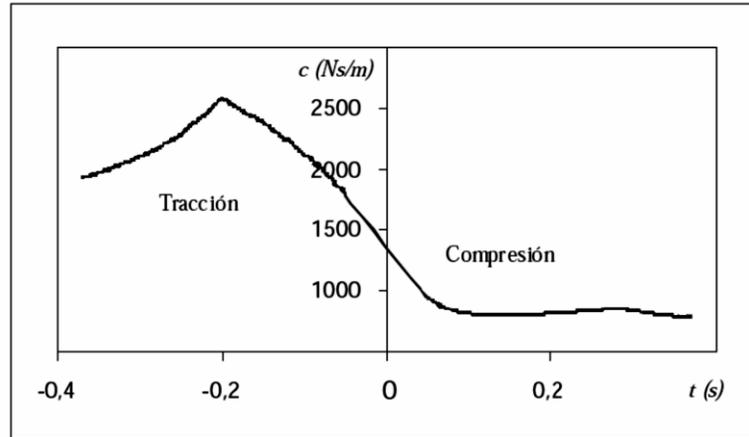


Figura 5. Representación del coeficiente de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo
(Fuente: Báez, 2007)

En resumen el primer caso de caracterización se fundamenta en la obtención de una constante promedio relacionando la fuerza y la velocidad, diferentes para la etapa de extensión y compresión (Milliken, 1995).

Diagramas característicos del amortiguador

“Los diagramas característicos del amortiguador son construidos a partir de datos experimentales generados por pruebas estándar: fuerza versus desplazamiento (...). Estos son explorados en las frecuencias de interés” (Lozoya Santos, Hernandez Alcantara, Morales Menedez, y Ramirez Mendoza, 2015).

Gráfico posición-fuerza

Conocer el comportamiento del amortiguador consiste en obtener una gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función del desplazamiento a partir de una determinada frecuencia seleccionada entorno al nivel cero de una amplitud o carrera de excitación.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de la gráfica F-D para un amortiguador, donde para el ciclo de compresión se ha establecido como velocidad positiva y la posición media de la carrera o desplazamiento del pistón se ha establecido en el origen de coordenadas.

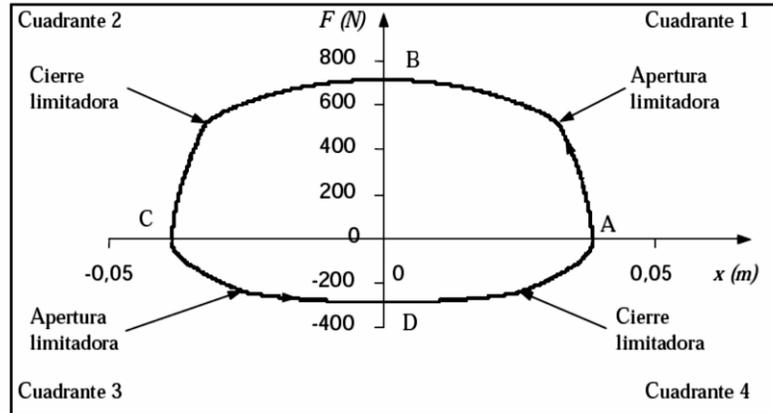


Figura 6. Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador de doble tubo.

(Fuente; Báez, 2007)

El PMI en el cuadrante primero: corresponde al inicio de la etapa de tracción. Luego en el MCC el amortiguador alcanza su máxima velocidad para la etapa de tracción, luego al tiempo para el segundo cuadrante se producirá el cierre de las válvulas en donde los ductos de las válvulas determina la fuerza que ejerce el amortiguamiento para llegar PMS en el tercer cuadrante que en el cual la extensión del amortiguador es máxima, empezando además al tiempo la etapa de compresión. Luego el MCE se distingue porque no brinda información de máxima velocidad de compresión al tiempo que en el cuarto cuadrante las válvulas que limitan la presión se cierran en algún momento determinadas por las válvulas de la baja velocidad (Engine-Soft, 2015).

El punto A del cuadrante 1 corresponde al inicio del ciclo de tracción (por lo que su compresión es máxima). A partir de este punto empiezan a trabajar las válvulas de baja velocidad hasta el punto en que la presión es suficiente para abrir las limitadoras.

En el punto B se alcanza la velocidad máxima del amortiguador para el ciclo de tracción, por lo que la característica de actuación está gobernada por la actuación conjunta de las válvulas de alta y baja velocidad.

Es en algún punto del segundo cuadrante cuando se produce el cierre total de las limitadoras a tracción, por lo que nuevamente son los conductos de baja velocidad los que determinan la fuerza de amortiguamiento.

Una vez se ha alcanzado el punto C del tercer cuadrante, el amortiguador se encuentra en su máxima extensión y comenzando el ciclo de compresión. En la primera zona, de la misma forma que sucedía en el inicio del ciclo de tracción, la fuerza de amortiguamiento está gobernada por las válvulas de baja velocidad a compresión, hasta el punto en que las limitadoras empiezan a funcionar.

El punto D es el momento de máxima velocidad de compresión y el comportamiento del amortiguador está definido tanto las válvulas de baja como de alta velocidad. Nuevamente, en algún momento del cuarto cuadrante, las válvulas limitadoras a compresión cierran y el comportamiento se encuentra impuesto por las válvulas de baja velocidad.

La ventaja del gráfico posición fuerza frente al coeficiente de amortiguamiento es que permite la determinación directa de la fuerza de amortiguamiento a la vez que permite observar los momentos de apertura y de cierre de las válvulas limitadoras.

Como ya se ha mencionado repetidas veces, es deseable que la fuerza de amortiguamiento sea una función de la velocidad debido a que es la velocidad la que “determina” los caudales circulantes por las válvulas, por lo que el gran inconveniente que presenta este método es no mostrar dicha variable de forma explícita, si bien es deducible a partir de la frecuencia a la que se han obtenido los datos.

Otro de los inconvenientes que presenta este método es que no permite visualizar fácilmente la cantidad de histéresis que presenta el amortiguador, la cual es la responsable de que existan diferencias en la fuerza si se hace la simetría respecto al eje de fuerzas (es decir, que la histéresis

que presenta el amortiguador es la diferencia entre las fuerzas de las posiciones para cuadrantes del mismo ciclo. En la figura 7 se ilustra dicho concepto, pero representando el valor absoluto de la posición.

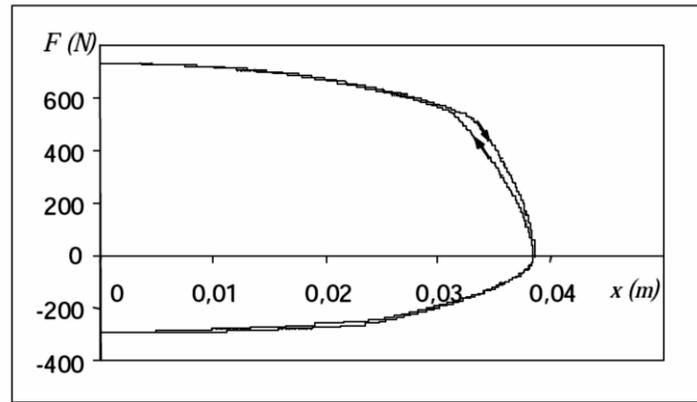


Figura 7. Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función del valor absoluto de la posición para un amortiguador de doble tubo
(Fuente; Báez, 2007)

Gráfico fuerza-velocidad

El primer recurso que se utilizará para caracterizar un amortiguador es la curva Fuerza-Velocidad; es conveniente resaltar que los signos adoptado por Rhoades; en éste método, toma las velocidades positivas cuando el amortiguador trabaja en extensión y negativas en caso contrario (al igual que el modelo de Reybrouck); mientras que las fuerzas las considera positivas en la carrera de compresión y negativas en la de extensión (Saez, 2012).

Es el método más empleado para la caracterización del amortiguador debido a las ventajas que aporta, consiste en la representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad de trabajo de éste.

Se muestra un ejemplo en la figura 9, donde se han representado los puntos A, B, C y D obtenidos anteriormente en el gráfico de fuerza-posición.

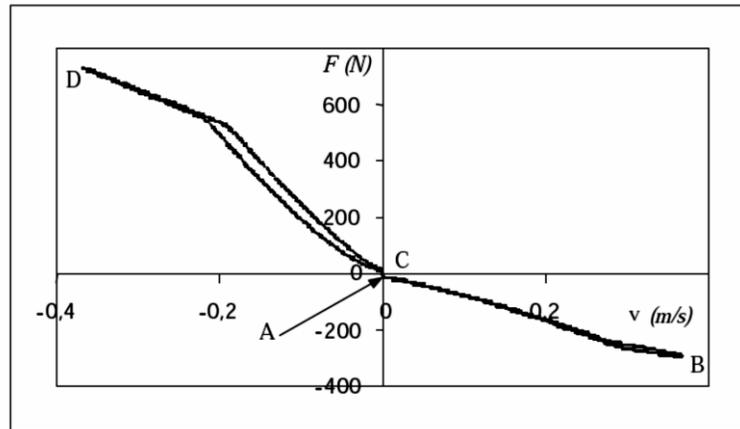


Figura 8. Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo
(Fuente; Báez, 2007)

La representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad permite visualizar de una forma directa la linealidad del amortiguador. Como se había mencionado con anterioridad, los fabricantes de automóviles tratan de que la fuerza de amortiguamiento dependa de forma lineal con la velocidad, hecho que, como se puede observar, está lejos de la realidad para los amortiguadores reales.

Otra de las ventajas del gráfico anterior es que permite observar de forma clara la cantidad de histéresis presente en el amortiguador.

La representación de la velocidad como variable independiente permite hacerse una idea del “grado” de sollicitación a la que se encuentra expuesto el amortiguador en el ciclo de trabajo, hecho que no sucedía en la representación de la fuerza como función de la posición.

Por último, cabe comentar que un gráfico de este tipo, del mismo modo que lo hacía el gráfico de fuerza posición, permite ver los momentos de apertura y cierre de las válvulas limitadoras, lo cual facilita su ajuste en el caso en que la unidad lo permita.

Cavitación en el amortiguador

En el trabajo presentado por (Alonso & Comas, 2006) concluyen que. Si se supone que las burbujas de cavitación aparecen o desaparecen instantáneamente, no se requieren datos

empíricos o semi-empíricos para describir los fenómenos de cavitación siendo esta premisa la innovación del modelo presentado, de tal manera que como la cavitación en los amortiguadores de doble tubo normalmente tiene lugar en la cámara de tracción durante la compresión, el modelo muestra que la fuerza de compresión se reduce cuando se produce la cavitación.

En la figura 9 se esquematiza las trayectorias de flujo del aceite hidráulico entre las cámaras de compresión, rebote y reserva, en los sectores de transición de alta presión a los de baja presión en los que se suscitara el fenómeno de cavitación pues colapsarían estas burbujas expandiéndose y dañando las superficies de los elementos implicados

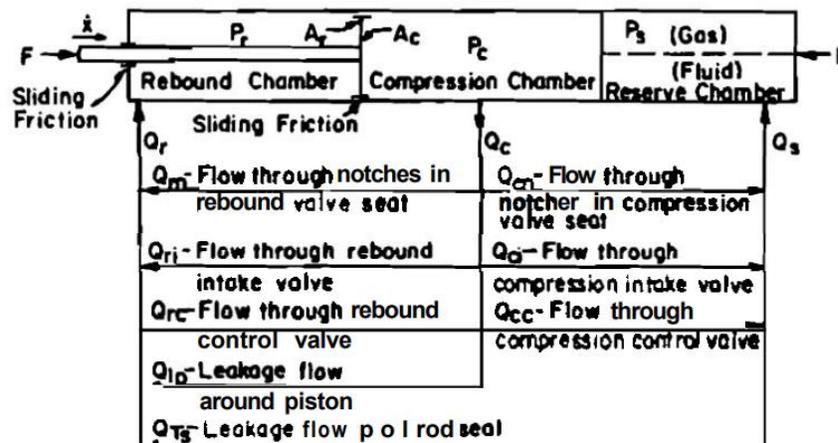


Figura 9. Diagrama esquemático de las rutas de flujo de un amortiguador

En la actualidad se usan en mayor medida los amortiguadores de doble tubo, existiendo amortiguadores presurizados (con aceite y gas) y los amortiguadores no presurizados (aceite), estos elementos están formados por dos cámaras que comúnmente se les conoce con el nombre de cámara interior y cámara de reserva, además se ubican válvulas en el pistón y en la base del amortiguador (Urbietal, 2003).

En amortiguadores no presurizados se puede formar burbujas de aire producto de las siguientes causas de servicio:

- Cuando las autopartes se traslada en una posición horizontal antes de ser ubicado en el sistema.
- Cuando la columna de aceite formado en las cámaras y desciende por gravedad mientras el automóvil se encuentra detenido al cabo de mucho tiempo.
- Cuando la contracción del aceite por enfriamiento brusco y pierde las propiedades de la viscosidad del mismo.

Por el contrario en cuanto a los amortiguadores presurizados Estos son los más empleados hoy en día por sus excelentes prestaciones y el aceite utilizado pero en estos amortiguadores contiene partículas de aire.

Los amortiguadores presurizados poseen geometrías de diseño utilizada en vehículos que presentan una gama alta, mejorando sustancialmente fundamentalmente aquellos amortiguadores convencionales de doble tubo (Baez, 2016).

Resumen de modelos analíticos aproximados de caracterización

Existen muchos métodos de modelado, nuestro objetivo no es proponer un modelo no obstante exponemos modelos analíticos que intentan reproducir el comportamiento característico del amortiguador que aportan importante información para el análisis de diagramas de los amortiguadores.

El modelado matemático dinámico, para un amortiguador automotriz debe simular fielmente su comportamiento, destacando las no linealidades (fricción, histéresis, inercia) en un rango de frecuencia menor a 30 Hz (en el dominio automotriz). Lo más importante en un amortiguador de uso automotriz son las características en los diagramas de Fuerza-Velocidad (FV) y Fuerza-Desplazamiento (FD).(Lozoya-Santos, Hernández-Alcantara, Morales-Menendez, y Ramírez-Mendoza, 2015, p.282)

Existen muchos métodos de modelado. Un método ideal debe lograr ajustar un modelo a partir del análisis gráfico de los diagramas característicos, pues estos contienen la información para el diseño de la suspensión.

Un amortiguador Pasivo (P) tiene capacidad de amortiguamiento definida por su diseño mecánico, varía por la amplitud del desplazamiento y la frecuencia de oscilación. Sus diagramas característicos FV y FD son constantes; puede estar diseñado para confort o agarre de superficie (o un balance de ambas).

Los amortiguadores Semi-Activos (SA) definen su capacidad por su diseño mecánico y por una señal externa que hace que varíe una propiedad mecánica del mismo. Cuando no existe esta señal externa, su estado es P. Sus diagramas característicos FV y FD son variables. Tres tecnologías comerciales son las más conocidas: Pasiva (P), Magneto-Reologica (MR) y Electro-Hidráulica (EH). (Lozoya Santos, Hernandez Alcantara, Morales Menedez, & Ramirez Mendoza, 2015, p.282).

Se han desarrollado modelos con parámetros sin significado físico, tales como: (i) pasivos, (Dyum, 1997), (ii) MR, (Choi, Lee, & Park, 2001), (Savaresi, Bittanti, & Montiglio, 2005a), y (iii) EH, (Codeca, Savaresi, Spelta, Montiglio, & Leluzzi, 2008).

Los modelos con parámetros con significado físico como los fenómenos lógicos, se clasifican y se estudian en los siguientes artículos de investigación que se agrupan como: (i) pasivo, (Dyum, 2000), (Akutain, 2006), (ii) MR, (Wang & Kamath, 2006), y (iii) EH, (Heo, Park, & Son, 2003).

Podemos describir aquellos que poseen sustancial importancia para efectos de este análisis así tenemos Reybrouck (1994) es un modelo matemático de amortiguadores monotubo sencillo y eficiente, pero también riguroso y fiable. se toman en cuenta parámetros como la temperatura, el

desplazamiento e incluso la aceleración, con las que se logran realizar simulaciones dinámicas. No es un método que responde a frecuencias, y se basan en cálculos hidráulicos muy elaborados de flujos y presiones. Se considera el flujo de aceite permanentemente turbulento en el interior del amortiguador, simplificando el modelo, pero limitando la eficacia del modelo a velocidades de excitación muy bajas, De todos modos, se asegura la fiabilidad del modelo para el rango de señales comprendidas desde 0,5 Hz hasta 30 Hz.

También se revisó el trabajo de Duym, Stiens, y Reybrouck, (1997) que proponen dos modelos y son válidos para amortiguadores bitubo, los modelos consideran parámetros internos de la valvulería del amortiguador. Se evalúan los métodos alternativos donde la fuerza es función de la velocidad y la aceleración. un factor que determina las características de amortiguamiento es la viscosidad del aceite; que es influenciada por la temperatura que absorbe del aceite, la cual es debida a la disipación de la energía cinética en forma de calor a lo largo del tiempo. Pero no se toma en cuenta en el análisis la temperatura.

En el trabajo de Besinger, Cebon, & Cole (1995) los autores proponen un modelo matemático con parámetros que se obtienen de un banco de ensayos. El modelo desarrollado del comportamiento del amortiguador hace uso de una computadora que simula el comportamiento del vehículo, y está conectada a un banco de ensayo donde se encuentra el amortiguador, se realizó sobre amortiguadores bitubo utiliza tres aproximaciones de distinta complejidad: El modelo utiliza el método de integración de tercer orden de Runge-Kutta.

También Rhoades (2006) desarrollo un modelo paramétrico para amortiguadores monotubo que resuelve un sistema de 6 ecuaciones no lineales mediante el método iterativo de Newton este modelo se puede trazar graficas de Fuerza velocidad y fuerza desplazamiento que pueden ser comparados con los que se obtienen directamente de diagramadores y banco de pruebas

Existen modelos paramétricos como el desarrollado en la tesis doctoral de Segel y Lang, (1981) a un amortiguador bitubo, en aquel trabajo se analizó el efecto de la histéresis basado en el comportamiento del fluido y las válvulas además la influencia de la presión de vapor del fluido y las partículas de aire atrapadas que incrementaban de manera proporcional la histéresis por causa de la presencia del fenómeno de cavitación.

Talbott y Starkey (2002) también desarrollo un modelo de amortiguador monotubo, considerando el flujo que atraviesa el vástago el pistón y alrededor del pistón, además asumió que los fluidos aceite y nitrógeno son incompresibles, realizó un balance de fuerzas en la cámara de compresión y de gas relacionando las presiones de ambas cámaras, obtuvo seis ecuaciones lineales que se resuelven simultáneamente, es un modelo cuyas diagramas se acoplan muy bien, sin embargo existe diferencia en la región en donde existe la presencia del fenómeno de cavitación

Por último otro modelo que aporta información sustancial es el elaborado por Sorniotti, D'Alfio, y Morgando (2007) que describen un modelo para simular el comportamiento de amortiguadores tanto bitubo como monotubo se toman en cuenta factores como las propiedades del fluido las dimensiones del amortiguador y la geometría bajo la consideración de un orificio único en las válvulas, no se considerará la compresibilidad del aceite. El modelo evalúa los efectos producidos por las válvulas, las condiciones iniciales del gas así como también las burbujas de gas y aquellas que relacionan las propiedades del fluido.

El amortiguador como elemento de seguridad

El marco legal que inducen la evaluación de los amortiguadores objetos de este estudio se encuentran por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17067 (17067, 2014) menciona que:

Dado que los productos se diseñan, fabrican, distribuyen, utilizan y finalmente desechan, estos pueden dar lugar a problemas con los compradores, usuarios y la sociedad en general. Estas preocupaciones podrían estar relacionadas con la seguridad, la salud o los impactos ambientales, la durabilidad, la compatibilidad, la idoneidad para los fines previstos o condiciones establecidas.

En general, estas preocupaciones se abordan mediante la especificación de los atributos de los productos requeridos en un documento normativo, como una norma.

El proveedor del producto, entonces tiene la tarea de demostrar que el producto cumple con los requisitos del documento normativo.

Puede que sea suficiente que el proveedor evalúe y declare la conformidad de su producto, pero en otros casos el usuario o una autoridad reguladora puede requerir que la conformidad se evalúe por un tercero competente e imparcial.

La evaluación y certificación de un tercero imparcial, de que el cumplimiento de los requisitos especificados se ha demostrado para el producto, se conoce como la certificación del producto.

Esta norma nacional describe cómo los esquemas de certificación de productos pueden ser estructurados y gestionados. Identifica las técnicas de evaluación comunes que se utilizan como base para la certificación de productos, tales como ensayos de productos, inspección y auditoría (17067, 2014, p. 3)

Método

En este capítulo se presenta el protocolo de ensayo de la caracterización, para obtener las gráficas características de comportamiento de los amortiguadores. En una primera parte se indica acerca del tratamiento que se debe realizar al elemento de ensayo, luego la manera y los pasos que rigen el ensayo, después sus resultados obtenidos.

Planteamiento Metodológico

Se propone la siguiente ruta, que se resume en la figura 10 donde se indica que se parte de la selección de los amortiguadores objeto de estudio, los cuales son sometidos a la máquina de ensayo y bajo parámetros preestablecidos y planteados, se obtienen datos experimentales que después permiten construir los diagramas o curvas características. Luego se clasifican los diagramas, de acuerdo al tipo ensayado y se procede a evaluarlos, marcando las diferencias y realizando comparaciones entre las curvas vinculadas al análisis de validación y certificación de marcas que se exploran y describan en los resultados que muestren las condiciones de funcionamiento de estos elementos.

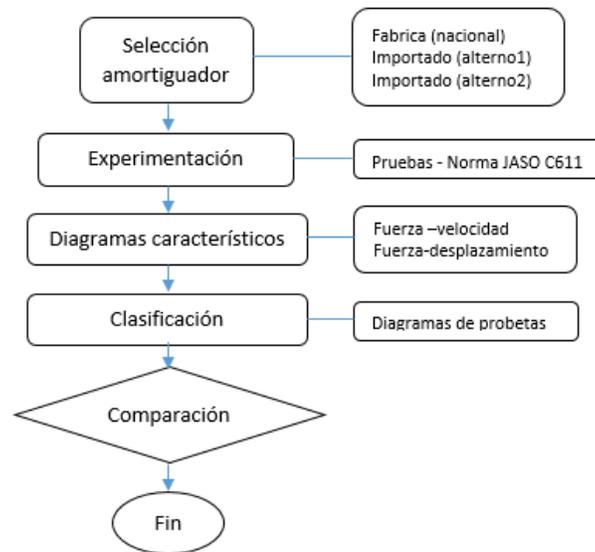


Figura 10. Diagrama metodológico
(Fuente: Elaboración propia)

Para la caracterización se utilizará el método del comportamiento dinámico. Para lo cual se exhibe la ruta y el conjunto de pasos a seguir que direccionan el análisis dinámico de los amortiguadores, así como los instrumentos y técnicas que se emplean.

Materiales y Equipos

Para efectos de análisis de este trabajo se emplea tres amortiguadores de diferentes marcas tipo strut bitubo, con el objeto de caracterizar el comportamiento dinámico de estos amortiguadores, para los ensayos se usa el banco de pruebas del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua por sus siglas CFPMCT, en virtud de la cual se consiga las curvas características de cada autoparte.

Amortiguador

Los amortiguadores seleccionados para el presente estudio, son elementos nuevas de fábrica que se encuentran como repuestos en los locales de autopartes a nivel nacional, estos elementos corresponden al usado por la suspensión MacPherson del Chevrolet Aveo como se observa en la figura 11., como consecuencia de ser el auto que más circula en el país de acuerdo al reporte el boletín Estadístico No 08-2014 de la cámara de Industria Automotriz Ecuatoriana CINAE, también por ser un elemento que se produce nacionalmente y es usado como elemento original del auto Chevrolet Aveo que es un tipo de auto que es ensamblada por OBB General Motors en el país.

Además, la Industria Automotriz del Ecuador (CINAE) revela la comercialización de unidades ensambladas localmente pasó del 53% en el 2016 al 38,9% en el 2017. Para abril del 2018, la cifra es menor al 30%. Esto significa que 7 de cada 10 vehículos vendidos en abril son importados (Lideres, 2018) y consecuentemente sus elementos de reposición o cambio.

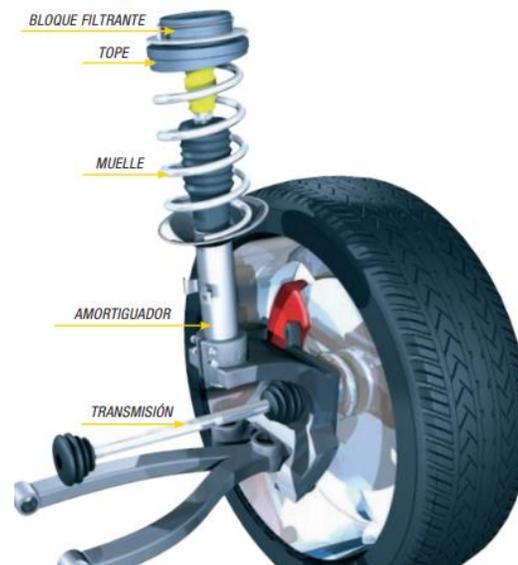


Figura 11. Suspensión MCPHERSON

(Fuentes: https://www.maha.de/cps/rde/xbcr/maha_de/MAHA_Achsdaempfungsfibel_ES.pdf)

También en el 2018, la Aeade calcula que la venta de vehículos en el país bordeará las 120 000 unidades, cifra superior a la del año pasado cuando (105 077 vehículos). El presidente de la organización Aeade considera que desde la eliminación de los cupos de importación existen mejores oportunidades para los vehículos extranjeros. “Hay más variedad, más competencia. Así se beneficia el consumidor y la industria que se obliga a competir y a planificar”. (Lideres, 2018) por lo que se provee una oportunidad de generar industria en el sector de la reposición de elementos automotrices a la vez que asegurar un control en estos elementos.

Por estas motivaciones citadas, de acuerdo a los datos estadísticos de elementos y componentes importados de los amortiguadores que se encuentran en el mercado nacional se seleccionan los de mayor demanda a fin de justificar una creciente industria, rumbo a la sustitución de importaciones por componente nacional, ante esta oportunidad y necesidad por balanza de pagos se aporta en este estudio con evaluaciones técnicas de estos elementos que favorezcan prototipos y control en estas autopartes.

Amortiguador nacional G CONTROL

Esta marca desarrolla amortiguadores con especificaciones técnicas de ingeniería para cada tipo de vehículo y para los caminos de la geografía latinoamericana, con altos estándares de calidad proporcionando larga vida a las llantas, evitando el desgaste prematuro de bujes, ejes de transmisión, soportes del motor, rotulas, terminales y desajuste en general del vehículo (IMFRISA, 2019).

Los amortiguadores son elaborados por la empresa amortipartes, que desde el 2014 produce los amortiguadores como equipo original para vehículos Chevrolet Aveo y Sail, que son ensamblados localmente por General Motors-Omnibus BB, además de producción para el mercado de reposición (COMERCIO, 2014).

Amortiguador alterno ACDELCO

Esta marca de amortiguador tiene una configuración denominada strut McPherson, integra en una sola unidad las funciones de amortiguación con la localización de las llantas y resortes de la suspensión. En la abrazadera se sujetan, mediante tornillos, el portamango de la rueda y el brazo inferior de la suspensión; mientras que el extremo de la flecha se fija a un soporte elástico que se atornilla a la carrocería del vehículo. El resorte de suspensión se monta entre este soporte superior y un plato soldado al cuerpo del strut. La función de las válvulas internas es igual a las del amortiguador convencional, la diferencia es que el strut posee topes internos y externos encargados de limitar el recorrido de la suspensión (ACDELCO, 2019).

La marca de auto repuestos ACDelco cuenta con el respaldo de General Motors, A nivel mundial ACDelco es alta, ente reconocida como una marca premiun, debido a que sus productos superan los estándares de calidad de los repuestos genéricos que brinda el mercado de autopartes

Amortiguador alterno MANDO

Los amortiguadores marca MANDO PLUS son producidos por MANDO, El fabricante líder de equipos originales utiliza tecnología de punta y varias pruebas de calidad para ofrecer a los clientes una gran satisfacción y seguridad. MANDO produce varias piezas de suspensión con los últimos equipos que cuentan con la más alta calidad, desde vehículos de pasajeros hasta vehículos comerciales. Con la tecnología de control electrónico de vanguardia que maximiza la seguridad y la comodidad del conductor y el pasajero, MANDO está siendo reconocida por su alta calidad y su sistema de suministro por parte de los mejores fabricantes de automóviles del mundo, como GM, etc. Además, la obtención de la certificación ISO / TS 16949 demuestra una excelente calidad y fiabilidad de las piezas de suspensión.(MANDO, 2012)

Banco de ensayo

En la figura 12 se observa el banco de pruebas para el ensayo del comportamiento dinámico, se ha utilizado la máquina de caracterización de amortiguadores Dyno Schock-11 y se encuentra en las instalaciones del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.



Figura 12. Banco de ensayo Dynoschok 11
(Fuente: Soft-Engine)

La empresa Soft-Engine desde septiembre de 2004 produce los dinamómetros de amortiguadores como el banco "DYNOSHOCK 11" para amortiguadores. El banco Soft-Engine Damper, es una consecuencia directa de los estudios de "Soft-Engine R&D", que crearon un software informático revolucionario sobre el mundo de la suspensión. Por este dinamómetro es posible probar cualquier tipo de amortiguador, también MacPherson, y el software permite todas las tipologías de posibles pruebas.

El dinamómetro mide la tracción y la fuerza de compresión del amortiguador. Si es necesario, los componentes hidráulicos y gaseosos de la fuerza pueden separarse. Un mecanismo de "yugo escocés" permite la oscilación del amortiguador en el dinamómetro. El movimiento del yugo escocés es accionado por un motor eléctrico, controlado por el software por un inversor (SOFT-ENGINE, 2019).

Tabla 1

Descripción de las partes de la máquina de ensayo

	Descripción
Mecánicas	Mecanismo de "yugo- escoses "
Ajuste de carrera	Max. 150 mm; Precisión de variación: 1 mm.
Velocidad sin carga	Max. 2000 mm/s
Velocidad con carga	Max. 1500 mm/s
Motor eléctrico	11 KW tres-fases
Electrónica	Unidad electrónica de almacenamiento de datos de alta precisión; Inversor.
Dispositivos	Celda de carga de 2500 Kg, (opcional hasta 5000 Kg); Transductor de desplazamiento lineal (freq. 1 KHz); Termocupla
Software	Shock 3.0
Seguridad	Todas las partes móviles poseen láminas de protección; Dispositivo de interrupción de seguridad de suministro de energía eléctrica; Botón de emergencia

"Dynoshock 11" dynamometer (Fuente:http://www.soft-engine.org/pages.web/eng/sospensioni_02.5.htm)

Descripción de la máquina de ensayo

En la tabla 1 se describe la máquina de ensayo en la cual los amortiguadores serán probados, está formada de una bancada, motor, mecanismo de yugo escoces, utillaje del amortiguador, sensor de fuerza y la adquisición de datos.

Bancada

Esta parte corresponde a la base estructural sobre la cual se acoplan las diferentes unidades del banco de ensayos y que se detalla a continuación.

Unidad de potencia:

Esta unidad está compuesta por el motor eléctrico de 11KW o de 15HP y funciona con un voltaje de 220V con un sistema trifásico y una frecuencia de 50/60 Hz

Unidad de sujeción:

Para el montaje de los elementos amortiguadores se necesita acoplarlos en el banco de ensayos para ello esta unidad que está conformada por elementos mecánicos junto a utillaje que fijan un extremo de la probeta al mecanismo de yugo escoces y el segundo extremo del amortiguador a un mecanismo superior que se ajusta y fija el amortiguador.

Unidad de sensores:

Este módulo electrónico se compone de una celda de carga que es el dispositivo para "capturar" los datos de fuerza durante una prueba, y un sensor de desplazamiento de muy alta precisión que mide el recorrido del amortiguador además de un sensor de temperatura



Figura 13. Captador de fuerza
Fuente: (Engine-soft, 2015)

Unidad de software SCHOCK 3.0

Esta unidad es la encargada de recibir los datos transmitidos desde la unidad de sensores, esta información es captada por este sistema de adquisición de datos SOFTWARE SHOCK 3.0 y son almacenados para su posterior proceso.

Elementos de seguridad

Estos elementos permiten realizar ensayos con seguridad por parte del usuario protegiéndolo de riesgos, está conformado por el paro de emergencia y la carcasa que protege la bancada, además de una puerta que mediante un sensor no permite que este empiece a menos que esté cerrada.

Descripción del procesamiento de datos del software SCHOK 3.0

Después de realizar el ensayo del amortiguador, el software tiene la capacidad de procesar información previa a un tipo específico de prueba, como, por ejemplo

- Prueba a velocidad constante
- Prueba a velocidad variable
- Prueba rápida
- Warm-up
- Gas test

- Prueba a fuerza limitada

El procesamiento de datos se desarrolla por medio del software SHOCK 3.0 en donde se pueden obtener de acuerdo al ensayo realizado, diferentes tipos de tablas y graficas como son:

- Fuerza vs desplazamiento
- Fuerza vs velocidad
- Fuerza vs tiempo
- Fuerza vs velocidad absoluta
- Fuerza absoluta vs velocidad absoluta
- Fuerza media vs velocidad absoluta
- Fuerza de punta vs velocidad absoluta
- Fuerza gas vs ángulo de motor electico

Protocolo de pruebas en el banco de pruebas DYNOSHOCK

Es preciso mencionar que se realiza el ensayo en dos fases, cada amortiguador se somete a pruebas estandarizadas a las diferentes velocidades fijas dictadas por la norma Jaso C611 y una segunda fase que proporciona el banco de pruebas dynoshock en el que se somete al amortiguador a todas las velocidades de manera consecutiva denominada prueba a velocidad variable y evaluar su diferencia.

Procedimiento DYNOSHOCK

Se emplea el banco de pruebas del CFPMCT descrito en el apartado anterior que contiene una unidad de Adquisición de datos, los ensayos también se sujetan bajo el manual de instrucciones de la máquina de pruebas. Del que se presentan los siguientes guías:

- 1-Introducción al empleo de los bancos prueba amortiguadores
- 2-Partes de repuesto

3-Los miembros del banco: partes mecánicas y sensores

4-Principio de funcionamiento y tipos de prueba

5-Manutención

6-Predisposiciones eléctricas

7-Esquema eléctrico

8-Ordenador: requisados mínimos

9-Manual de empleo del software

10-La prueba, en resumen

11-Procedimiento de instalación

12-Normas de seguridad

13-Aparatos de seguridad

Prueba típica en DYNOSHOCK

Se realizaron los ensayos en dos muestras de tres marcas diferentes de amortiguadores. Para La reproducibilidad del mismo ensayo y que marquen el comportamiento dinámico, se valida el elemento observado al ensayarlo por duplicado es decir en dos probetas y empleando siempre un amortiguador sin uso, ensayo o funcionamiento previo.

Los ensayos se realizaron en la ciudad de Ambato, con una temperatura ambiente aproximada de 20 °C.

Para obtener; las curvas, se consiguen los parámetros característicos observados, usando el software del equipo. Este método se basa en el método descrito en la Norma JASO C611 para amortiguadores. Las características buscadas se calculan en el banco de pruebas mediante el software por medio de la generación de un informe automático del ensayo.

Análisis dinámico de los amortiguadores

Se emplea el equipo de caracterización mecánica, para los diferentes tipos de amortiguadores usados como motivos de presente estudio para este efecto se realizan pruebas.

He aquí los tipos de ensayo que en el banco de pruebas del amortiguador se efectúan:

Prueba a velocidad fijada:

Permite la adquisición de datos por uno ciclo a velocidad programada (velocidad en m/s o frecuencia de oscilación en Hz) y constante.

Es una prueba útil para valorar el calibrado del amortiguador en función de una carrera máxima a cierta velocidad, de modo que valorar correctamente el funcionamiento de la fontanería del amortiguador y notar eventuales anomalías, con base en el curso de curva de la gráfica Fuerza / Desplazamiento (que normalmente tiene que ser de forma elíptica).

Prueba a velocidad variable:

Con esta prueba es posible probar el amortiguador imponiendo una progresión de frecuencias, seleccionadas en el software: se realizan uno o más ciclos de trabajo a velocidad y frecuencia de oscilación, variable: se impone una velocidad o frecuencia mínima, una velocidad o frecuencia máxima y un paso (que puede ser constante o variable): durante la prueba, la frecuencia de oscilación varia y es posible valorar el comportamiento del amortiguador en diferentes ciclos de fatiga.

Método de Ensayo

Para la caracterización dinámica del amortiguador a estos elementos se les somete y siguen el procedimiento regido de acuerdo con las estrictas especificaciones JSAE - JASO C611. Además, del banco de pruebas de ensayo descrito anteriormente, en el laboratorio del CFPMCT. La norma JASO por sus siglas en ingles significa Japan Automotive Standards Organization, y es un ente

asiático con funciones de normalizar y regular todos los aspectos referentes a los vehículos con motorización. Cumple con similares objetivos que sus colegas SAE americana y ACEA europea y algo de API.

Procedimiento utilizado en la caracterización de los amortiguadores

Preparación de las muestras

Para el estudio se utilizan tres marcas de amortiguadores comerciales en la república del Ecuador usados en los autos Chevrolet Aveo, uno de ellos de fabricación nacional y dos importados.

Estas probetas son nuevas empaquetadas que se encuentran como autoparte en cualquier centro de comercio de auto repuesto a nivel nacional, se ensayaran las 3 marcas, dos probetas por cada tipo de marca de amortiguador.

En la figura 14 se indican las dimensiones de medida y configuración geométrica de la probeta que son tomadas como recomienda la normativa JASO C611, se detalla la manera de tomar estas medidas y se presentan un esquema de las dimensiones a medir.

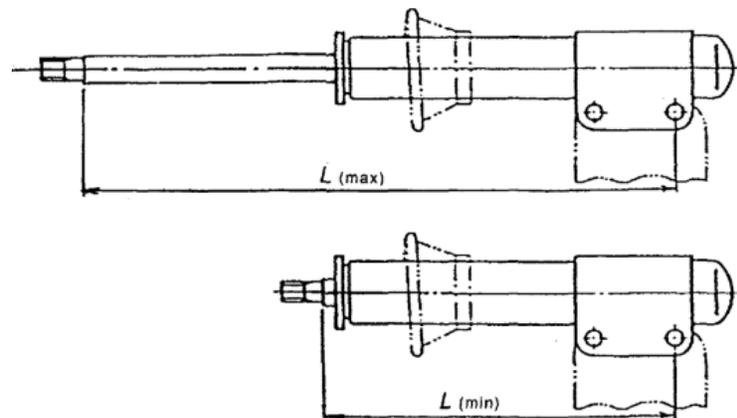


Figura 14. Longitud de amortiguador L máx y L min
(Fuente: JASO C611)

En la tabla 2 se resume la carrera que registran los amortiguadores de fábrica y alternos se observa que varían entre los 351.22 mm y 335 mm como longitud mínima, mientras que la longitud máxima del amortiguador varía entre 515 mm y 514.9 mm.

Tabla 2

Dimensiones de la longitud del amortiguador (Nacional, Alterno 1, Alterno 2)

		L máx. (mm)	L min (mm)
Nacional	Probeta 1	515	350.2
	Probeta 2	515	350.7
Alterno1	Probeta 1	514.9	351.22
	Probeta 2	515	351.09
Alterno2	Probeta1	515	335.95
	Probeta 2	514	335

Estas dimensiones fueron tomadas de los reportes del ensayo (Fuente: CFPMCT,2019)

Procedimiento del ensayo

En el 6 ítem de la norma JASO C611 se expone la generalidad del cómo se debe realizar el ensayo, en la figura 15. se observa el diagrama para medir fuerza de amortiguación característica, a la velocidad del pistón del amortiguador que es prefijada, en donde F es la fuerza de amortiguamiento.

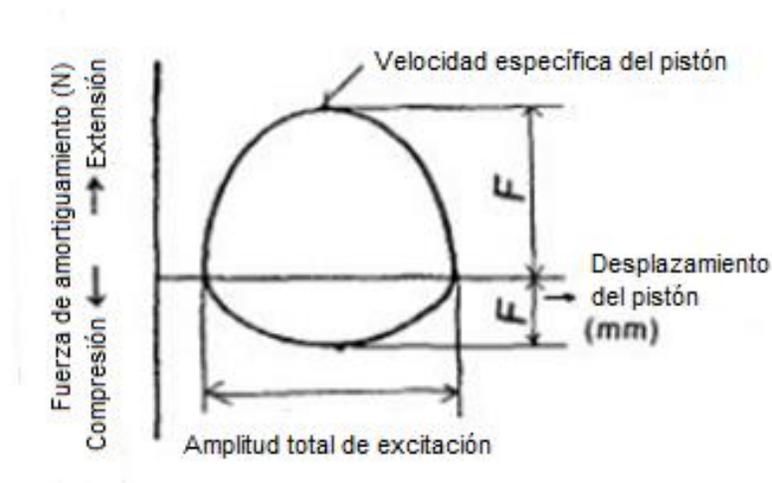


Figura 15 Diagrama fuerza de amortiguamiento FD
(Fuente: JASO C611)

Preparación del equipo de ensayo

En la figura 16 se muestra el banco de ensayo, que debe estar construida de tal manera que mida y registre la fuerza de amortiguación al excitar el extremo inferior del amortiguador con el extremo superior conectado a un dispositivo de resorte.

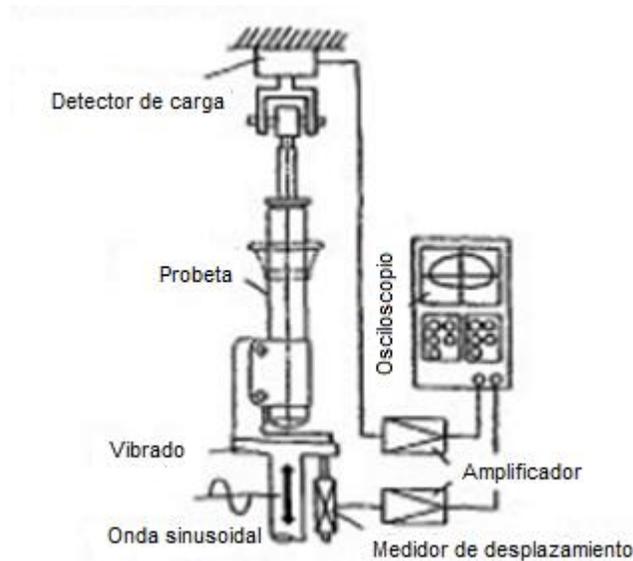


Figura 16 Esquema de equipo de ensayo y amortiguador
(Fuente: JASO C611)

Condiciones del ensayo

Para realizar el ensayo se aplican ciertas consideraciones iniciales o básicas, como se dispone en la normativa JASO C611, en la tabla 3 se realiza la descripción de estos 6 parámetros iniciales, además se presentan los rangos y valores prefijados para someter los amortiguadores a prueba.

Tabla 3

Condiciones de ensayo

	Condiciones	Valores
1	Temperatura en la sala de ensayo	Temperatura ordinaria
2	temperatura del elemento de prueba al inicio de la prueba	20 ± 3 °C
3	La amplitud de excitación (a)	este valor numérico se determinará mediante la

		consulta entre las partes remitentes y receptoras 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, and 1.0 m/s.
4	Velocidad de excitación (v)	$v = \frac{\pi an}{6} \times 10^{-4} \left(\frac{m}{s}\right)$ Donde, n: número de revoluciones (r/min)
5	Posición de excitación	Aproximadamente el centro de la carrera del amortiguador
6	Dirección de excitación	Erigida verticalmente

Nota. Datos obtenidos en el CFPMCT (Fuente: JASO C611)

Operación de ensayo

De acuerdo a la norma JASO C611, y como se resume y describe en la tabla 4, se realiza una secuencia de 4 pasos para efecto de llevar a cabo la operación del ensayo en los amortiguadores.

Tabla 4

Descripción del ensayo

Pasos	Descripción
1	Monte el extremo superior del elemento de prueba a la temperatura especificada en el equipo de prueba
2	Montar la parte inferior
3	Dibujar la línea de referencia
4	Excite en la condición de prueba, y mida y registre continuamente la fuerza de amortiguación a la velocidad descrita después de varias veces de operación

Nota. Datos obtenidos en el CFPMCT (Fuente: JASO C611)

Registro de ensayo

En la figura 17 finalmente se indica el formulario de registro, se deberá desarrollar y cumplir con datos que se ejemplifican, en la que se muestra en el eje vertical la fuerza de amortiguamiento y en el eje horizontal la velocidad del pistón además de los puntos de prueba.

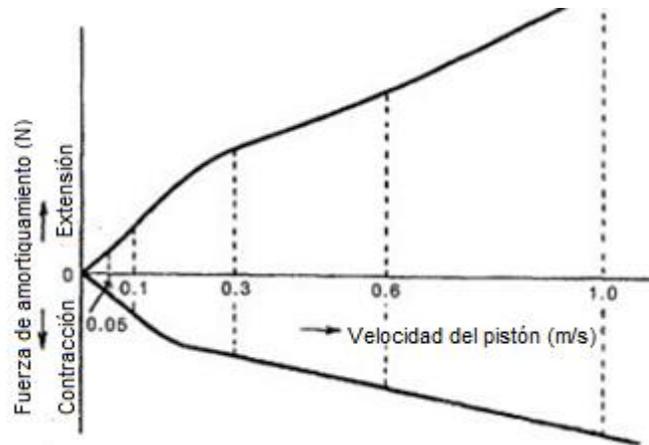


Figura 17 Diagrama fuerza vs velocidad
(Fuente: JASO C611)

Se siguen los mismos pasos para cada uno de los ensayos en los diferentes amortiguadores seleccionados para su posterior comparación.

Procedimiento utilizado en el banco de pruebas de durabilidad de los amortiguadores

Por medio del siguiente procedimiento se ensayarán sobre un banco de pruebas el trabajo de la durabilidad del cuerpo del amortiguador strut.

Equipo de prueba

El equipo de prueba deberá estar construido de tal manera que se realice una excitación vertical con la carga lateral aplicada a la parte guía el cuerpo del strut. Además, este equipo deberá tener un dispositivo de enfriamiento para hacer de la temperatura de la prueba un valor constante.

Condiciones de prueba

Serán aplicadas las siguientes condiciones de prueba:

Temperatura en la sala de pruebas

Temperatura ordinaria

Temperatura del elemento de ensayo

Tendrá un valor de 70 ± 10 °C, esta temperatura del elemento de ensayo será medida en la superficie exterior de la carcasa expuesta al aceite hidráulico en todo momento.

Amplitud de excitación total

Sera determinado previa consulta entre las partes que entrega el ensayo y el ejecutor del mismo, para efectos de este ensayo se estableció una carrera de 50 mm.

Velocidad de excitación (velocidad del pistón)

0.5 a 1.0 m/s.

Posición de excitación

Aproximadamente el centro del recorrido del cuerpo del strut.

Carga Lateral

Deberá ser determinada por consulta entre las partes que entregan y reciben el ensayo, en nuestro caso se usó una carga de 400N.

Dirección de excitación

Bajo la condición de que sea erguida verticalmente.

Numero de ciclos

Sera determinada por consulta entre las partes que entregan y reciben el ensayo, en nuestro caso se usó 1500 ciclos.

Método de enfriamiento

Enfriamiento forzado

Operación de ensayo

Serán realizadas las siguientes operaciones:

- Medir y registrar el elemento de prueba, utilizando el mismo método empleado en la determinación del comportamiento dinámico del procedimiento anterior.
- Ajustar la parte superior del elemento de prueba sobre el equipo.
- Ajustar la parte inferior
- Aplicar una carga lateral constante al vástago guía del elemento de prueba
- Ajustar el dispositivo de enfriamiento para que la temperatura del elemento de prueba caiga en el rango de temperatura especificada por las condiciones de excitación del ensayo.
- Ensayar continuamente el elemento de prueba hasta el número especificado de ciclos una vez que la temperatura del elemento de prueba caiga en el rango de la temperatura especificada.
- Observar fuga de aceite desde el elemento de prueba o alguna anomalía en la parte de ajuste durante el ensayo.
- Medir y registrar la fuerza de amortiguamiento del elemento de prueba después del ensayo por el método empleado en la determinación del comportamiento dinámico del procedimiento anterior.
- Comprobar el estado de desgaste de la parte funcional desmontando y examinando el elemento de prueba después del ensayo.

Registro

Serán registrados los siguientes detalles:

- Existencia de fuga de aceite
- Características de la Fuerza de amortiguamiento antes y después del ensayo
- Existencia de alguna otra anomalía generada.

Resultados

Resultados Dinámicos de los Amortiguadores

Los ensayos realizados a los amortiguadores permiten obtener las curvas características del comportamiento a partir de los datos recabados por el banco de pruebas. Para la caracterización del amortiguador automotriz es importante conocer las características de los diagramas *Fuerza-Desplazamiento* (F-D) y *Fuerza-Velocidad* (F-V). Los datos máximos serán sometidos a una posterior comparación entre las probetas de la misma marca y confirmar el comportamiento característico del amortiguador de cada marca, en base a la evaluación de la conformidad con respecto a la norma Jaso C611, así mismo una comparación entre el repuesto original y los alternos y marcar las diferencias entre las distintas marcas.

Resultados de amortiguador nacional probeta 1

Prueba de amortiguador nacional probeta 1 con velocidad fija del pistón

En la figura 17 se presentan los diagramas característicos de la fuerza- desplazamiento y fuerza-velocidad y velocidad absoluta que se generan luego de someter al amortiguador bajo procedimiento JASO C611 a diferentes velocidades fijas del pistón, se inicia con 0.05m/s, luego se realiza nuevamente el protocolo de procedimiento de la norma y se varia la velocidad a 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/ s respectivamente, se fija una carrera de 50mm de recorrido del pistón.

En las gráficas FD se aprecia que las curvas son continuas y no presentan cambios bruscos, que distinguen un funcionamiento estable del amortiguador.

En la gráfica FV a bajas frecuencias la histéresis observada con respecto a las generadas en altas velocidades es mínima, luego en velocidades de control medias de 0.3m/s establecidas por la norma, se aprecia el funcionamiento de la apertura de la válvula limitadora de presión

efectuado de manera suave en su trabajo y en la apertura en la carrera de compresión disminuyendo el valor de la fuerza amortiguadora.

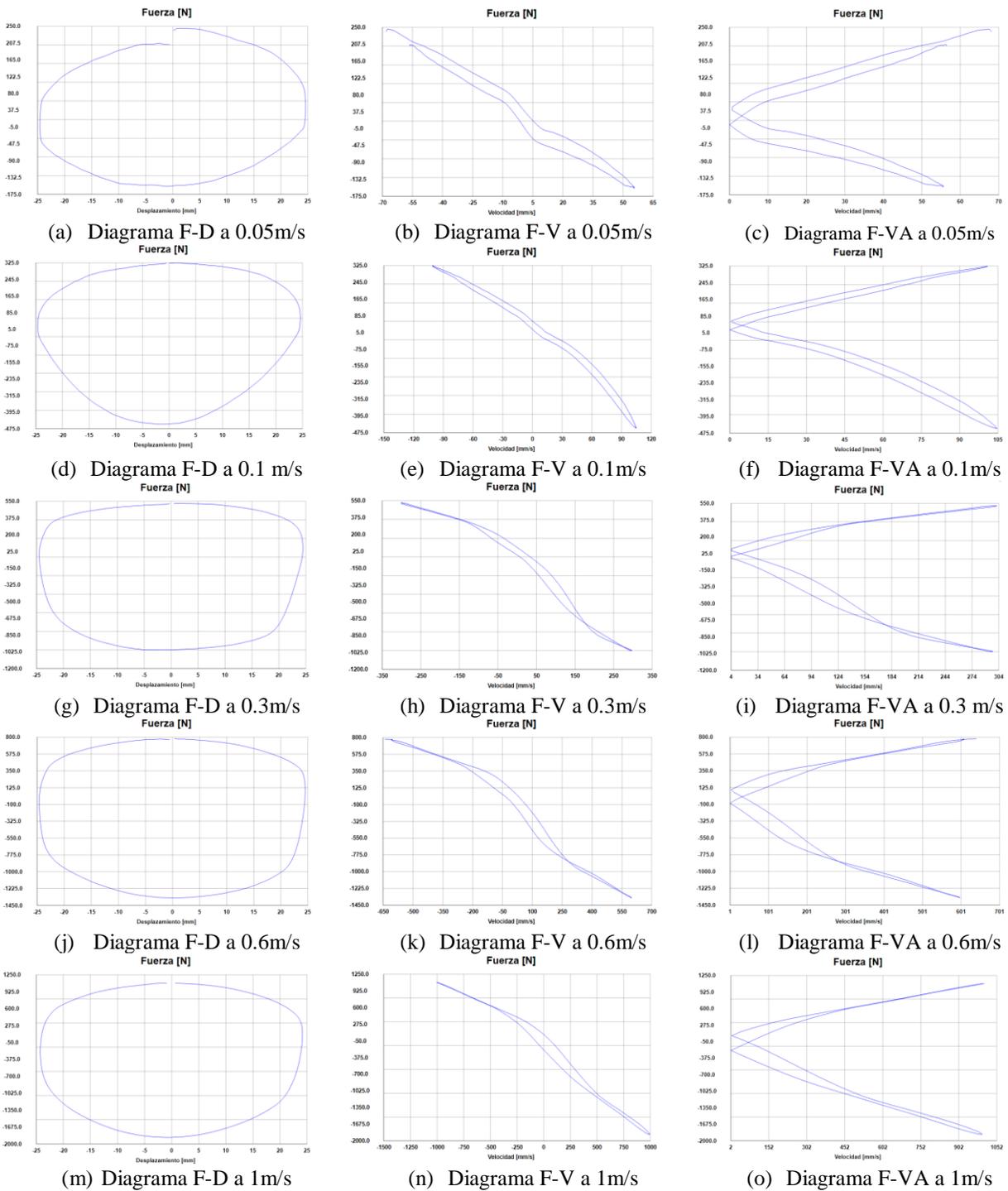


Figura 18 Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Además, con respecto a la carrera de extensión se aprecia un comportamiento igual de suave y prolongado pero al cierre de esta válvula se distingue un cambio brusco y repentino de la pendiente de las curvas generadas como se observa en la gráfica FV a 0.3 m/s en parte la inferior derecha.

Luego en la tabla 5 se resumen de los detalles más importante de los diagramas característicos, así como los valores máximos de fuerza en todas las velocidades de excitación, en el ciclo de extensión se alcanzó un valor máximo de 1895.87N y velocidad máxima alcanzada de 1003.73 mm/s a la mayor excitación posible bajo norma de 1 m/s, se registra el incremento de la temperatura de la probeta en la mayor parte de ensayos con un valor de 0.6 °C.

Tabla 5.

Resultados de amortiguador nacional probeta 1 a velocidad fija

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)
EAA 03-1.50	50	0.32	22.00	50.11	247.46	155.66	56.47	55.75	22.60
EAA 03-1.100	100	0.64	22.00	50.11	327.29	459.00	100.87	104.93	22.60
EAA 03-1.300	300	1.91	22.00	50.11	530.84	1013.79	300.90	297.27	22.60
EAA 03-1.600	600	3.82	22.00	50.15	778.31	1357.05	603.43	600.10	22.80
EAA 03-1.1000	1000	6.37	22.00	50.15	1089.63	1895.87	995.80	1003.73	23.00

Prueba de amortiguador nacional probeta 1 con velocidad del pistón variable

Con el propósito de conocer el comportamiento del amortiguador regido bajo procedimiento JASO C611, con diferentes velocidades del pistón de tal manera que se inicie el ensayo con 0.05mm/s luego se aumente de manera consecutiva las velocidades de excitación a 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s y se finalice en 1 mm/s.

En la figura 22 se puede observar, los cinco diferentes ciclos que fueron ensayados de manera consecutiva, se prevé conseguir que se recojan valores inferiores a los ensayaos de manera individual y confirmar la fatiga térmica e inercias acumuladas en la configuración de las curvas

alcanzadas, pero por la forma de la continuidad en las gráficas no es apreciable la diferencias más aun la generación de efectos de cavitación en el amortiguador, se observa una fuerza máxima extrema de compresión de 1077.66 N y una fuerza de expansión máxima de 1875.92N, además se desarrolló una velocidad de compresión máxima de 1000.7 mm/s y una velocidad máxima en la expansión de 1001.83 mm/s se alcanzó una temperatura al final de cada ciclo de 19.1°C tomando en cuenta que la probeta del ensayo registro una temperatura inicial de 19°C registrándose menor gradiente de temperatura.

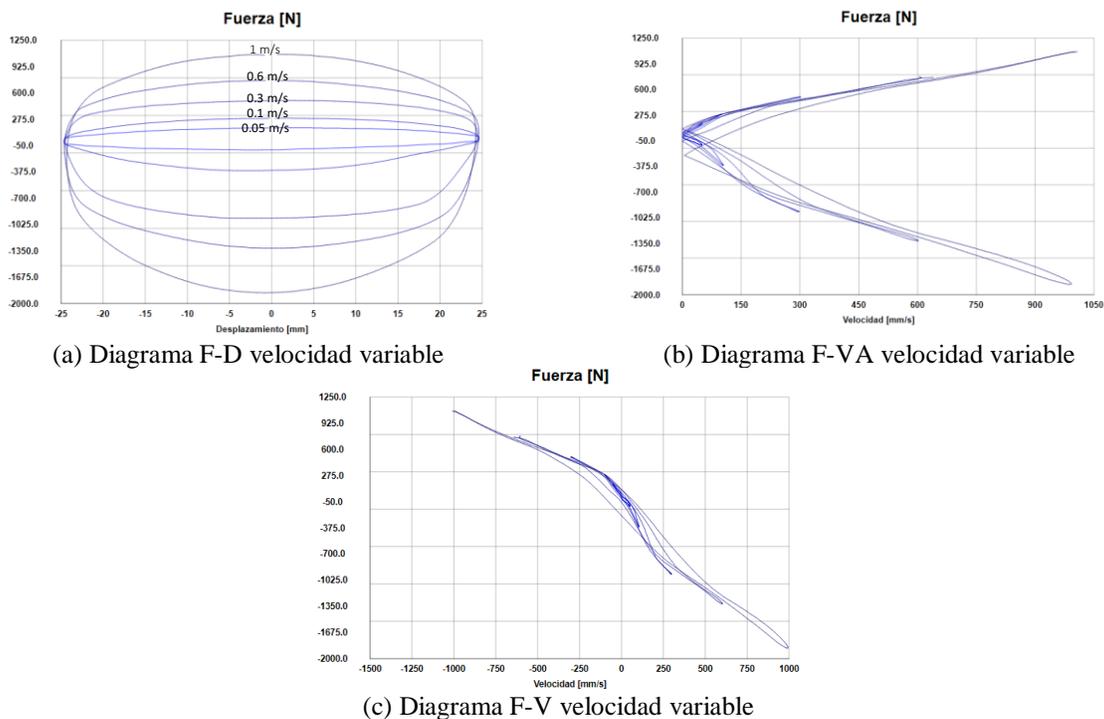


Figura 19. Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) y fuerza vs velocidad (c) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s) (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Igualmente, en la tabla 6 se recopilan los valores que se destacan por cada uno de los ciclos de ensayos, se distinguen los incrementos de fuerza y velocidad máximos en la compresión y extensión, así pues, para la velocidad de excitación de control de 0.3m/s se registra en compresión un valor de 510.89N que corresponde a un 0.96 % menos que con velocidad fija,

también en extensión se consigue un valor de 953.92 frente al 1013.79 N con un 0.94% menor. Se confirma la disminución en la fuerza, pero se demuestra la similitud y poca diferencia en las variaciones en todos los ciclos.

Tabla 6.

Resultados de amortiguador nacional probeta 1 a velocidad variable

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)
EAA 03-1.V	50	0.32	19.00	50.15	171.63	111.76	50.91	50.29	19
	100	0.64		50.15	287.37	363.21	100.04	104.87	18.9
	300	1.91		50.15	510.89	953.92	301.57	298.93	18.9
	600	3.82		50.15	766.33	1321.12	605.15	604.3	18.9
	1000	6.37		50.15	1077.66	1875.92	1000.7	1001.83	19.1

Resultados amortiguador nacional probeta 2

Prueba de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad fija del pistón

En la figura 20 se puede observar, que el amortiguador presento curvas características iguales al de la probeta 1. En los diagramas FD en la frecuencia de mayor interés para este estudio a una velocidad de 0.3m/s se forma una curva semejante a un rectángulo con esquinas redondeadas en los que la pendiente de la rigidez en los lados superior e inferior son bajas al tender a ser horizontales, a partir de este ciclo las fuerzas generadas a mayores velocidades no se acercan o tienden a cero en lugar de ello permanecen con una ligera pendiente pero que es muy baja, por otra parte es en el ciclo de mayor excitación en donde el amortiguador describe una curva en forma de ovalo debido a que los rangos del punto de cadencia que se manifiesta con la apertura y cierre de válvulas disminuyen en su valor por el diseño que estas válvulas. En cuanto a las figuras FV se distingue el mismo tipo de generación de histéresis con respecto a la probeta 1, Además no se encuentran indicios de cavitación en ninguna de las gráficas obtenidas que se manifiestan con perturbaciones en las trayectorias de las curvas. Otro rasgo que se puede observar en las gráficas FVA es la simetría y linealidad que se encuentran en ambos ciclos de

extensión y compresión son más erráticos en los ciclos de baja velocidad y más lineales en los de alta velocidad.

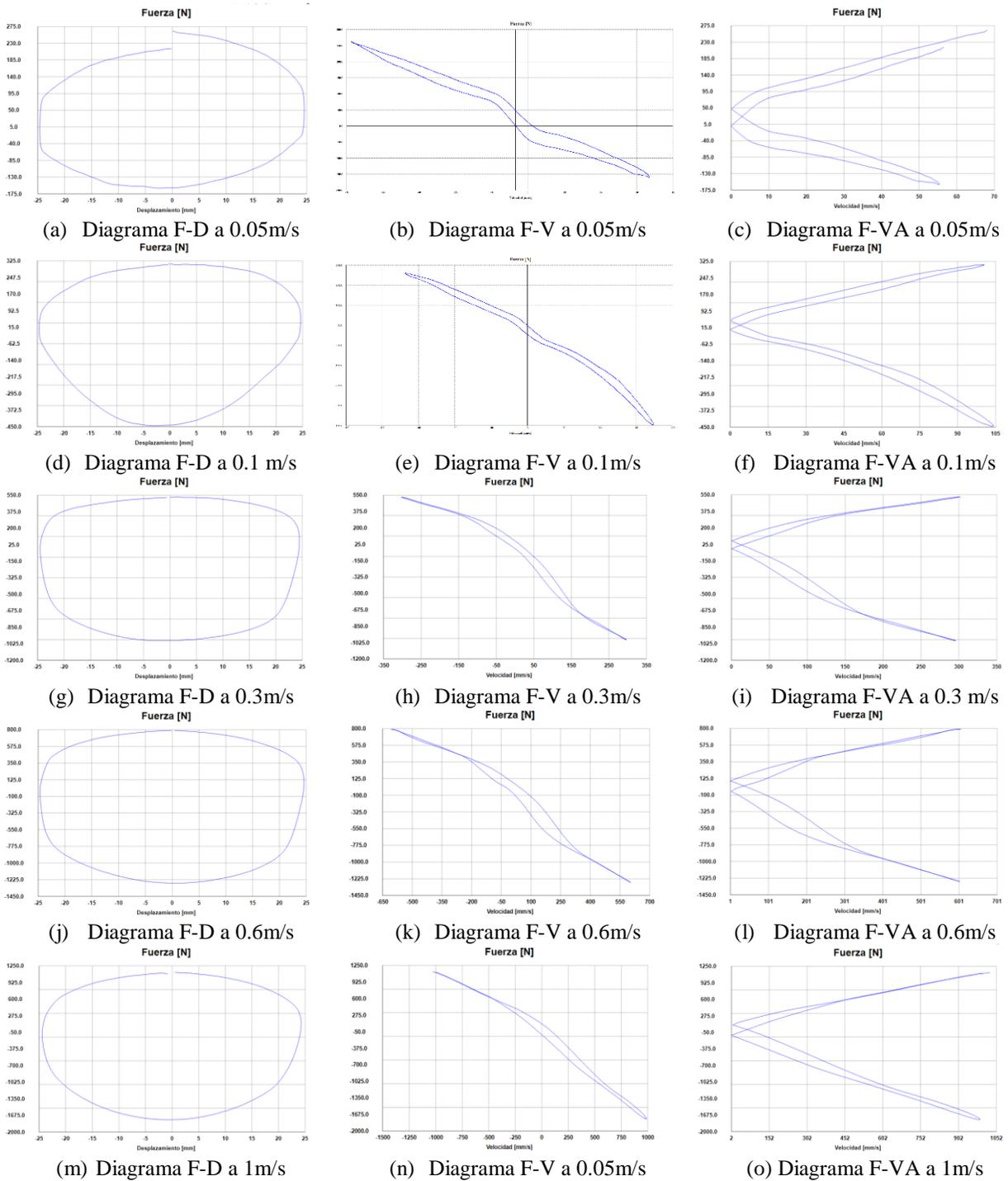


Figura 20. Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Ahora bien, en la tabla 7 se indican cuantitativamente los valores de los resultados más importantes obtenidos de cada una de las pruebas, teniendo en cuenta el ciclo de interés para fines comparativos de 0.3m/s la fuerza en el ciclo de compresión es de 530.84N se debe agregar que en compresión existe un apreciable crecimiento de alrededor del 30% a partir del ensayo de 0.6m/s a 1m/s con 1125.5N, en cuanto a la temperatura se produjo un ligero incremento de 0.5°C en tres de los cinco ensayos, en el quinto ensayo a 1000mm/s se detectó la temperatura inicial de la probeta de 22°C y un incremento de 0.6°C.

Tabla 7.

Resultados de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad fija

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)
EAA 03-2.50	50	0.32	20.00	50.15	263.43	163.64	56.55	55.57	20.50
EAA 03-2.100	100	0.64	20.00	50.11	315.31	451.02	100.63	104.83	20.50
EAA 03-2.300	300	1.91	20.00	50.11	530.84	997.83	300.18	296.92	20.50
EAA 03-2.600	600	3.82	20.00	50.15	790.28	1273.23	604.71	604.81	20.80
EAA 03-2.1000	1000	6.37	22.00	50.11	1125.55	1776.13	996.42	995.05	22.60

(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Prueba de amortiguador nacional probeta 2 con velocidad del pistón variable

Según se observa en la figura 21 luego de ejecutado cada amortiguador bajo procedimiento JASO C611, pero sometido al amortiguador a una variación gradual en las velocidades del pistón, en el que se inicia la prueba con 0.05mm/s y escala hasta el valor de 1 m/s, en los diagramas FD se encuentra una correspondencia en el crecimiento armónico de las curvas que pese a no describir una elipse perfecta, si se acerca mucho a esta geometría, además no es simétrica principalmente en los ciclos de alta frecuencia que corresponde a las curvas exteriores donde la diferencia es apreciable. En los diagramas FV se puede mencionar que la histéresis y la forma de las curvas crecen conforme aumenta la velocidad de excitación sin presentar comportamientos inusuales o fuera del rango de crecimiento. No se observan en los diagramas

indicios de presencia de cavitación que corresponden a una súbita caída en la fuerza de amortiguamiento. Además, la curva FVA indica la linealidad de fuerza con respecto a la velocidad es así que en el ciclo de extensión se aprecia mucha perturbación que son producto de una lenta reacción en la apertura y cierre de las válvulas.

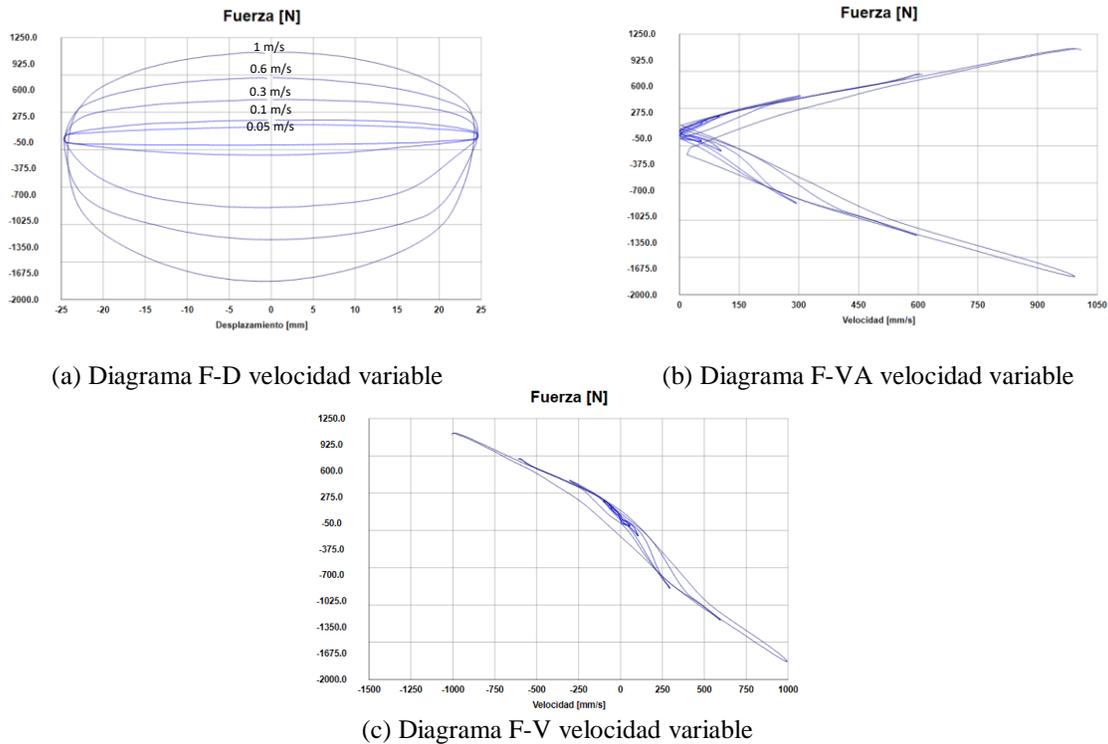


Figura 21. Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)
(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

En la tabla 8 se recopilan los datos que resaltan los máximos valores para fines comparativos con respecto a los registrados en velocidad fija, después del ensayo a velocidad variable se destaca ligeros incrementos de temperatura conforme aumenta la velocidad de excitación sin embargo al llegar a la velocidad de excitación de 1 mm/s existe un salto de temperatura inusual que llega a 28.6 °C producto de la inercia térmica que se genera en el amortiguador. también pese a que la velocidad máxima de compresión presenta un ligero incremento de valor con respecto a la velocidad máxima en extensión para todas las diferentes velocidades de excitación,

en el ciclo final del ensayo se revierten los valores siendo mayor la velocidad en extensión con 1004.08mm/s frente a los 994.73mm/s en compresión. En cuanto a la fuerza de compresión y extensión en el ciclo de 0.3m/s se miden valores de 482.95N y de 866.11N respectivamente, que corresponde a un erro del 0.91% en compresión y de 0.87% para el ciclo en extensión.

Tabla 8.

Resultados de amortiguador nacional probeta 2 a velocidad variable

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)
	50	0.32		50.15	175.62	87.81	57.01	55.85	22.4
	100	0.64		50.15	231.49	215.53	100.44	105.2	22.6
EAA 03-2.V	300	1.91	21.00	50.15	482.95	866.11	303.28	294.85	22.7
	600	3.82		50.15	754.36	1261.26	602.76	597.62	22.8
	1000	6.37		50.15	1073.66	1796.09	994.73	1004.08	28.6

Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 1

Prueba de amortiguador alterno 1 probeta 1 con velocidad fija del pistón

En la figura 21 se muestran los resultados que generan las curvas dinámicas características del amortiguador, en los diagramas FD se aprecia una configuración de trayectorias similares a bajas velocidades de 0.05m/s y 0.1m/s, pero poco simétricas y muy erráticas en relación al ciclo de compresión y extensión, a partir de la velocidad de 0.3m/s en adelante los diagramas presentan una configuración más suave y describen curvas más elípticas, sin embargo, la simetría en los ciclos de compresión y extensión aumentan.

En cuanto a los diagramas FV de la figura 21 se demuestra la incoherente apertura y cierre de las válvulas que generan un comportamiento nada suave fundamental mente en bajas velocidades de excitación, pero a partir del ciclo 0.3m/ un adecuado funcionamiento de las válvulas de apertura y cierre tanto en compresión como en extensión en la parte superior e inferior de las

gráficas respectivamente. Asimismo, en las gráficas de FVA se observa la diferencia en los ciclos de compresión y extensión al describirse trayectorias similares y poco coincidentes.

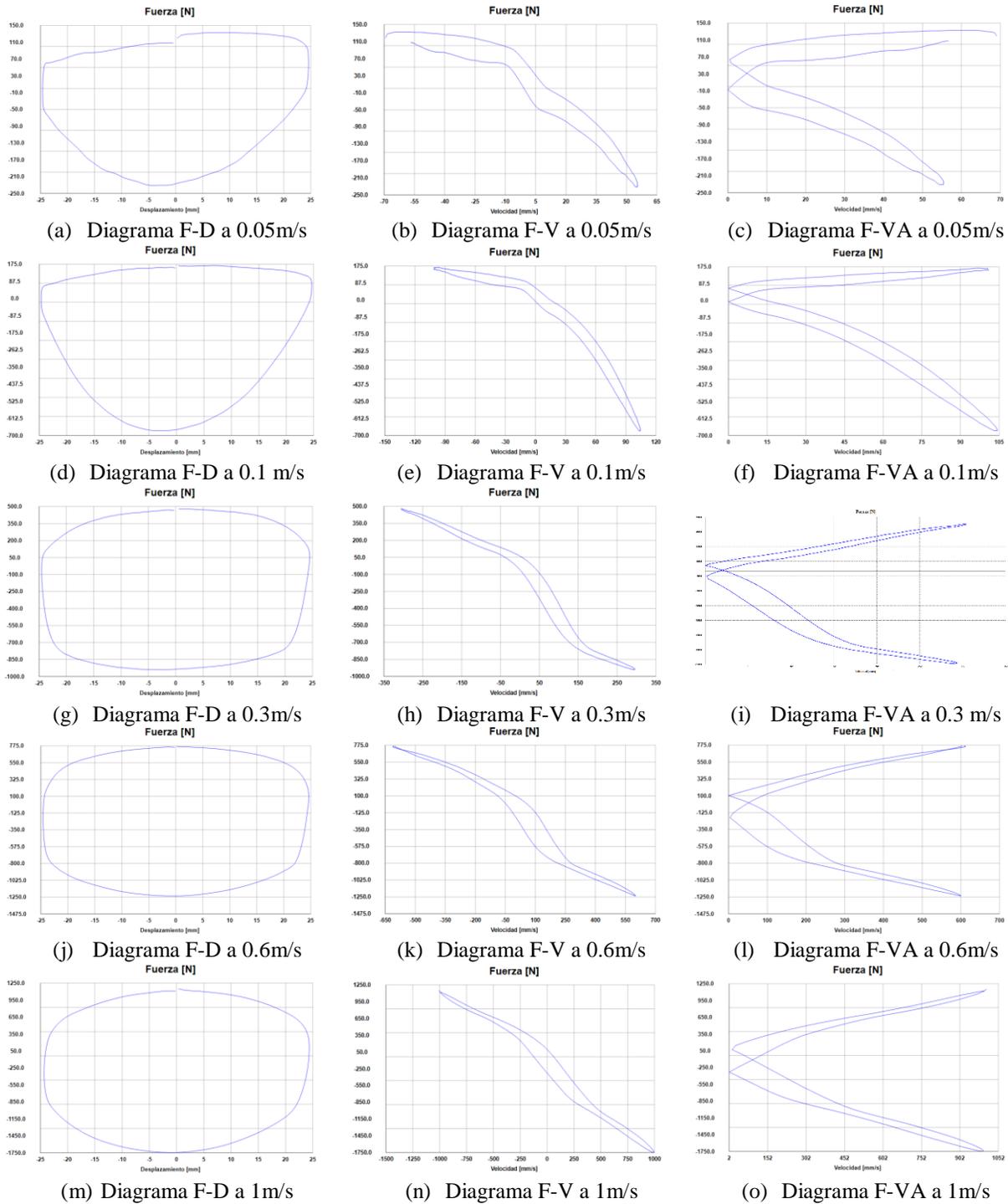


Figura 22. Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Con respecto a la recopilación cuantitativa de los resultados obtenidos se presenta la tabla 9. Se observa numéricamente que en el amortiguador la fuerza máxima en extensión es siempre mayor a la fuerza máxima en compresión, en todas las diferentes velocidades de prueba, en cuanto a las fuerzas de amortiguación objeto de estudio para su comparación se alcanzan valores de 482.95 N durante el ciclo de compresión y de 945.94N en el ciclo de extensión para el amortiguador alterno 1. Habría que decir también que sobresale el hecho en donde se registra un leve incremento de temperatura de alrededor del 0.3°C.

Tabla 9.

Resultados de amortiguador alterno1 probeta 1 con velocidad fija

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)
EAA 01-1.50	50	0.32	22.00	50.23	135.70	239.48	56.69	55.64	22.20
EAA 01-1.100	100	0.64	22.00	50.19	175.62	682.51	100.78	104.75	22.30
EAA 01-1.300	300	1.91	22.00	50.15	482.95	945.94	304.90	296.24	22.30
EAA 01-1.600	600	3.82	22.00	50.15	766.33	1241.30	604.43	601.33	22.10
EAA 01-1.1000	1000	6.37	20.00	50.23	1149.50	1764.16	996.17	1001.61	20.80

Prueba de amortiguador alterno1 probeta 1 con velocidad del pistón variable

En la figura 23 se observa, que el amortiguador presenta una generación de curvas creciente en cuanto a su configuración elíptica no obstante en los ciclos de velocidad baja no se corresponde a esta geometría sino a un ovalo semejante al perfil de un huevo de ave en su sentido más amplio, la apertura y cierre de las válvulas internas son adecuadas ya que no se evidencia cambios súbitos en las trayectorias de los diagramas que evidencien fenómenos de cavitación pero si es de destacar que en el ciclo a 0.3m/s se describe una trayectoria que tiende a ser horizontalmente rectilínea que corresponde a una pendiente de rigidez baja del amortiguador porque tiende a cero, también el valor de la histéresis aumenta conforme se aumenta la velocidad de excitación.

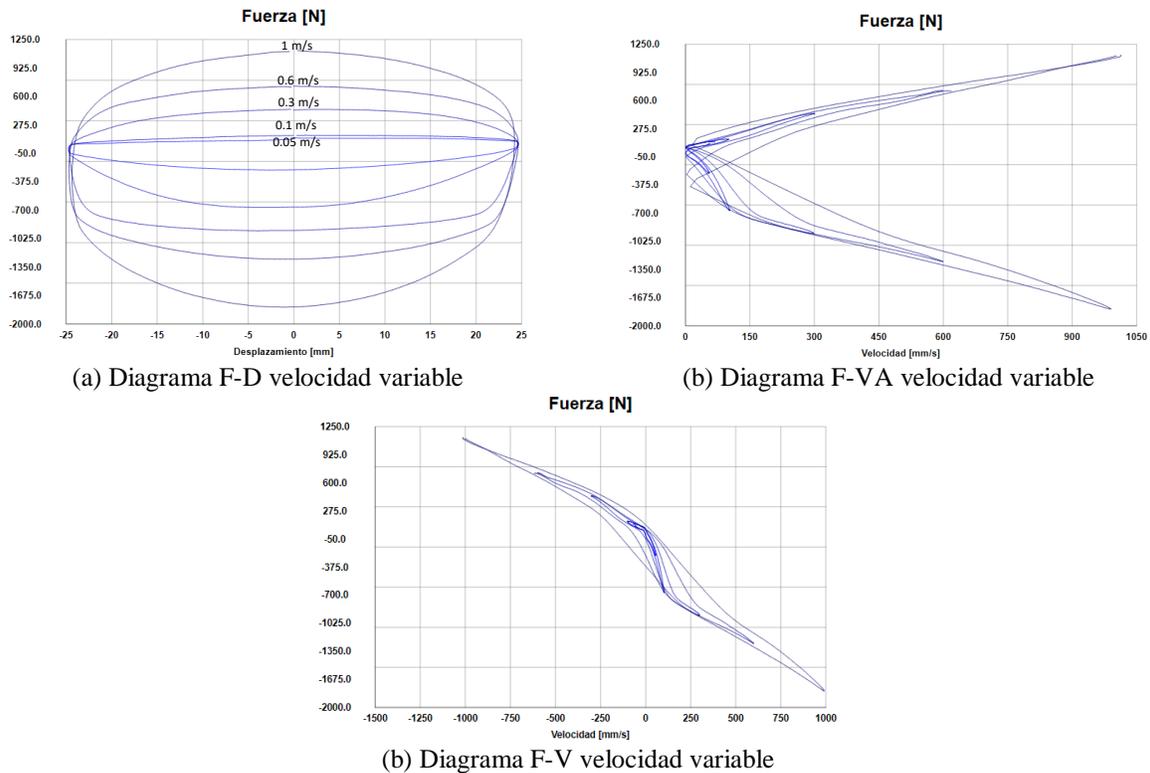


Figura 23. Diagramas característicos amortiguador alternativo 1 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)
(Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

aunando a la información observada en las curvas características con velocidad variable en la tabla 10 se distinguen valores que guardan una similitud en cuanto a la descripción del diagrama con velocidad fija, sin embargo, alcanzan fuerzas diferentes, por ejemplo en el ciclo de comparación a 0.3m/s el valor de la fuerza máxima de extensión disminuye a 941.95 N y la fuerza máxima en la compresión a 455.01 N, esto representa un decremento porcentual de 0.94% para compresión y de 0.99% para extensión, también se nota el incremento en el gradiente de temperatura de alrededor de 1°C, alcanzando una temperatura de 21.11 °C. pero que es satisfactoriamente bajo. además de desarrollar una velocidad de compresión máxima de 1003.52 mm/s y una velocidad máxima en la extensión de 997.72 mm/s.

Tabla 10.
Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 1 a velocidad variable

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)
EAA 01-1.V	50	0.32	20.00	50.27	131.71	247.46	56.7	55.61	20.9
	100	0.64		50.27	159.65	674.53	100.86	103.6	20.9
	300	1.91		50.27	455.01	941.95	300.39	299.12	21
	600	3.82		50.27	718.44	1261.25	598.87	600.8	21
	1000	6.37		50.27	1125.55	1828.02	1003.52	997.72	21.1

Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2

Prueba de amortiguador alterno 1 probeta 2 con velocidad fija del pistón

En cuanto a los ensayos de la segunda probeta, se procede de manera similar bajo la normativa JASO C611, se ensaya a una velocidad del pistón de 0.05m/s con una carrera de 50mm y de manera similar se continúa con las pruebas a las diferentes velocidades.

En la figura 24 se encuentran los diagramas que se obtienen del amortiguador probeta 2, se nota en los diagramas FD que de las diferentes configuraciones de curva obtenidas existe cambios bruscos en las dos primeras velocidades de excitación de 0.05m/s y 0.1m/s además de una no linealidad en las fuerzas con una notable histéresis generada en la gráfica FV, después se visualiza una mejora en el comportamiento más estable del desplazamiento del pistón y la fuerza que se genera a partir del ciclo de 3m/s, por otro lado en cuanto a la fuerza y velocidad en cada uno de los ciclos de los diagramas FV se presenta semejanza y un aumento de los rangos que alcanza, es preponderante destacar que la histéresis no disminuye en torno a las proximidades del punto medio de la carrera que es donde se produce la mayor diferencia en la generación de la fuerza de amortiguamiento que confirman el comportamiento errático a bajas velocidades detectándose un inestable funcionamiento de las válvulas del amortiguador.

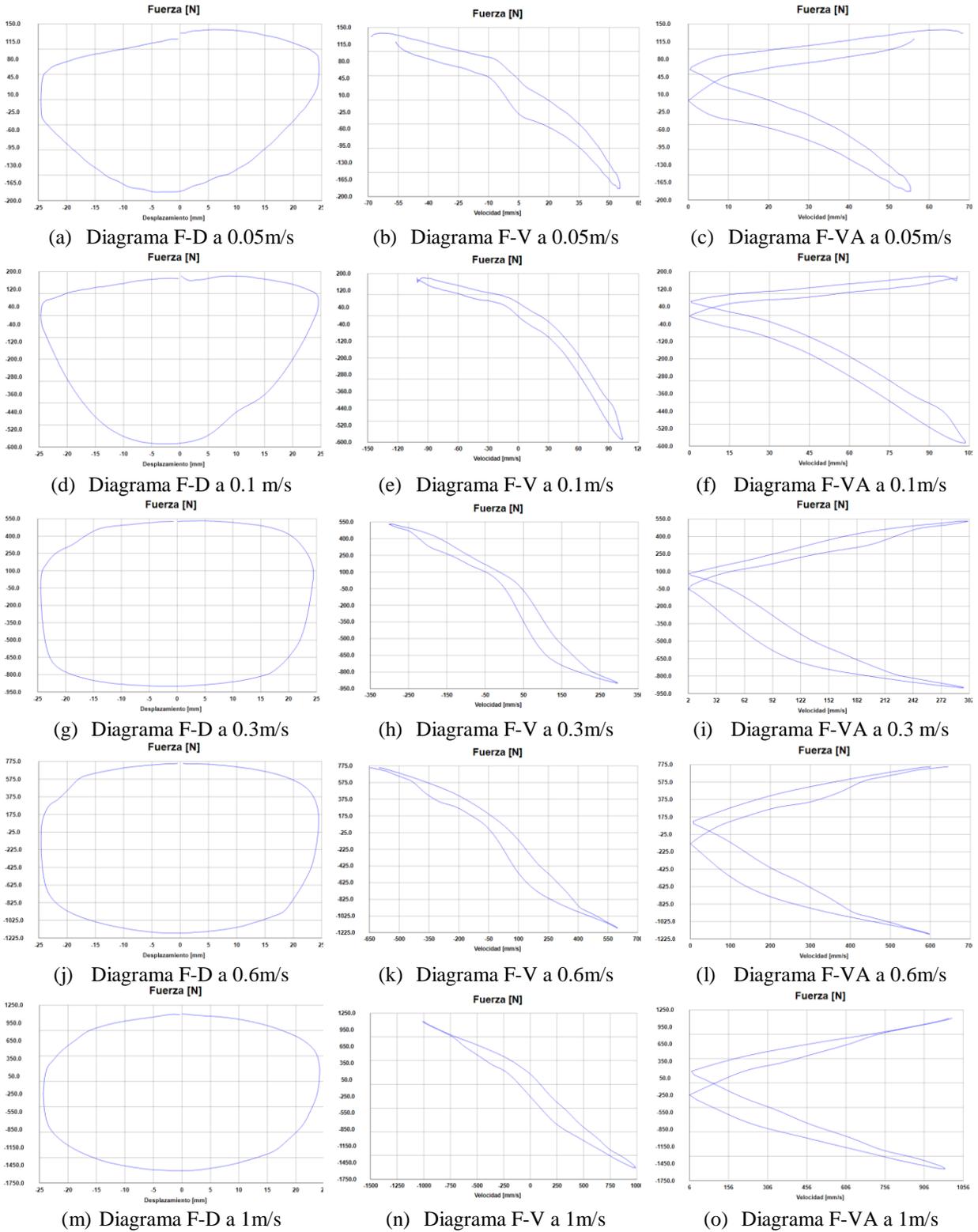


Figura 24. Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

En la tabla 11 a título ilustrativo se recogen y ordenan los datos más relevantes de los diagramas característicos en los diferentes ciclos de ensayo, y se observa de manera particular en el ciclo de interés a 0.3m/s un valor de 534.84N en el ciclo de compresión y en cuanto a la fuerza de extensión en el mismo ciclo de 902.04N así también se registran valores de fuerza menores por ejemplo una fuerza máxima de compresión de 1101.60 N, y de 1568.58 N para la extensión máxima conseguido, además existe una particularidad en cuanto a la temperatura en el ensayo a 0.3m/s en el que el amortiguador eleva su temperatura de ensayo en 3.1°C, no obstante el incremento en los demás casos es de alrededor del 0.6°C, en cuanto a la velocidad en expansión y compresión, se guarda similitud con resultados esperados, respecto a los obtenidos en el ensayo de la primera probeta.

Tabla 11.

Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2 con velocidad fija

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)
EAA 01-2.50	50	0.32	21.00	50.08	139.70	191.58	56.37	55.57	21.60
EAA 01-2.100	100	0.64	21.00	50.08	183.60	586.72	100.47	104.15	21.60
EAA 01-2.300	300	1.91	21.00	49.96	534.84	902.04	299.76	296.55	24.10
EAA 01-2.600	600	3.82	22.00	50.00	754.36	1177.44	599.56	599.66	22.00
EAA 01-2.1000	1000	6.37	21.00	50.00	1101.60	1568.58	1001.75	995.33	22.60

Prueba de amortiguador alterno 1 probeta 2 con velocidad del pistón variable

Con relación al ensayo, cabe recalcar que el amortiguador se evalúa a velocidades del pistón variables que empiezan con 0.05m/s y escala progresivamente hacia los valores de 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s hasta alcanzar 1 m/s.

En la figura 24, se destaca, que los amortiguadores presentan diagramas característicos FD sin la brusca presencia de variaciones en la trayectoria de las curvas, existe una ligera variación en la trayectoria de la gráfica que corresponde a la disminución en cuanto a la fuerza de compresión,

que se genera el amortiguador en la prueba de 0.6m/s, como se distinguen el detalle A, esto se debe a la causa de la presencia de cavitación por partículas de gas atrapadas en el aceite del amortiguador, sin duda las gráficas que se obtienen alcanzan valores idénticos a las descritas por la probeta 1, en la gráfica FV se aprecia un importante rango de histéresis en todas las velocidades de excitación, debido a que el punto de restauración o cierre de válvulas se encuentran más cercano a cero en el eje horizontal de la velocidad asimismo el más lejano a cero en el eje del desplazamiento, esto genera histéresis debido al fenómeno de compresibilidad del fluido fundamentalmente a bajas velocidades de excitación, pese a que en los diagramas FD se aprecia un adecuado funcionamiento en la apertura y cierre de válvulas al no existir bordes o picos pronunciados en la geometrías elípticas encontradas que se configuran en un comportamiento estable del amortiguador.

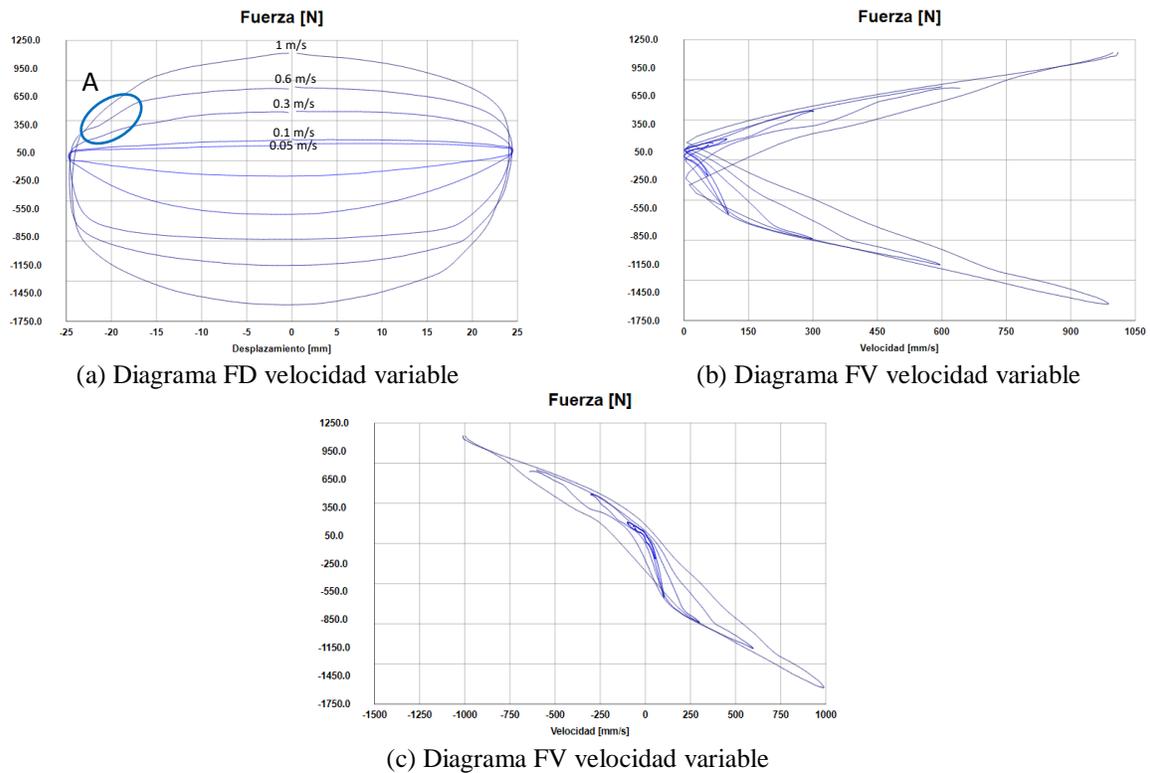


Figura 25. Diagramas característicos amortiguador alterno 1 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s) (Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

En la tabla 12 se cuantifican los datos, en donde se simplifica de manera organizada los resultados más relevantes que se desarrolla por el amortiguador, en las diferentes pruebas se aborda a la fuerza de compresión para el análisis la cual es similar a los logrados por la probeta 1 de la misma marca, sin embargo en este tipo de prueba con velocidad de excitación variable se observa una disminución en cuanto a la fuerza que alcanza el amortiguador en la extensión con 878.09N, y 490.93N en compresión para el ciclo de análisis según norma JASO de 0.3m/s que representan una disminución del 0.97 % y 0.92% correspondientemente con relación a los ensayos a velocidad fija, de manera general existe similitud y poca diferencia con respecto a las velocidades máximas en extensión y compresión, en cuanto a la temperatura se registra una coincidencia en el gradiente de temperatura del amortiguador, pero un incremento mayor de 1.6 °C en el ciclo final a 1 m/s.

Tabla 12.

Resultados de amortiguador alterno 1 probeta 2 a velocidad variable

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)
	50	0.32		50.27	151.67	203.56	56.81	55.57	21.1
	100	0.64		50.27	195.57	614.66	98.54	103.69	21.1
EAA 01-2.V	300	1.91	21.00	50.27	490.93	878.09	301.14	299.09	21.1
	600	3.82		50.27	754.36	1161.47	599.74	597.52	21.1
	1000	6.37		50.27	1113.58	1600.52	998.6	997.34	22.6

Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1

Prueba de amortiguador alterno 2 probeta 1 con velocidad fija del pistón

En torno al ensayo del amortiguador alterno 2, de igual manera y como en los casos anteriores se pone a prueba a esta autoparte a diferentes velocidades fijas, como lo dictamina la norma JASO C611, que permiten obtener los diagramas característicos.

Según se observa en la figura 25, en cuanto a los diagramas FD de curvas cerradas como una elipse, el amortiguador describe características de un comportamiento óptimo en cuanto a la fuerza generada en compresión y extensión a bajas velocidades de excitación como es a 0.05m/s después a 0.1m/s se pierde simetría en la elipse lográndose mayor alargamiento y por ende generando más fuerza en el ciclo de extensión, luego un comportamiento adecuado con la velocidad de 0.3m/s describiendo una curva de tipo rectangular en donde las esquinas superiores que corresponde a la activación y desactivación de válvulas de mayor orificio generan pendientes bajas que tienden a cero, no así en los lados laterales del rectángulo en donde se aumenta su rigidez al aumentar su pendiente,

Además, en los diagramas FD en los ensayos a las velocidades de 0.6m/s y 1m/s en la curva característica se presenta una reducción de fuerza en una zona del ciclo de compresión como se indica en los detalles A y B de la figura 26 respectivamente, es importante señalar que esta irregularidad indican la aparición o generación del fenómeno de la cavitación en el ciclo de compresión del amortiguador al instante de activación de la válvula que permanecen cerradas hasta que se sobrepasa la fuerza a la que están diseñadas. No obstante, el funcionamiento extraordinario a velocidades bajas y medias

En los diagramas FV se evidencia poca histéresis a baja velocidad marcando una tendencia de generación de curvas lineal que es el deseable en estos elementos, pero una aparición repentina de gran histéresis en los dos últimos ciclos de ensayo que poseen mayor velocidad de excitación lo cual confirma la reducción en la fuerza de amortiguamiento por la generación de cavitación en el amortiguador a causa de partículas de gas retenidas en el aceite que colapsan al incrementarse la presión al momento de la apertura de la válvula.

En las figuras FVA se observa que el fenómeno de la cavitación afecta el desempeño de la generación de fuerza en función de la velocidad en el amortiguador.

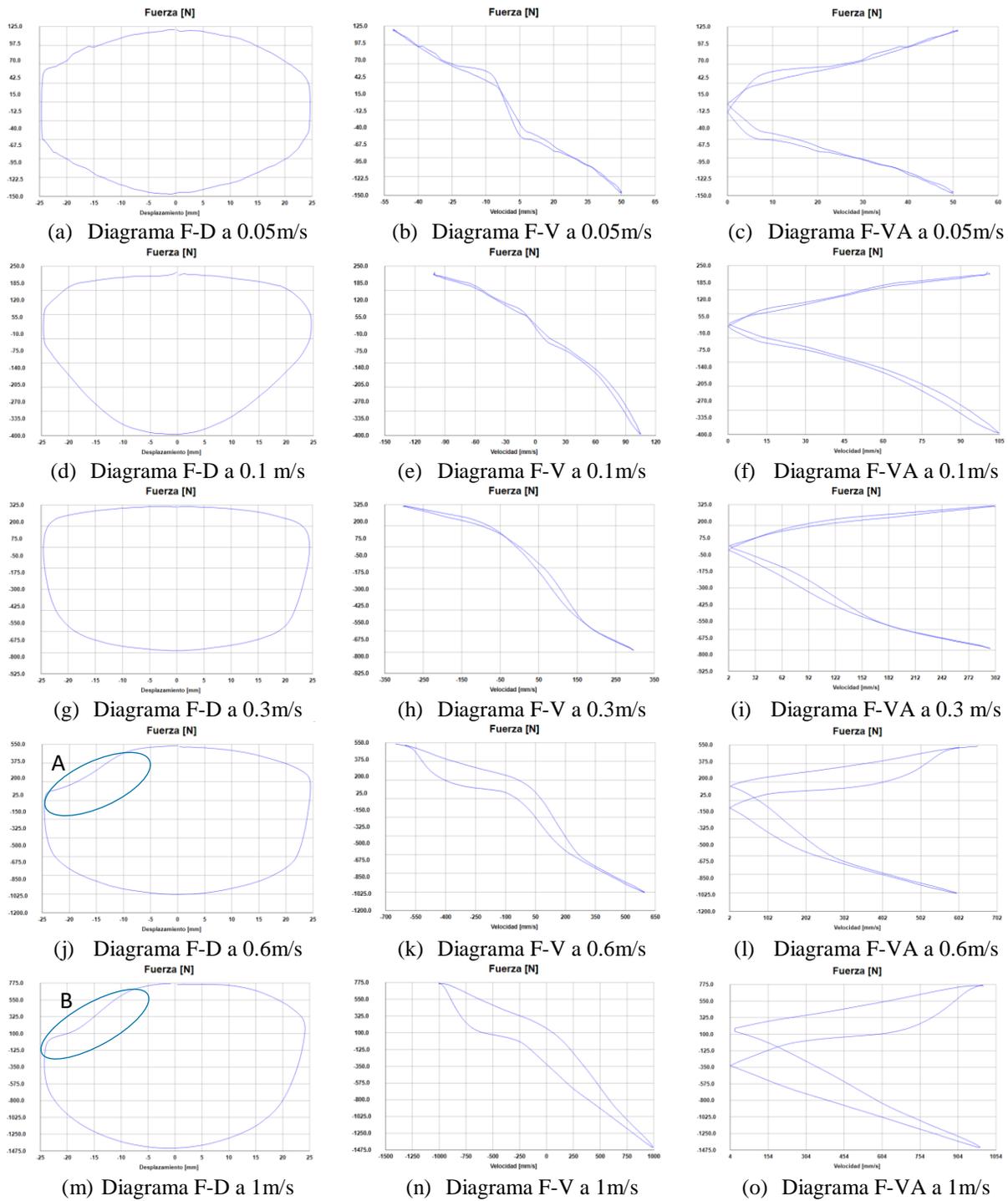


Figura 26. Diagramas característicos amortiguador alterno 2 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

En la tabla 13 se presentan datos cuantitativos del comportamiento descrito en los diagramas, se nota una disminución en los valores en todos las velocidades de excitación, en este amortiguador en el ciclo de notable trascendencia para efectos de este estudio de 0.3m/s se presenta una fuerza máxima de compresión de 319.31 N y una fuerza máxima de extensión de 754.36 N, en cuanto a las velocidades alcanzada en compresión y extensión se arrojan resultados similares a los obtenidos por amortiguadores de otras marcas así tenemos la velocidad de compresión de 1002.41mm/s y 998.76mm/s para la velocidad máxima de extensión, además se presenta un bajo gradiente de calentamiento de alrededor de 0.6°C en la mayor parte de ensayos.

Tabla 13.

Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1 a velocidad fija

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)
EAA 02-1.50	50	0.32	22.00	50.11	119.74	155.66	51.09	50.13	22.70
EAA 02-1.100	100	0.64	22.00	50.15	227.51	399.13	100.59	105.17	22.60
EAA 02-1.300	300	1.91	22.00	50.23	319.31	754.36	301.04	296.72	22.60
EAA 02-1.600	600	3.82	22.00	50.19	538.83	1013.79	601.56	597.95	22.60
EAA 02-1.1000	1000	6.37	22.00	50.34	766.33	1452.84	1002.41	998.76	22.20

Prueba de amortiguador alterno2 probeta 1 con velocidad del pistón variable

Para el amortiguador alterno 2 y como en todos los casos anteriores también se utiliza los lineamientos de la norma JASO C611, pero en relación a las velocidades del pistón, para este ensayo se varia de forma gradual la velocidad de excitación desde 0.05mm/s, luego se cambia durante el ensayo de manera consecutiva a los valores de 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s y finaliza en 1 mm/s.

En la figura 27 se observa que el amortiguador presenta una rápida caída de la fuerza de compresión como se observa en el detalle a de la curva FD, se debe agregar que la causa es la aparición de cavitación y este fenómeno se incrementa conforme aumenta la velocidad de

excitación que genera mayores presiones y por ende mayor cavitación por el gas y aire en el aceite, en todos los ciclos no se presenta una marcada diferencia en los alcances de las fuerzas generadas en extensión y compresión.

En los diagramas FV se ve como aumenta la histéresis, pero de manera específica el inusual comportamiento que conducen a una gran cantidad de histéresis en los ensayos de alta velocidad producto de la cavitación generada por el comportamiento del amortiguador bajo la presencia de este fenómeno. De manera similar se confirma el fenómeno con la variación en las graficas de FVA en donde ya no se encuentra un comportamiento lineal sino errático para los ensayos de 0.6m/s y 1m/s.

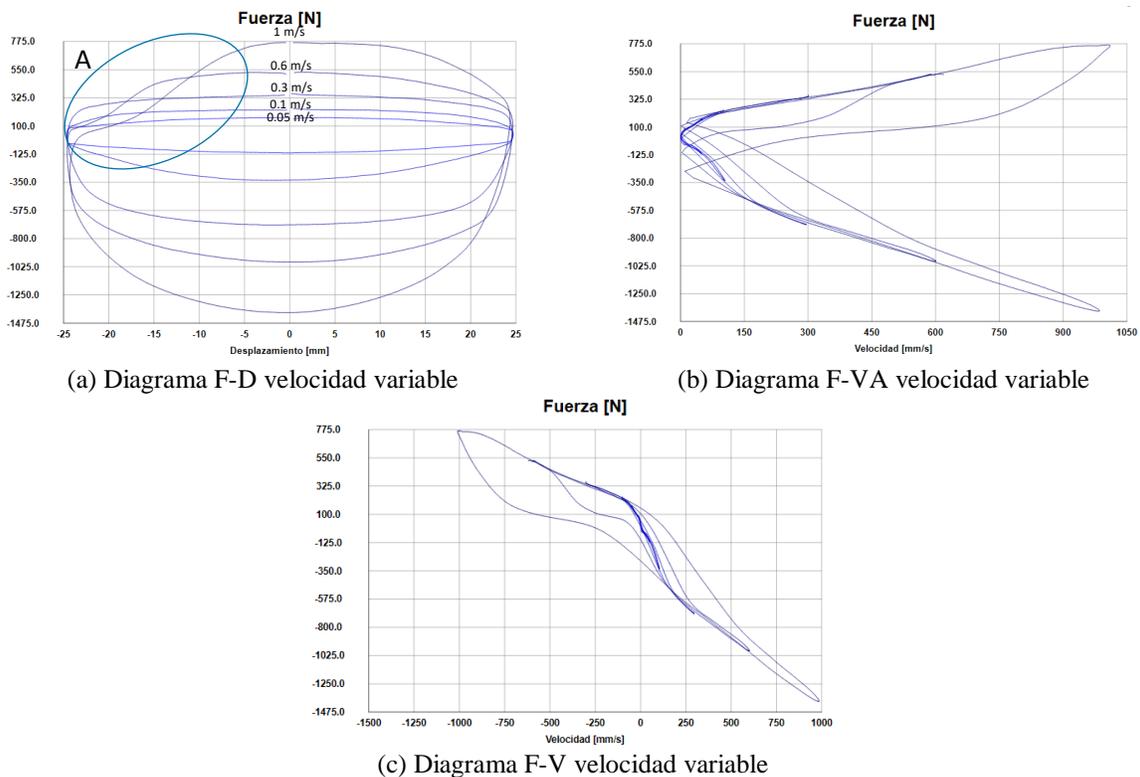


Figura 27. Diagramas característicos amortiguador alterno 2 probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)

(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

En la tabla 14 se indica los datos máximos alcanzados del ensayo que se efectúa a velocidad variable, para comprender lo ocurrido en el ensayo del comportamiento dinámico del amortiguador, lo evaluamos en el ciclo de control de 0.3m/s, y existe una disminución esperada en las fuerzas de extensión con respecto a los efectuados a velocidades fijas de 694.49 N que configuran el 0.92% pero un inusual incremento en compresión de 359.22 N que corresponden al 0.89% presentando ligeramente mayor rigidez, también se aprecia el incremento de temperatura de 1°C en la mayor parte de pruebas excepto el ultimo a 1m/s que alcanzo 2°C.

Tabla 14.

Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 1 a velocidad variable

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)
	50	0.32		50.23	167.63	119.74	50.78	49.79	22
	100	0.64		50.23	239.48	335.27	100.71	104.41	22
EAA 02-1.V	300	1.91	21.00	50.23	359.22	694.49	299.5	296.72	22
	600	3.82		50.23	534.84	989.85	597.97	602.84	22
	1000	6.37		50.23	766.33	1408.93	1004.82	995.03	23

Resultado de amortiguador alterno 2 probeta 2

Prueba de amortiguador alterno 2 probeta 2 con velocidad fija del pistón

Con respecto a este ensayo, y como en todos los amortiguadores anteriores se procedió bajo norma JASO C611, la probeta 2 fue sujeto de ensayos a velocidades fijas del pistón.

En la figura 28 se puede observar en los diagramas FD, que en el amortiguador se presentó un comportamiento estable a las velocidades de 0.5m/s, 0.1m/s, y 0.3m/s, describiendo curvas de carácter semejantes a geométricas de una elipse, ovalo y rectangular respectivamente, se aprecia conforme aumenta la velocidad de excitación como se incrementa las fuerzas de extensión pero el punto más destacable del comportamiento es que vuelve a presentarse en este amortiguador una súbita caída de la fuerza de amortiguación en la misma zona de la probeta 1 que corresponde

a la apertura de la válvula por causa de la presión que se genera en la cámara y que se abre cuando sobrepasa el valor de fuerza prefijado por el diseño de la válvula, en las gráficas FD se manifiestan por un cambio en la trayectoria que describen la elipse en la esquina superior izquierda del ciclo de compresión como se indica en los detalle A y B de la figura 28 en los ensayos de 0.6m/s y de 1 m/s, las válvulas soportan muy bien el valor de la presión y se cierran adecuadamente pero se generan un comportamiento no deseado al abrirse y dejar pasar el fluido que causan el fenómeno de cavitación al contener dentro del aceite gases y burbujas de aire que quedan atrapadas o en ciclos la presión de vapor del aceite dentro de la cámara.

En los diagramas FV se puede comprobar en la zona central de las gráficas el comportamiento típico de generación de histéresis en los amortiguadores debido a que no son sistema ideales ya que presentan pérdidas por la iteración de sus partes, un aspecto de mayor importancia es observar el efecto que se produce sobre las trayectorias de las gráficas por la presencia de cavitación fundamentalmente en el ciclo de compresión a altas velocidades de 0.6m/s y 1m/s que poseen una importante generación de histéresis. es preciso destacar que en cuanto funcionamiento de los elementos internos y válvulas del amortiguador en bajas y media velocidades ya que se evidencia en los diagramas FV una muy baja histéresis producida.

Como se puede apreciar en los diagramas FVA en el amortiguador alterno 2 probeta 2 se revela una marcada diferencia en relación a la fuerza de amortiguación lograda en el ciclo de extensión que es la línea inclinada superior con respecto al ciclo de compresión representada por la línea inclinada inferior en los ensayos a altas velocidades de excitación. Además, el efecto de la cavitación provoca que cuando el amortiguador llega al punto central de restauración se disminuya la fuerza de amortiguación que se indica gráficamente con la modificación o cambio de trayectoria logrando menores valores de fuerza, que ocurren por la disipación de energía

luego de la cavitación que modifican el normal funcionamiento de las válvulas sobretodo en la apertura en la compresión.

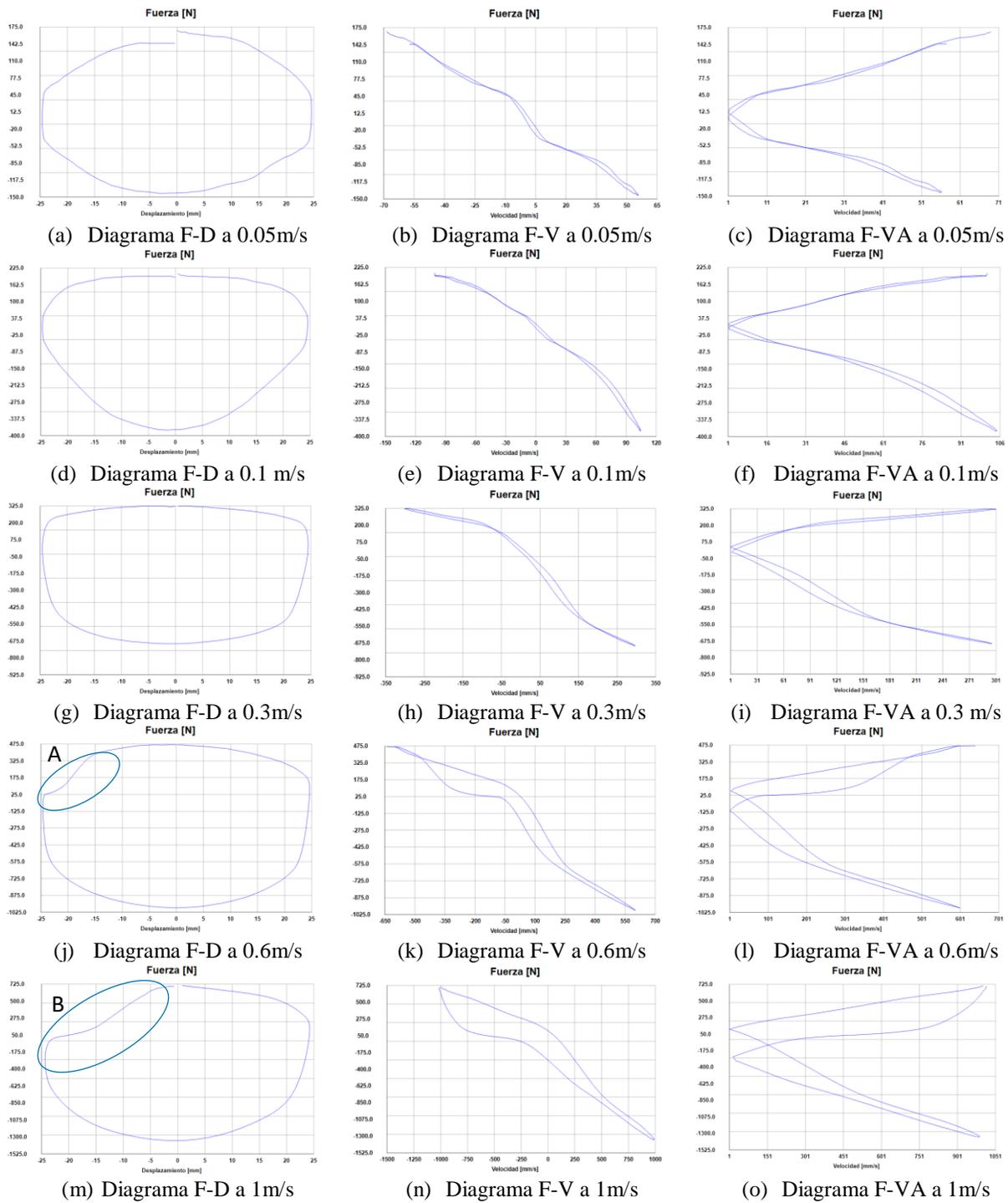


Figura 28. Diagrama característicos amortiguador alterno 2 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas (Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

Se vinculan los valores máximos de simulación de las curvas característicos de los ensayos ejecutados en la tabla 15, y se obtiene que la fuerza máxima de compresión es de 331.28 N y una fuerza máxima de extensión de 698.48 N, evaluadas en la velocidad de estudio de este trabajo correspondiente a 0.3m/s, para el mismo ciclo existe una diferencia generada del 52.57% de la fuerza de amortiguación generada entre la fase de compresión y extensión, también el elemento presenta una ligera variación de temperatura siendo el gradiente máximo de 0.5°C que se repite en tres de las cinco pruebas de ensayo. Los rangos de velocidad guardan consistencia con los registrados en los ensayos anteriores con la característica de presentar valores más bajos en la compresión.

Tabla 15.

Resultados de amortiguador alterno2 probeta 2 con velocidad fija

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)
EAA 02-2.50	50	0.32	21.00	50.11	167.64	147.68	57.01	55.79	21.50
EAA 02-2.100	100	0.64	21.00	50.15	203.56	383.17	100.41	104.68	21.50
EAA 02-2.300	300	1.91	21.00	50.11	331.28	698.48	300.33	297.01	21.50
EAA 02-2.600	600	3.82	22.00	50.15	470.98	989.84	598.14	601.25	21.70
EAA 02-2.1000	1000	6.37	22.00	50.19	706.46	1361.04	1001.61	996.85	22.30

Prueba de amortiguador alterno2 probeta 2 con velocidad del pistón variable

siguiendo los parámetros básicos del procedimiento JASO C611 pero con velocidades de excitación que gradualmente ascienden durante el ensayo desde 0.05m/s hasta alcanzar la velocidad de 1m/s se obtiene los siguientes resultados que se describen a continuación.

En la figura 29 se puede observar en los diagramas FD el comportamiento que describe el amortiguador alterno 2 probeta 2 en donde se genera curvas mucho más suaves que en los ensayos a velocidades fijas, pero con la importante característica de que en el ciclo de compresión existe una ligera presencia de cavitación a partir del ensayo de 0.6m/s, el efecto se

incrementa al ser mucho más notorio como se verifica en la última curva exterior en FD que corresponde al ensayo a 1m/s con una rápida caída en la fuerza de amortiguación en el ciclo de compresión. La cavitación se evidencia también en la curva FV con una marcada área de histéresis que corresponde a la parte central de curva, en los ensayos de alta velocidad se observa un súbito incremento de esta región.

Para confirmar el efecto perjudicial de la cavitación en la generación y trabajo del amortiguador en las curvas FVA se aprecia una no linealidad pero que es deseable en los ciclos de alta velocidad, lo cual indica la pérdida de fuerza en la amortiguación al describirse curvas inferiores y no superpuestas que son consecuencia a criterio del autor por la inercia del gas por ello incluso se obtiene fuerzas que son menores a las fuerzas con que se inicia todo el ciclo antes de abrirse las válvulas del amortiguador.

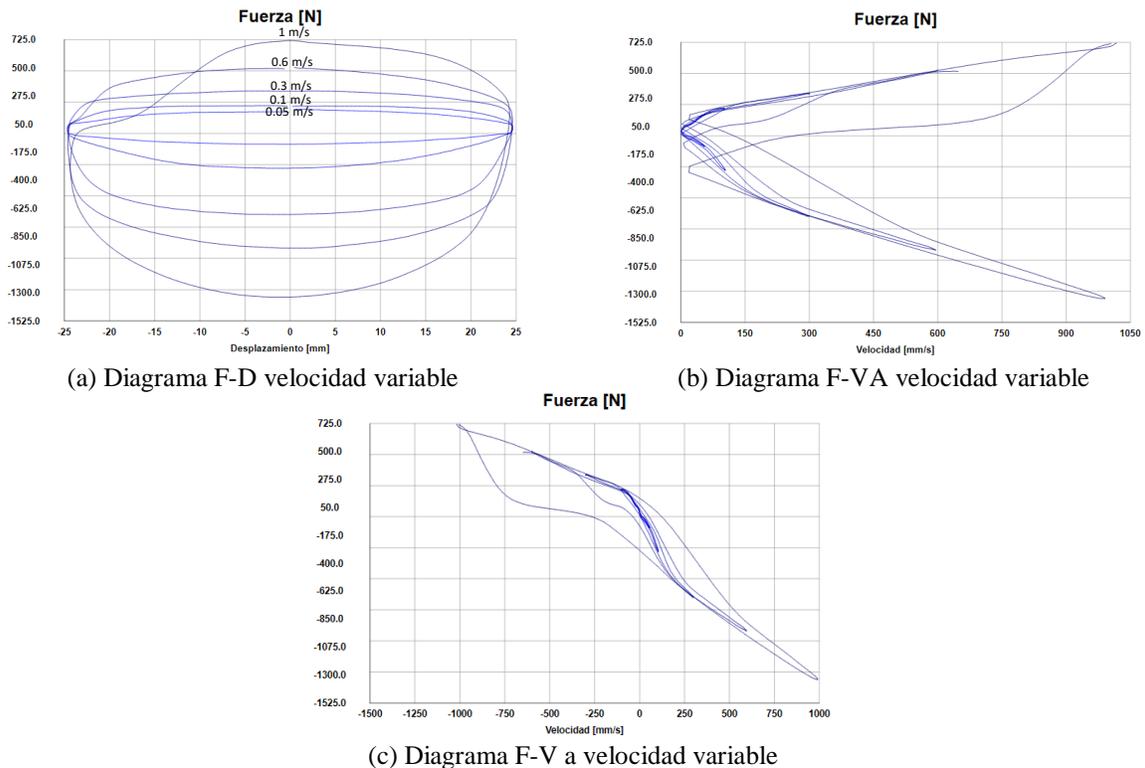


Figura 29. Diagrama característicos amortiguador alterno 2 probeta 2 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) y fuerza vs velocidad (c) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s) (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

En la tabla 16 se resumen los valores de la fuerza de amortiguación registra en los diagramas, así al comparar con respecto al ensayo con velocidades fijas se detecta una creciente diferencia en las curvas a medida que la velocidad de amortiguación aumenta llegando a alcanzar una diferencia entre el ciclo de compresión y extensión para un mismo ciclo del 52.94% a 0.3m/s, puesto que la fuerza generada en compresión es de 319.3N y la fuerza encontrada en extensión de 678.52N Además estos valores implican una reducción de amortiguamiento en la fuerza de 3.61% en compresión y para la extensión también una reducción correspondiente al 2.86% En cuanto a las velocidades en compresión y extensión se guarda una estrecha relación, sin marcarse una diferencia sustancial, por otra parte con respecto a la temperatura registrada, se miden incrementos de 0.4°C llegando a un máximo de 21.6°C en el ciclo correspondiente a velocidad de excitación de 1 m/s.

Tabla 16.

Resultados de amortiguador alterno 2 probeta 2 a velocidad variable

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)
	50	0.32		50.15	167.63	115.75	56.81	55.18	21.4
	100	0.64		50.15	199.57	311.32	101.43	104.06	21.4
EAA 02-2.V	300	1.91	21.00	50.15	319.3	678.52	300.8	299.73	21.4
	600	3.82		50.15	502.9	949.93	598.79	597.61	21.4
	1000	6.37		50.15	718.44	1349.06	1005.12	1001.36	21.6

Resultados de ensayo de durabilidad

Para la evaluación de durabilidad se toman los datos conseguidos en los ensayos de caracterización, obtenidas en las distintas pruebas y se calcula el valor medio de las mismas. Después se recopilan los resultados que se obtienen luego de someter a los amortiguadores al ensayo de durabilidad que se rigen por la norma JASO C611, bajo una consideración prefijada de falla, que para fines de este estudio se considera se encuentre fugas de aceite en una de estas

marcas, para su posterior comparación entre marcas bajo un mismo número de ciclos de excitación, teniendo en cuenta que el ensayo se ve limitado por el control de estabilidad de temperatura en los amortiguadores, se consiguió determinar este tipo de falla a los 1500 ciclos de prueba a una velocidad de excitación de 750mm/s con una carrera de 50mm.

Resultados de amortiguador nacional sometido a durabilidad

En la figura 30 se observa en el diagrama FD que el amortiguador reacciona muy bien por cuanto las curvas que se generan luego de la prueba de durabilidad no presentan ningún tipo de perturbación o fallas en la válvula de amortiguador que provoquen bajas valores en las fuerzas de amortiguamiento. Además en referencia al diagrama FV se puede distinguir que el área central de estas figuras es pequeña, esto corresponde a la baja generación de histéresis del amortiguador, gráficamente el amortiguador muestra características excepcionales que confirman un adecuado funcionamiento de los elementos internos del amortiguador, otro rasgo importante en los diagramas FV se debe a la fuerza de amortiguación que se configura en un comportamiento con una tendencia lineal y que pese a ser creciente a la variación de la velocidad de excitación se genera este crecimiento conforme a una misma pendiente o muy próxima a ella.

Este amortiguador luego del ensayo de durabilidad presentó un excelente desempeño a la falla preestablecida describiendo curvas características similares a las obtenidas antes de la prueba de durabilidad con muy baja variación en el comportamiento como se puede afirmar en sus curvas elípticas, además no existe indicios de presencia del fenómeno de cavitación, o daños de válvulas internas que como consecuencia se modifique y afecte las trayectorias de las curvas características.

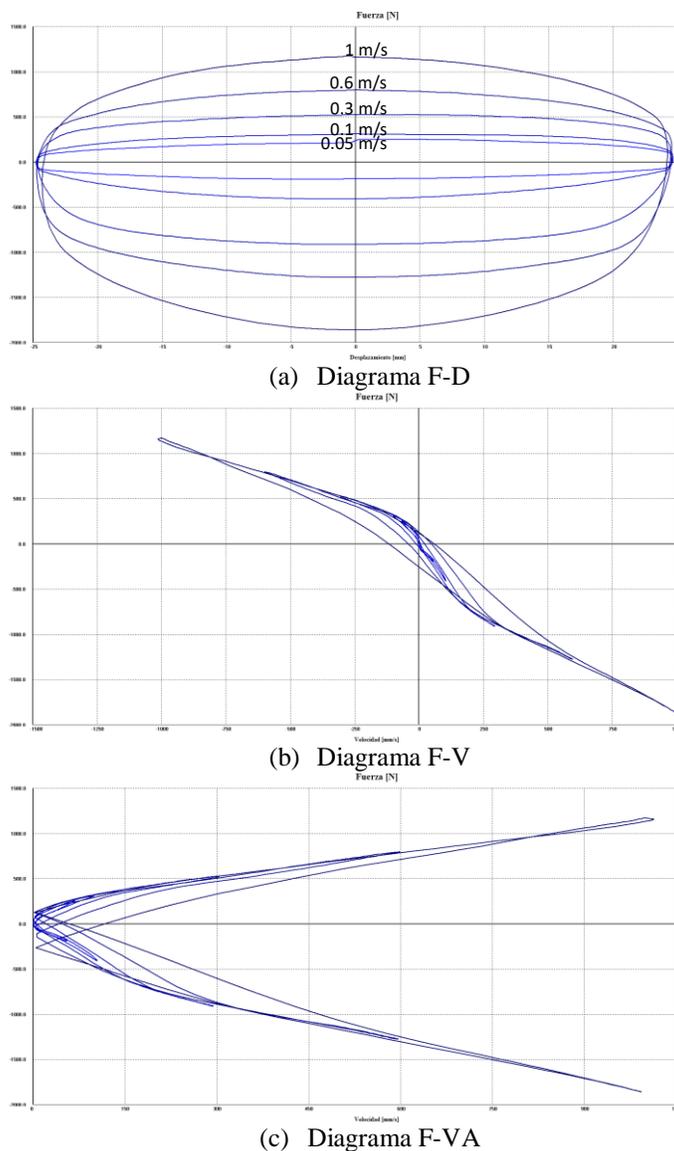


Figura 30. Curvas características amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad a velocidades de 0.05mm/s,0.1m/s,0.3m/s,0.6m/s y 1m/s.

En la tabla 17 se ordenan los datos que se obtiene de los diagramas característicos, de tal manera que se resalta los máximos valores alcanzados en cada ciclo, entonces se encuentra que el gradiente de temperatura aumenta y que es relativamente superior al logrado antes del ensayo de durabilidad, cuyo incremento es de más de 2°C . En el ensayo de control objeto de esta tesis a 0.3m/s la fuerza de extensión es alta con un valor de 921.19 N y de 530.84N en el ciclo de

compresión al compararse con los valores antes del ensayo de durabilidad porcentualmente en el amortiguador se registra una disminución del 8.41% para el ciclo de extensión, a su vez no se registra disminución en el ciclo de compresión al conseguir todavía el mismo valor inicial, ya de manera general en los ensayos de baja velocidad se generan similares fuerzas en compresión como en extensión, sin embargo, con respecto a la fuerza en el ciclo de compresión y extensión en el primer ensayo de 0.05m/s se produce un aumento de fuerza en el amortiguamiento que nos indica que el amortiguador después del ensayo de durabilidad tiende a rigidizarse, y que revela una baja afectación en los elementos del flujo de aceite ya que no se modifican estos valores pero que no la afectan de manera considerable a pesar de que en los ciclos posteriores se nota un decremento en la fuerza de amortiguamiento.

Tabla 17.

Resultados amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad

N° 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)
EAA 02-2.V	50	0.32	20.00	50.30	251.45	191.58	56.38	55.26	22.30
	100	0.64		50.30	311.32	415.09	99.14	104.92	22.40
	300	1.91		50.30	530.84	921.99	303.05	294.94	22.50
	600	3.82		50.30	802.25	1281.21	598.38	598.00	22.50
	1000	6.37		50.30	1173.45	1879.91	994.51	1002.84	22.50

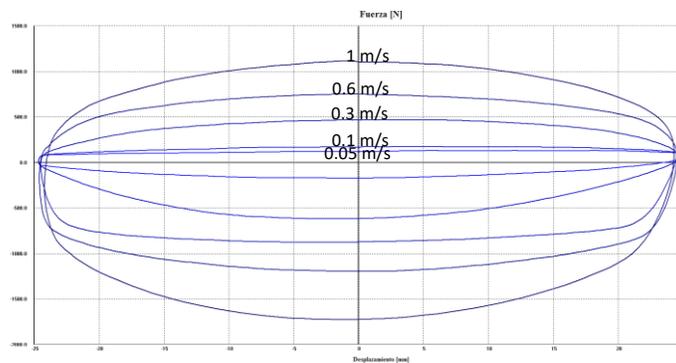
Resultados de amortiguador alterno 1 después de la prueba de durabilidad

En la figura 31 puede apreciarse los diagramas después del ensayo de durabilidad, en el amortiguador presenta curvas características de comportamiento dinámico aun funcionales y muy similares a las obtenidas antes de la prueba de durabilidad, que indican la robustez de los elementos que configuran el manejo del flujo de aceite por las diferentes cámaras, no se nota indicios de cavitación, al no encontrarse perturbaciones en la trayectoria típica por estos elementos en los diagramas FD, por lo que sus válvulas se encuentran sin averías, la curvas

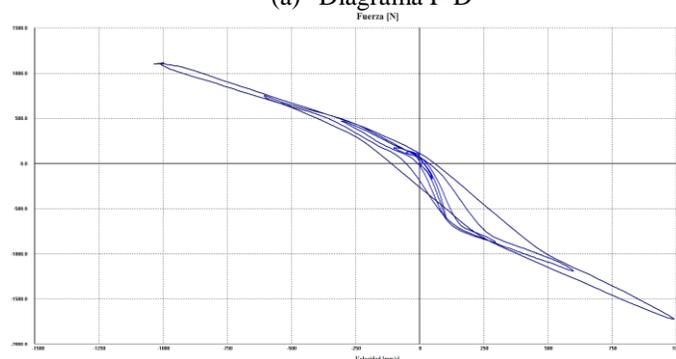
denotan que el amortiguador aun realiza un adecuado funcionamiento en cuanto a las prestaciones que brinda.

Se puede apreciar en los diagramas FV en cuanto a la histéresis, que se distingue por el área central limitada por las curvas que son bajas y que representan las pérdidas de la fuerza de amortiguamiento que en el diseño se intenta minimizarlas y que para el amortiguador alterno 1 no son afectadas significativamente, salvo el caso de que la curva a 1m/s que es la curva más grande y exterior en FV donde si existe una histéresis sustancial y difiere mucho con respecto a las demás pruebas, esto nos conduce a pensar que los elementos internos de las válvulas ya no reaccionan adecuadamente a velocidades de excitación muy altas.

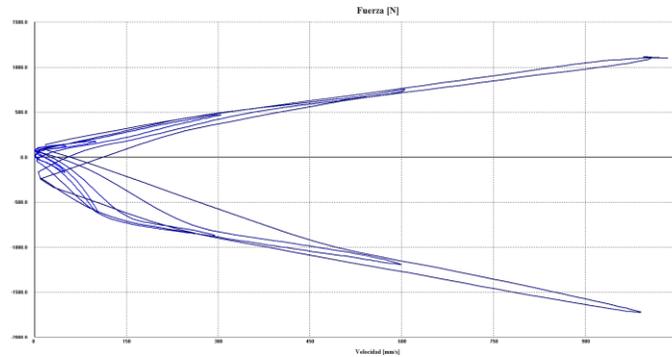
También en los diagramas FVA se confirma la correspondencia en el comportamiento similar conforme aumentan las velocidades de prueba y se refleja una doble línea en los ciclos de alta velocidad que son manifestaciones de la histéresis pronunciada en estos rangos de excitación.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V



(c) Diagrama F-VA

Figura 31. Curvas características amortiguador alternativo 1 después del ensayo de durabilidad a velocidades fijas de 0.05mm/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1m/s

En la tabla 18 se puede apreciar los resultados cuantitativos obtenidos por el amortiguador y se indican las fuerzas máximas presentes para cada una de las velocidades de excitación, de manera general en todos los ciclos se presenta poca disminución en los valores de fuerza de extensión y compresión, que no inducen a ningún tipo de afectación interna sufrida luego del ensayo.

Por otro lado, en cuanto a los valores obtenidos en el ciclo de estudio al compararlo con los conseguidos antes del ensayo de durabilidad se muestra en el ciclo de compresión una disminución en el valor de la fuerza con 466.98N que corresponde a un 8.23% de diferencia así mismo en el ciclo de extensión se presenta esta característica disminuyendo la fuerza a 882.08N que corresponden a el 4.54% de diferencia.

No se aprecia un sustancial incremento de temperatura, considerándola relativamente similar a los alcanzados antes del ensayo de durabilidad que por lo tanto demuestran las altas prestaciones de servicio en el funcionamiento de este amortiguador alternativo 1 porque sus valores de trabajo aún siguen marcando valores similares y no presentar comportamientos inusuales cuando se revisaron las gráficas, sin daños que afecten las prestaciones y por ende la generación de fuerzas de amortiguamiento así también no se presentó indicios de cavitación.

Tabla 18.

Resultados de amortiguador alterno 1 después del ensayo de durabilidad

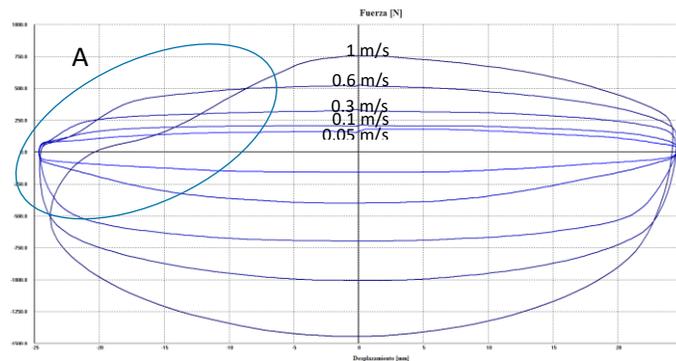
N° de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador (°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temperatura Mediana (°C)
EAA 02-2.V	50	0.32	20.00	50.15	131.71	175.62	50.69	49.81	20.60
	100	0.64		50.15	179.61	622.64	99.81	104.18	20.70
	300	1.91		50.15	466.98	882.08	303.36	295.43	20.80
	600	3.82		50.15	754.36	1205.38	602.54	601.27	20.80
	1000	6.37		50.15	1117.57	1748.20	996.05	1001.91	21.10

Resultados de amortiguador alterno 2 después de la prueba de durabilidad

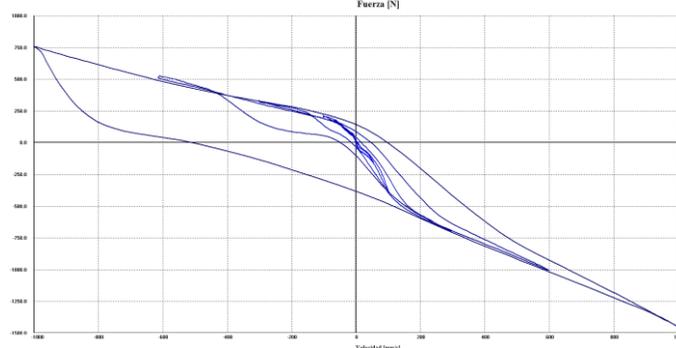
En la figura 31 se verifica el comportamiento del amortiguador en sus curvas características después de la prueba de durabilidad bajo los parámetros dictados por JASO C611, En el diagramas FD se encuentra que se generan curvas apreciablemente menores y mucho más irregulares e inusuales en las trayectorias esperadas, de ellas se recogen las principales características, en la cual la presencia del fenómeno de cavitación es más profundo creando en el ciclo de mayor excitación una marcada influencia en la geometría elíptica deseada para un amortiguador esto se distingue en el detalle A de la figura 31, ya que al activarse las válvulas de mayor flujo de aceite en la carrera de compresión existe una súbita caída en la fuerza amortiguamiento, por el colapso de las burbujas de gas y aire atrapados en el aceite produciendo un funcionamiento errático en ese instante del ciclo, consecuentemente al no describir la trayectoria normal y elíptica la generación de la fuerza serían recogidas por la suspensión y carrocería.

En cuanto a la gráfica FV a bajas velocidades se aprecia sobretodo en la carrera inicial de compresión del amortiguador que concierne a la parte superior de estas curvas la presencia de una relación casi lineal, y que es conveniente se realice de esta manera, pero después de desarrollar la máxima velocidad al pasar por la mitad de su carrera aquellas válvulas y flujos de

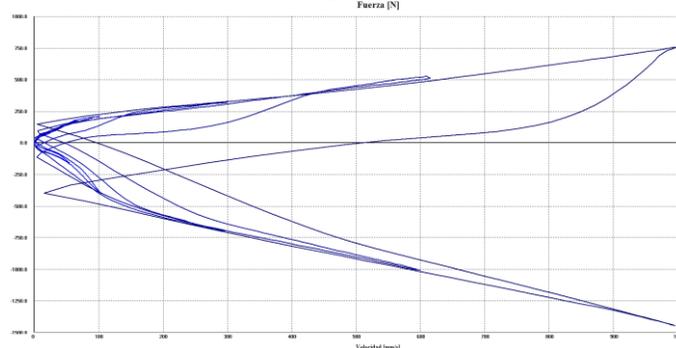
paso del aceite dentro del amortiguador generan gran histéresis y como consecuencia principal bajas fuerzas de amortiguación, todo esto como producto de la cavitación en estos autopartes sin embargo esta desaparece justo antes invertir la dirección del desplazamiento como se observa en la curva más grande que corresponde a la velocidad de excitación de 1m/s y la válvulas presentan una resistencia aunque menor para el amortiguamiento, esto afectación implican que se genere un comportamiento no deseado del amortiguador.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V



(b) Diagrama F-VA

Figura 32. Curvas características amortiguador nacional después del ensayo de durabilidad a velocidades de 0.05mm/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1m/s

En la tabla 19 se muestran valores cuantitativos de los resultados logrados por el amortiguador después del ensayo de durabilidad, en donde se aprecia una disminución del 2.98% en el valor de la fuerza generada con 335.27N en el ciclo de compresión, medido en el ensayo de interés objeto de este estudio a 0.3m/s para fines comparativos bajo norma, también de manera similar en el ciclo de extensión existe una disminución del 3.30% con una fuerza de 702.47N, las velocidades alcanzados indican similitud en compresión y extensión también se verifica que la temperatura alcanzada se incrementa en un gradiente de alrededor del 0.7 °C.

La variación en cuanto a la simetría que debe guardar el amortiguador es remarcable el ejemplo para el caso de mayor excitación a 1 m/s es la fuerza que se desarrolla en el amortiguador en compresión de 758.35N y en el ciclo de extensión de 1461.81N que porcentualmente implican una diferencia del 48.12%.

Tabla 19.

Resultados de amortiguador alterno 1 después del ensayo de durabilidad

N° 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)
	50	0.32		50.15	179.61	159.65	50.55	55.11	19.70
	100	0.64		50.15	215.53	403.12	101.05	104.46	19.70
EAA 02-1.D.V.AF.1	300	1.91	19	50.15	335.27	702.47	300.04	297.06	19.70
	600	3.82		50.15	526.85	1009.80	599.57	601.83	19.70
	1000	6.37		50.15	758.35	1461.81	995.91	1004.61	19.80

Resultados de Validación de datos de amortiguadores

Ahora antes de realizar una comparación entre las diferentes marcas se procede a validar los resultados ensayados, para ello se comparan los resultados de las dos probetas de la misma maraca no obstante para no desviar nuestra atención por la inmensa cantidad de datos se indican los resultados que se enfocan en el ensayo objeto de análisis bajo Norma Jaso C611 que

corresponde a la velocidad de excitación de 0.3m/s, en la tabla 20 se aprecian los valores de los amortiguadores en los ciclos de compresión y extensión.

Para propósitos de este trabajo se considera aceptable el error máximo 10.20% sin embargo los demás errores son adecuados por el bajo índice porcentual.

Tabla 20
Validación de amortiguadores

Amortiguador	Ciclo	Probeta 1	Probeta 2	Valor Medio	Error %
Alterno 1	extensión	945.94	902.04	923.99	4.75
	compresión	482.95	534.84	508.895	10.20
Alterno 2	extensión	754.36	698.48	726.42	7.69
	compresión	319.31	331.28	325.295	3.68
Nacional	extensión	1013.79	997.83	1005.81	1.59
	compresión	530.84	530.84	530.84	0.00

Fuerza de amortiguamiento medido en Newtons [N] con una velocidad de excitación de 0.3 m/s

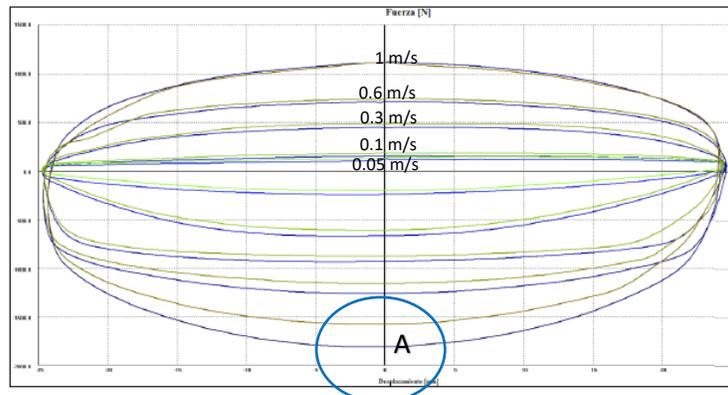
Resultados de evaluación de la conformidad

Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador alterno 1

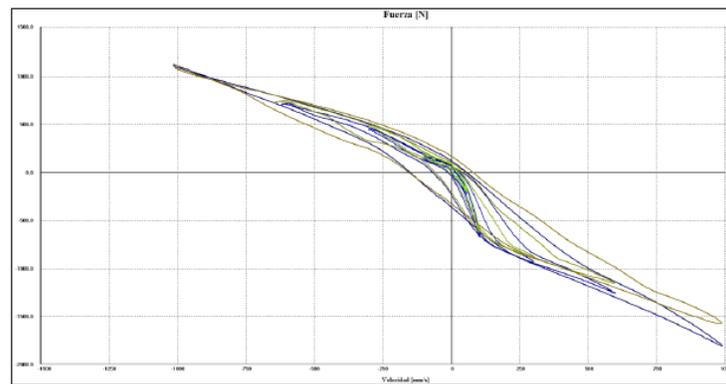
En la figura 33 en el diagrama FD se puede observar el montaje de las curvas de las dos probetas y visualizar su correspondencia en cuanto al comportamiento característico de los amortiguadores de la misma marca, existe una sobre posición de los diagramas de estas probetas, teniendo una diferencia máxima del 2% en la fuerza de compresión correspondiente a la curva de color verde que se ensaya a una velocidad de 1m/s y que se encuentran en la zona superior más externa así mismo se aprecia la diferencia en el ciclo de extensión como se observa el detalle A de la figura 33 con un 14.19% en cuanto al máximo alcanzable en la prueba de 1m/s.

También se presenta los diagramas comparativos fuerza vs velocidad y fuerza vs velocidad absoluta de las probetas 1 y 2 del amortiguador alterno 1, y se observa que el comportamiento que describen en función de las fuerzas de amortiguación tienden a generar el mismo comportamiento y que son coincidentes en muchos tramos, sin embargo se genera histéresis

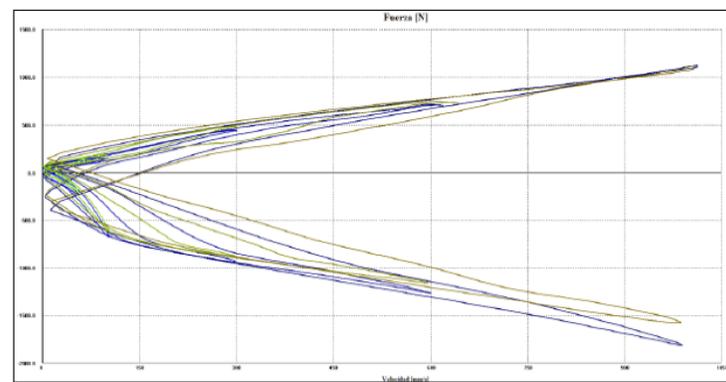
similares en cada velocidad de excitación de manera general en muchos tramos de las gráficas existe coincidencia y sobreposición de curvas.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V



(c) Diagrama F-VA

Figura 33. Diagrama comparativo FD, FV y FVA del amortiguador alterno 1 probeta 1 y 2 a velocidad fija con 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s (Fuente: CFPMCT)

Ahora en las tablas 20 y 21 se indican los rangos de fuerza de amortiguamiento que se debe obtener en los elementos ensayados, que rige la norma Jaso C611 bajo la velocidad de 0.3m/s, de ahí que en la extensión en la probeta 1 y 2 se registró una fuerza de 945.94 N y 902.04 N respectivamente con un error de 4.75%. y para el rango de la compresión la fuerza alcanzada por la probeta 1 es de 482.95N y la probeta 2 es de 534.84N con un error de 10.20%. Por lo que se considera a los amortiguadores en base a la observación de los diagramas en cada frecuencia y dentro del rango de control de fuerza de amortiguamiento si existe conformidad en el producto ensayado como se verifica representados estos valores en las tablas 21 y 22 en donde se aprecia la fuerza de amortiguamiento en extensión y compresión respectivamente.

Tabla 21

Rango de fuerza de amortiguamiento alterno I(extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s

Diámetro exterior del vástago (mm)	Fuerza de amortiguamiento (N)														
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
16	■														
18	■														
20	■		■												
22	■			■											
25	■				■										

Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul)

Tabla 22.

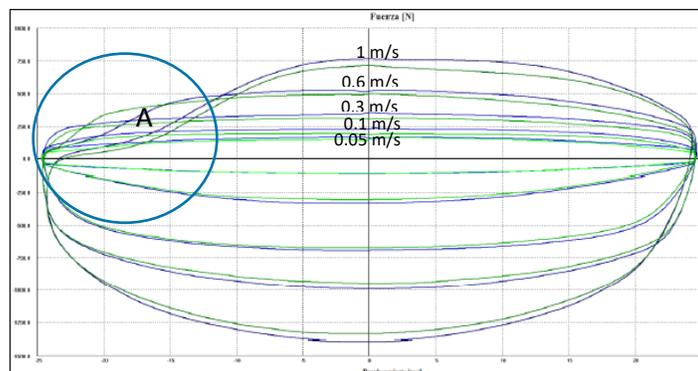
Rango de fuerza de amortiguamiento alterno I(compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s

Diámetro exterior del vástago (mm)	Fuerza de amortiguamiento (N)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
16	■									
18	■									
20	■				■	■				
22	■			■						
25	■			■						

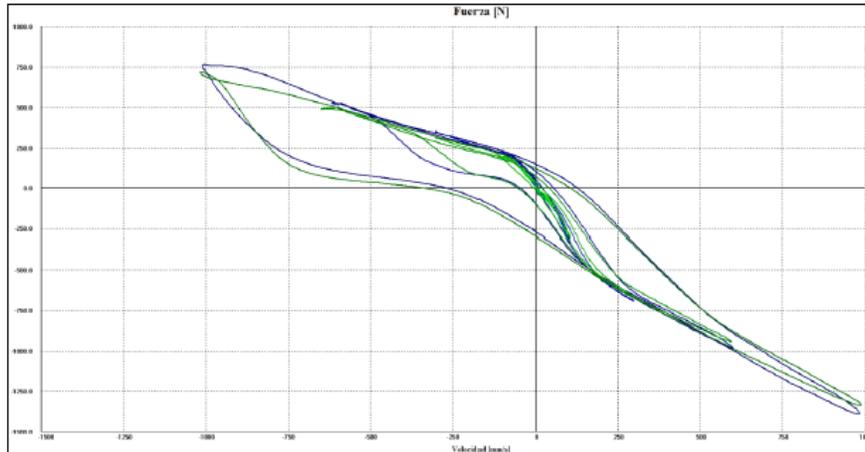
Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul)

Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador Alterno 2

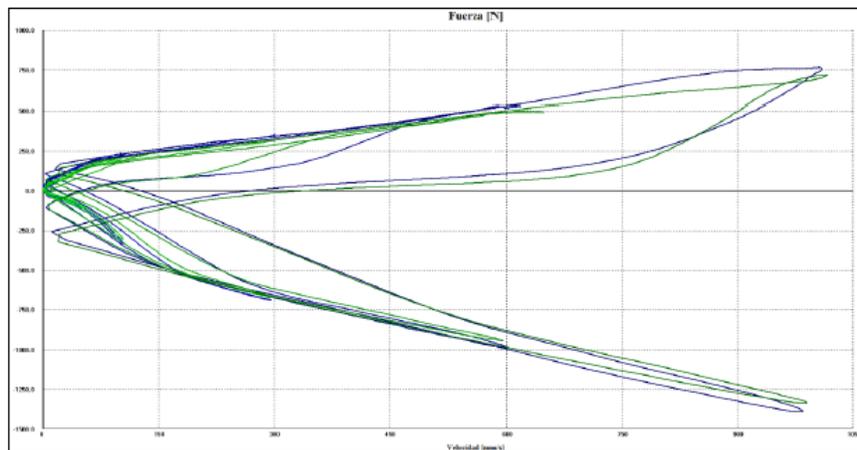
En la figura 34 en los diagramas FD se muestra el comportamiento del amortiguador alterno 2 después de ensayadas las 2 probetas de esta marca, se analiza la superposición de las trayectorias generados por los elementos, en los que se observan curvas en cuanto con formas muy similares en ambos casos, se distinguen dos colores cada color corresponde a una probeta diferente así la curva de color verde representa la probeta 2 y la curva de color negro la probeta 1, se observa una diferencia en el valor de la fuerza de amortiguamiento en extensión del 6.32%, también en el ciclo de compresión existe una importante diferencia que representa el 3.18% ,los datos porcentuales son evaluados en las curvas con mayor diferencia, sin embargo las dos probetas se ajustan al mismo comportamiento pues las gráficas obtenidas son similares. También la característica más relevante es la presencia del fenómeno de cavitación en la válvula de compresión que se manifiesta gráficamente por la súbita variación en l trayectoria y que conlleva a una rápida disminución en la fuerza en función del desplazamiento del pistón del amortiguador como se observa en el detalle A de la figura 33. En los ciclos 0.6 y 1m/s se generan mayores presiones en el gas y la presión de vapor en el aceite se forman estas burbujas que son atrapadas en el aceite y que colapsan generando este fenómeno que modifica la trayectoria de la curva.



(a) Diagrama FD



(b) Diagrama FV



(c) Diagrama FVA

Figura 34. Diagrama comparativo FD, FV y FVA amortiguador alternativo 2 probeta 1 y 2 a velocidad fija de 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s

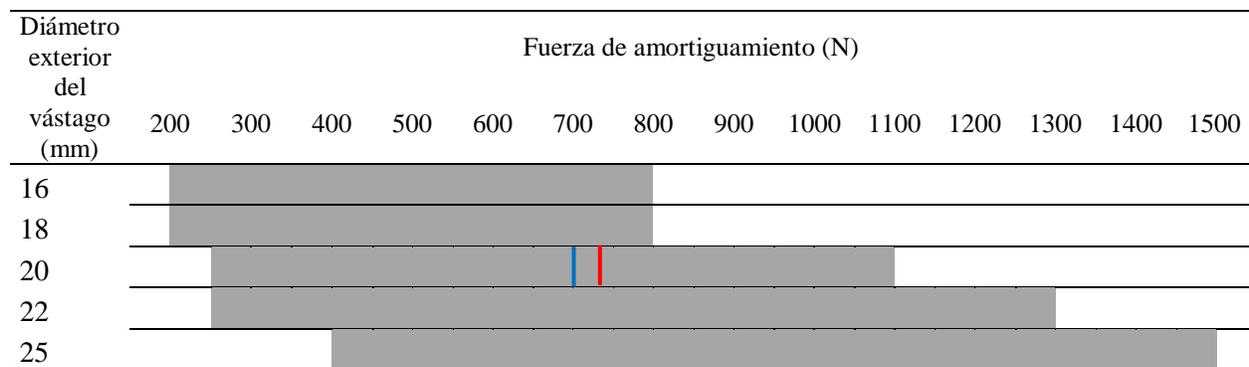
En las tablas 22 y 23 se representan los valores de fuerza de amortiguamiento generados en las dos probetas, que de manera específica en el ciclo de extensión la probeta 1 se registra una fuerza de 754.36N y de 698.48N en la probeta número 2, se obtiene por tanto un error del 7.69% para el ciclo de compresión, igualmente en compresión se tiene una fuerza de 319.31N y 331.28N para la probeta 1 y 2 respectivamente, con un error de 3.68% ,estos valores se encuentra

dentro del rango estipulado bajo norma Jaso C611 y dentro del margen de tolerancia del 13% para la extensión y para la compresión del 16% como se indican las tablas mencionadas.

El amortiguador presenta en las dos probetas un comportamiento similar en la descripción de sus curvas, además, los resultados de la fuerza de amortiguamiento al encontrarse dentro del rango estipulado por la norma se confirman la conformidad de esta autoparte previsto por Jaso C611.

Tabla 23

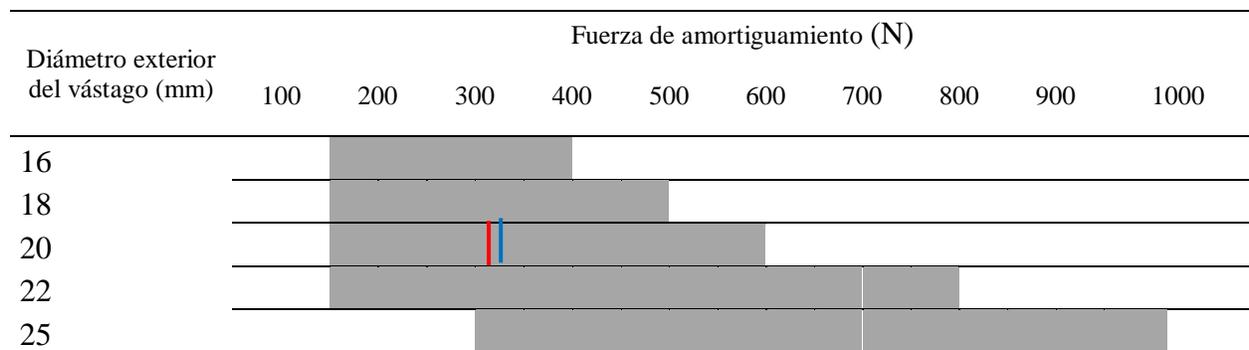
Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 2(extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s



Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul).

Tabla 24.

Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 2(compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s

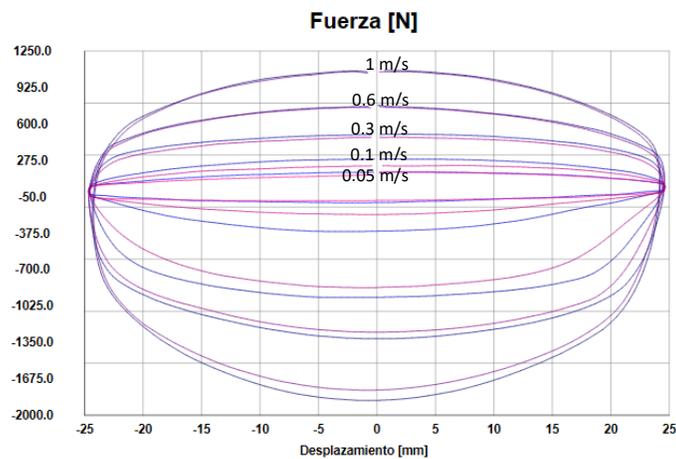


Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul).

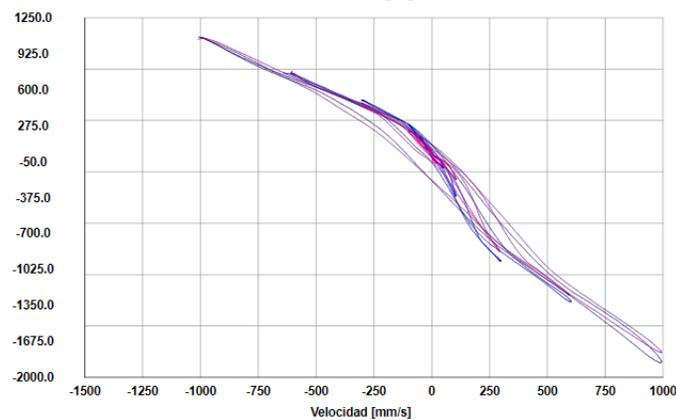
Resultados de evaluación de conformidad del amortiguador Nacional 1

En la figura 35 se aprecia el comportamiento del amortiguador nacional en las probetas ensayas, en las curvas características FD se puede observar dos colores, la curva violeta

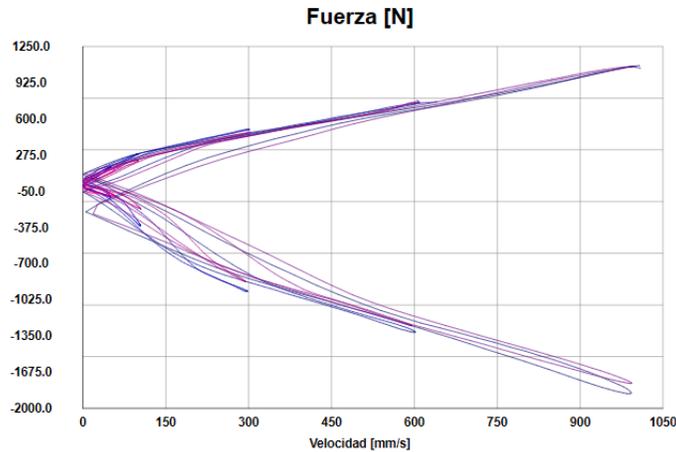
representa la probeta 1 y la gráfica de color azul corresponde a la probeta 2, la semejanza en sus trayectorias descritas es muy marcada, sin embargo se destaca los valores que conllevan mayor diferencia por ejemplo en el segundo ensayo a 0.1m/s en el ciclo de extensión la diferencia de fuerzas máximas es del 3.66%, la máxima diferencia se presenta nuevamente en el ciclo de extensión con una diferencia del 6.31 %, En los diagramas FV es muy importante indicar que la histéresis del amortiguador es baja, este característica es un beneficio operativo en el trabajo del amortiguador de igual manera se observa en la diagrama FVA confirmando esta coincidencia y descartando algún tipo de diferencia relevante, todas las cualidades mencionadas se traducen en un excelente funcionamiento de esta autoparte.



(a) Diagrama FD
Fuerza [N]



(b) Diagrama FV



(c) Diagrama FVA

Figura 35. Diagrama comparativo FD, FV y FVA amortiguador nacional probeta 1 y 2 a velocidad fija con 0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s

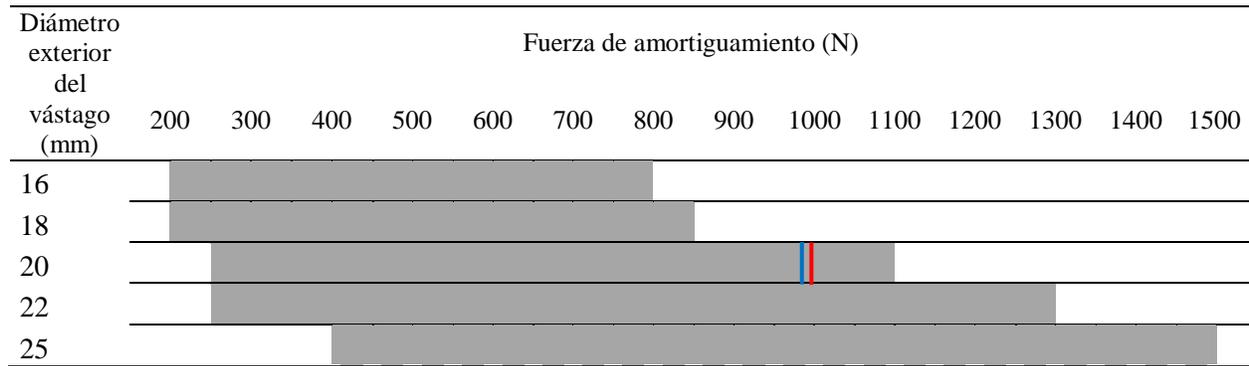
En las tablas 24 y 25 se señalan los valores que se alcanzan en las dos probetas del amortiguador nacional después del ensayo de caracterización dinámica, de manera que en la extensión se obtiene una fuerza de 1005.81N para la primera probeta y de 997.83N para la segunda probeta, con un error de 1.59%, es importante conocer que para el ciclo de compresión se obtuvo el mismo valor de fuerza de 530.84N coincidiendo en las dos probetas con un margen de tolerancia de cero.

Como se puede evidenciar en la figura 35 las curvas son muy similares y se superponen en muchos de los tramos de los diagramas característicos esta baja la diferencia en cuanto a la fuerza de amortiguamiento.

Además, en las tablas 24 y 25 se encuentra marcadas los valores de fuerzas de amortiguación que se presentan de las dos probetas e indican que los elementos están dentro del rango establecido bajo norma Jaso C611. por lo tanto, bajo estas condiciones y características se considera el cabal cumplimiento de la conformidad del producto amortiguador

Tabla 25.

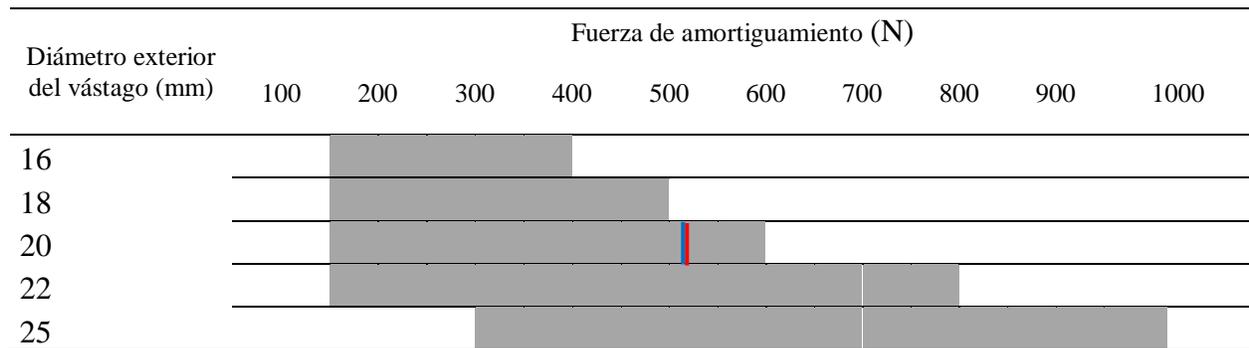
Rango de fuerza de amortiguamiento nacional (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s



Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul)

Tabla 26.

Rango de fuerza de amortiguamiento nacional (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s



Nota: probeta 1 (línea roja), probeta 2 (línea azul).

Resultados de comparación de la valuación de conformidad entre amortiguadores

En la figura 36 se observa un gráfico de barras entre los tres amortiguadores diferentes, que corresponden a las fuerzas de amortiguación en el ciclo de compresión, en él se destaca el amortiguador nacional que desarrolla fuerzas más altas, por lo que en este componente automotriz se tiene un comportamiento más duro en el funcionamiento, no obstante en el último ensayo a velocidad de excitación alta de 1m/s, la válvula que actúa en compresión del amortiguador alterno 1 reacciona de tal manera que se eleva el valor del amortiguamiento, que hace se presente una gran fuerza de 1149.50N en el amortiguamiento, esta característica operativamente le otorga a la suspensión mayor estabilidad sobre la carretera.

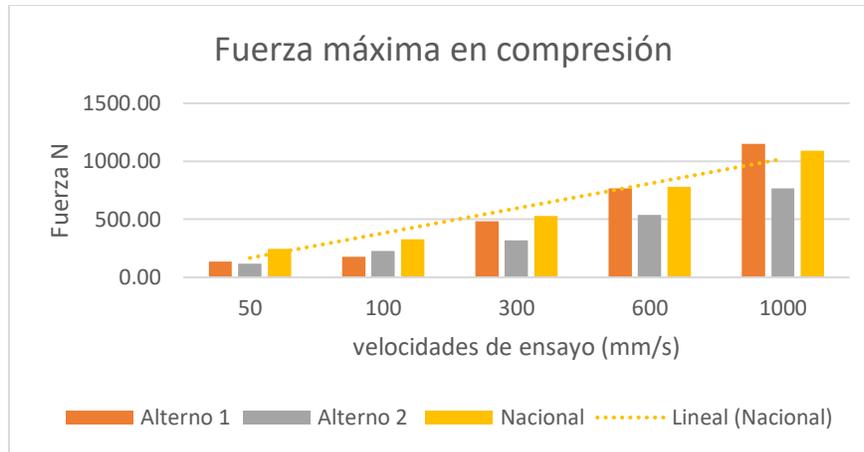


Figura 36. Comparación de fuerza de compresión de amortiguadores alterno1, alterno 2 y nacional a 0.0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s

En la figura 37, se puede observar en el ciclo de extensión que por el contrario en el amortiguador alterno 2 se presenta una fuerza menor a las encontradas con respecto a las otras marcas en cada una de las diferentes velocidades de prueba, una fuerza menor significa que se tiene un amortiguador mucho más blando y que le otorga mayores efectos en cuanto al confort del conductor y ocupantes siendo beneficioso, esta característica se corresponde al criterio pensado en cumplir con disminuir al máximo las vibraciones de la carretera recogidas por las suspensiones que después se entrega a la carrocería.

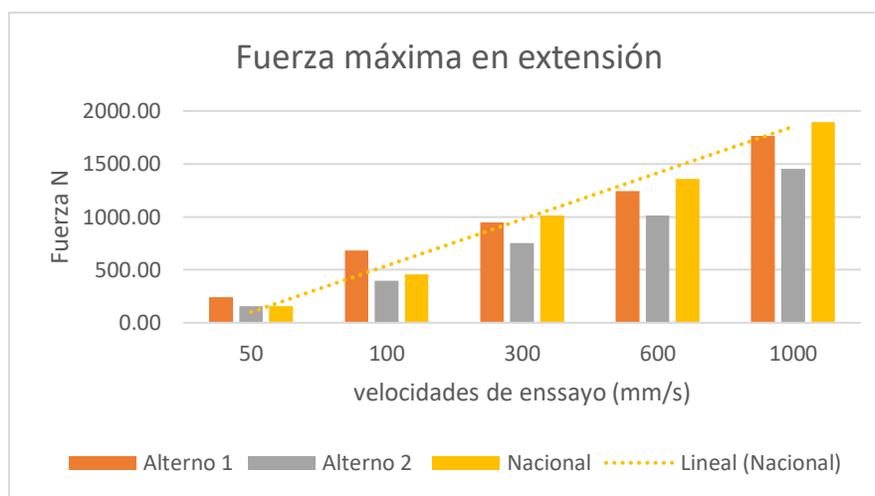
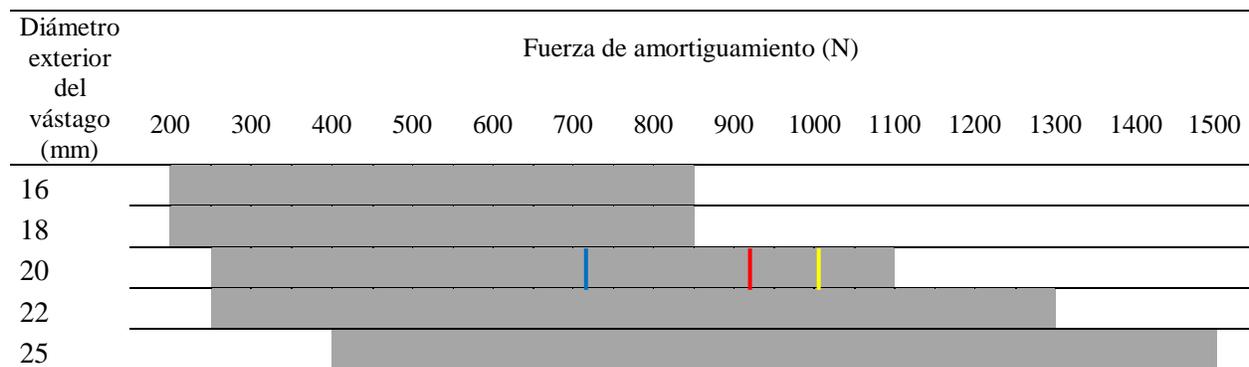


Figura 37. Comparación de fuerzas de extensión en amortiguadores alterno1, alterno 2 y nacional a 0.0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s

En la tabla 26 y 27 se muestran las fuerzas de amortiguamiento que se alcanzan en las tres marcas estos valores permiten posicionar y confirmar que el amortiguador más blando es el Alterno 2, después el componente automotriz con características de comportamiento más duro se corresponde al amortiguador nacional en cuanto a sus prestaciones en el funcionamiento a la velocidad de 0.3m/s conforme a la norma Jaso C611 tanto en los rangos de extensión como en compresión así como se indican en la tablas de la fuerza de amortiguamiento.

Tabla 27.

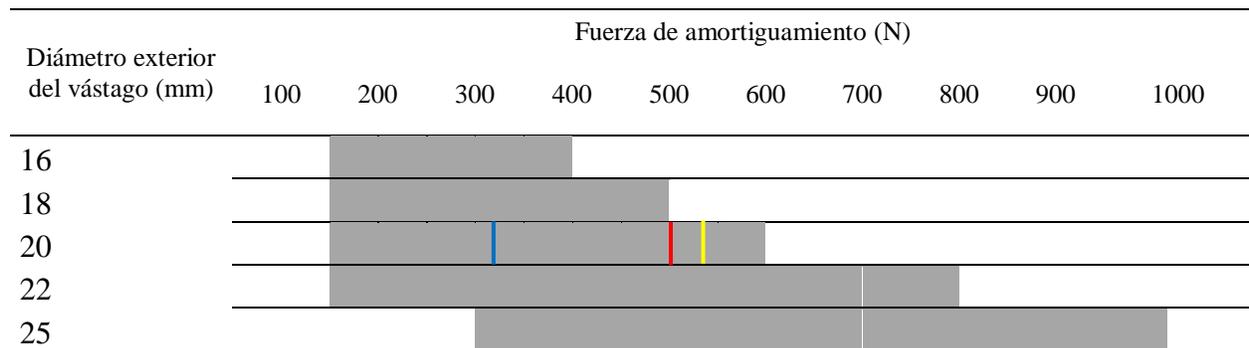
Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1, alterno 2 y nacional (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s



Nota: alterno 1 (línea roja), alterno 2 (línea azul), nacional (línea amarilla)

Tabla 28.

Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1, alterno 2 y nacional (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s



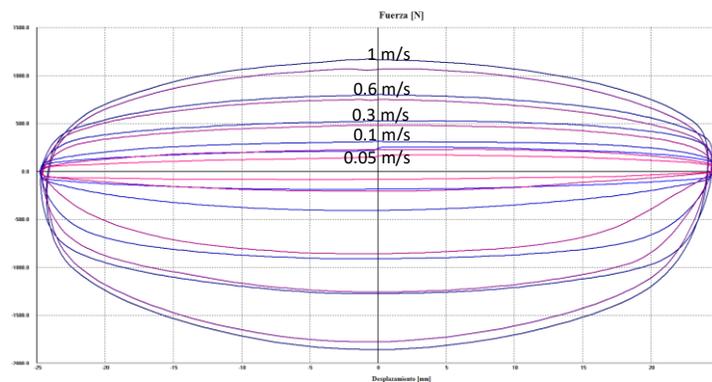
Nota: alterno 1 (línea roja), alterno 2 (línea azul), nacional (línea amarilla)

Resultados de comparación ensayo de durabilidad.

Después de realizados los ensayos de durabilidad acorde a norma JASO C611, en donde las tres marcas de amortiguadores se exponen a prueba hasta que una de ellas presente algún tipo de fuga de aceite, que se configura por ende en el desperfecto de los sellos, la variación en el contenido del aceite del amortiguador, se determinan 1500 ciclos en la cual se produce la falla que se evidencio en el amortiguador alterno 2.

Resultados de comparación de durabilidad del amortiguador alterno 1

En la figura 38 se muestra comparativamente las diferencias graficas de los resultados de desempeño de los dos probetas del amortiguador alterno 1, si redundar en el tema porque sus características fueron analizadas anteriormente, en los diagramas FD , FV y FVA permiten asegurar la congruencia en las prestaciones por medio de una inspección visual y se considera que el trabajo del amortiguador es optimo ya que al volver a realizar el ensayo luego de la prueba de durabilidad en este elemento se presenta una ligera disminución en función de los valores máximos alcanzados, visualmente en el amortiguador no se presentó ningún desperfecto, por el contrario mantiene sus condiciones de funcionamiento intactas como se confirma en los diagramas.



(a) Diagrama F-D

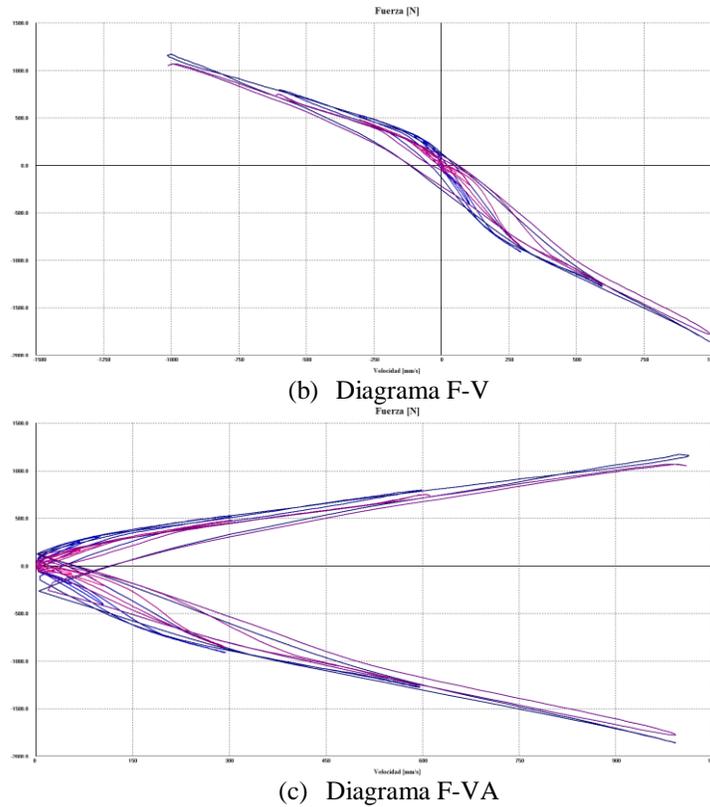


Figura 38. Comparación de amortiguador alterno1 antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s (Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

Resultados de comparación de durabilidad amortiguador alterno 2

En la figura 39 se muestra los diagramas del amortiguador alterno 2, para su inspección visual, para el análisis se sobreponen las curvas características, antes y después de ensayo de durabilidad, para evaluar su condición, el amortiguador presenta un cambio considerable en las fuerzas de amortiguación alcanzados, en los diagramas FD, FV, FVA la línea roja corresponde al comportamiento antes del ensayo y la línea azul describe su comportamiento después del ensayo de durabilidad, así mismo en la gráfica fuerza vs velocidad se aprecia un incremento en la histéresis, que corresponde a la fuga de aceite encontrada. De manera importante la fuga encontrada se manifiesta gráficamente como la disminución de la fuerza en el ciclo de compresión, que es mucho más holgada, y se afectara la configuración de la válvula cuando se

somete de manera brusca a rápidos cambios de fuerza conforme trascurre el tiempo de funcionamiento.

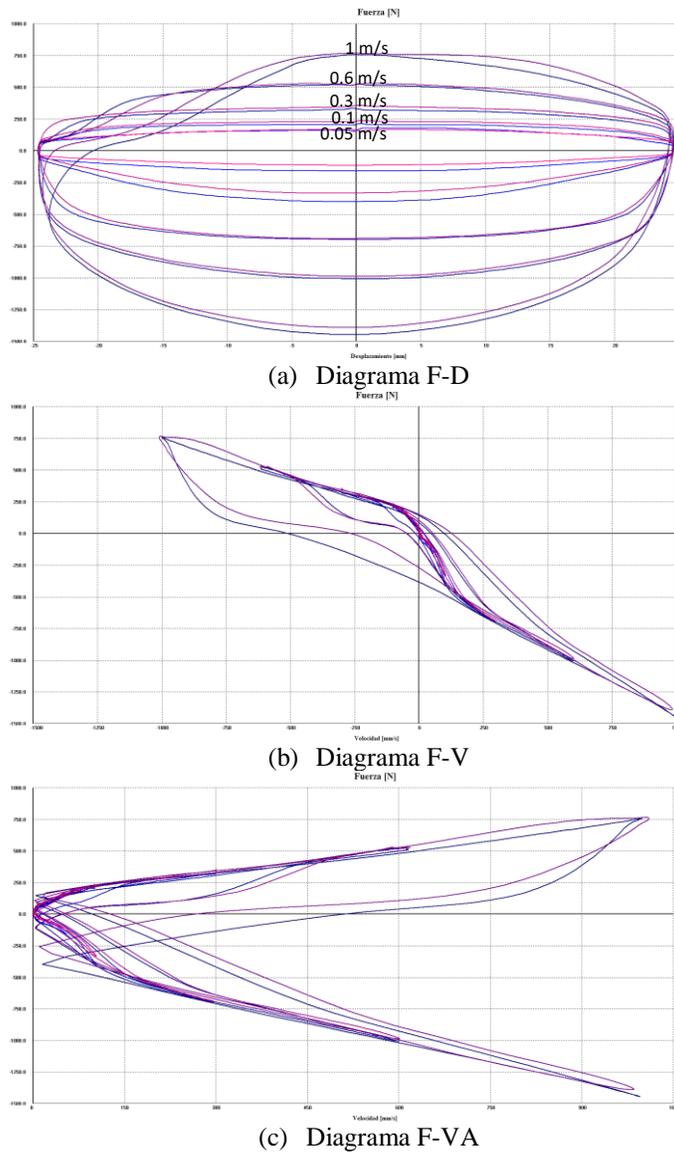
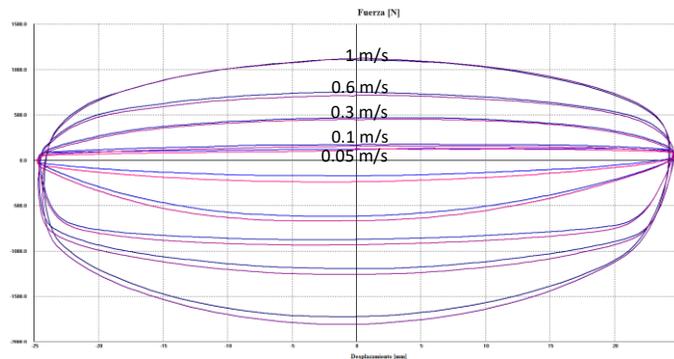


Figura 39. Comparación de amortiguador alterno 2 antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s (Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

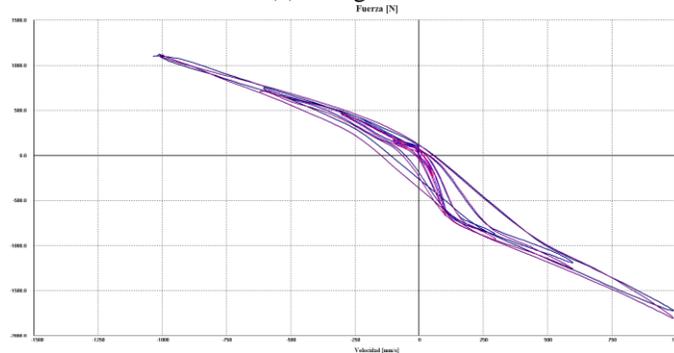
Resultados de comparación de durabilidad amortiguador nacional

Para no confundir en el análisis y redundar en la explicación en la figura 42 se muestra resultados gráficos del amortiguador alterno 2, que son evaluados de manera rápida por

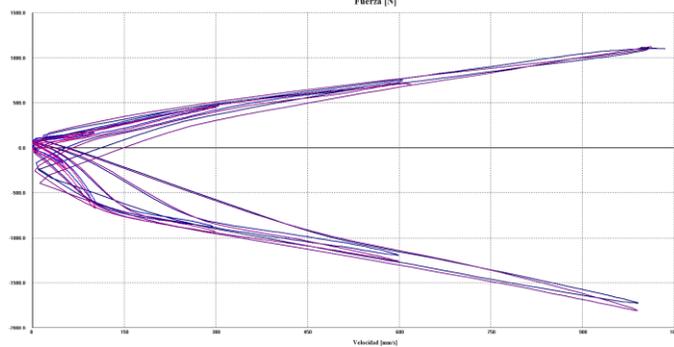
inspección visual controlando su coincidencia o variación en el funcionamiento de estas autopartes en donde se destaca la robustez de los componentes en velocidades de excitación bajas, en la gráfica se puede distinguir que de las curvas generadas antes y después del ensayo de durabilidad es poca la variación desarrollada, es relevante destacar que en el ciclo de velocidad de excitación más baja de 0.05m/s se encuentra que en lugar de disminuir la fuerza de amortiguación existe un aumento, lo cual indica que este amortiguador tiende a rigidizarse.



(a) Diagrama F-D



(b) Diagrama F-V



(c) Diagrama F-VA

Figura 40. Comparación de amortiguador nacional antes y después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s (Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

Resultados de comparación de durabilidad entre amortiguadores

Finalmente en las figuras 41, 42 y 43 luego de sobreponer las curvas características se revisan las tres marcas de amortiguadores después del ensayo de durabilidad, en los diagramas FD se observa similitud entre los amortiguadores nacional y alterno 1, cuando la velocidad del ensayo se incrementa se empieza a marcar una diferencia, de la misma manera al relacionar el comportamiento con el amortiguador alterno 2 se nota una mayor diferencia se puede mencionar entonces que el amortiguador nacional poseen características comparables a nuevas, después el amortiguador alterno 1 posee un destacable comportamiento al no ser un amortiguador que desarrolla fuerzas blandas o muy duras, luego el amortiguador alterno 2 que presenta la válvula de compresión una súbito descenso en la fuerza de compresión, esta descripción y características se afirmaron por Turini y Fioretti (1994) que concluyen que el exceso de aceite puede aumentar la presión interna cuando se expone al calor y para provocar daños en el sello. De tal manera que con la fuga de aceite encontrada en el amortiguador alterno 2 que confirma este hecho, la falla en estos elementos ya no incrementarían la presión interna y por ende se genera una menor fuerza como se verifica gráficamente en las curvas de color violeta en los diagramas FV y FVA.

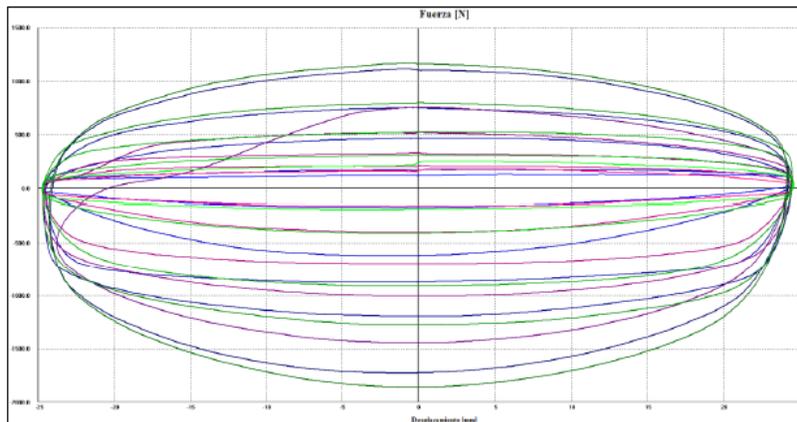


Figura 41. Comparación de amortiguador curva FD alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s

(Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

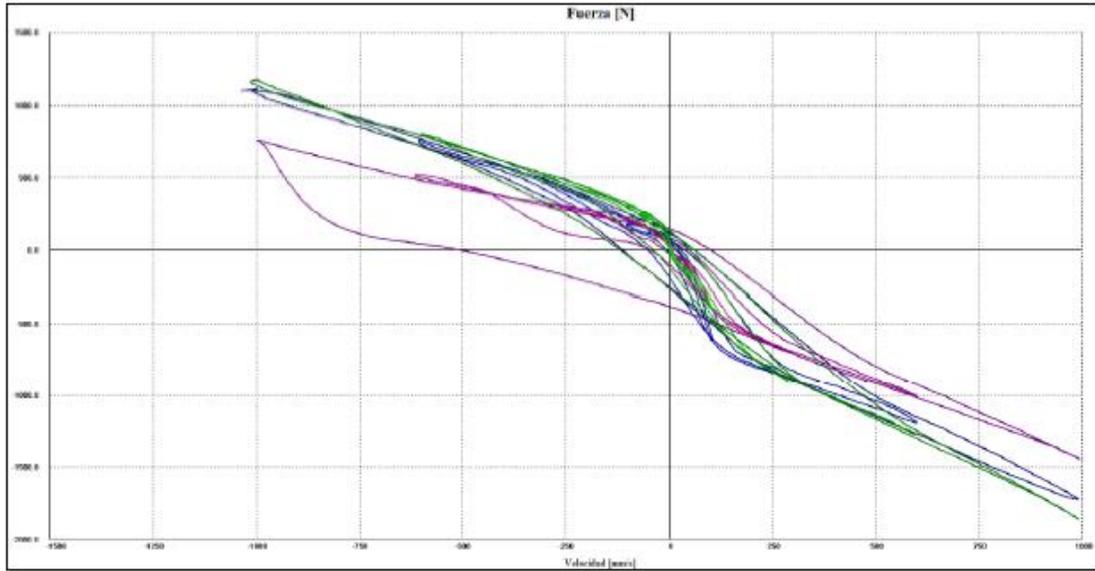


Figura 42. Comparación de amortiguador curva FV alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s
(Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

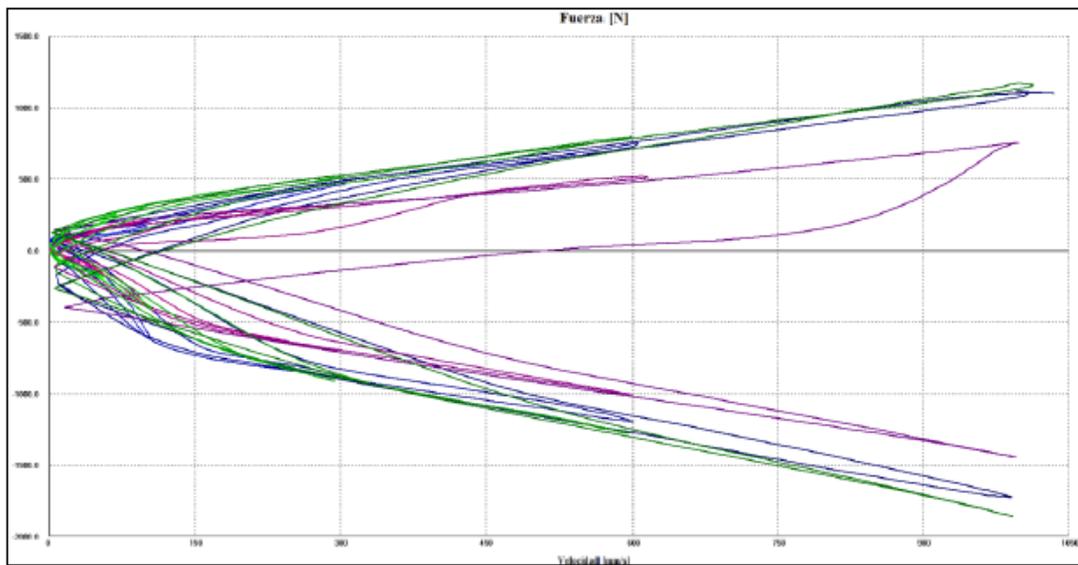


Figura 43. Comparación de amortiguador curva FVA alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s
(Fuente: ensayo CFPMT, 2019)

En la figura 44 se demuestra el cambio de las fuerzas en el comportamiento del amortiguador alterno 2 con respecto a la variación que se produce sobre la curva, este amortiguador presento la fuga de aceite, además su temperatura se incrementó en 3 °C, esto efecto se produce como lo determinaron Turini y Fioretti (1994) en un incremento en la presión, pero además el cambio del volumen de aceite que contiene restaría la función de absorber y disipar el calor generado de ahí que también empieza a cambiar el aceite donde se pierde sus propiedades y consecuentemente la influencia de afectación directa sobre el sello del amortiguador como lo investigaron estos autores además visualmente en el vástago de este elemento se evidenció el desperfecto del sello por donde se escapa el aceite del amortiguador.

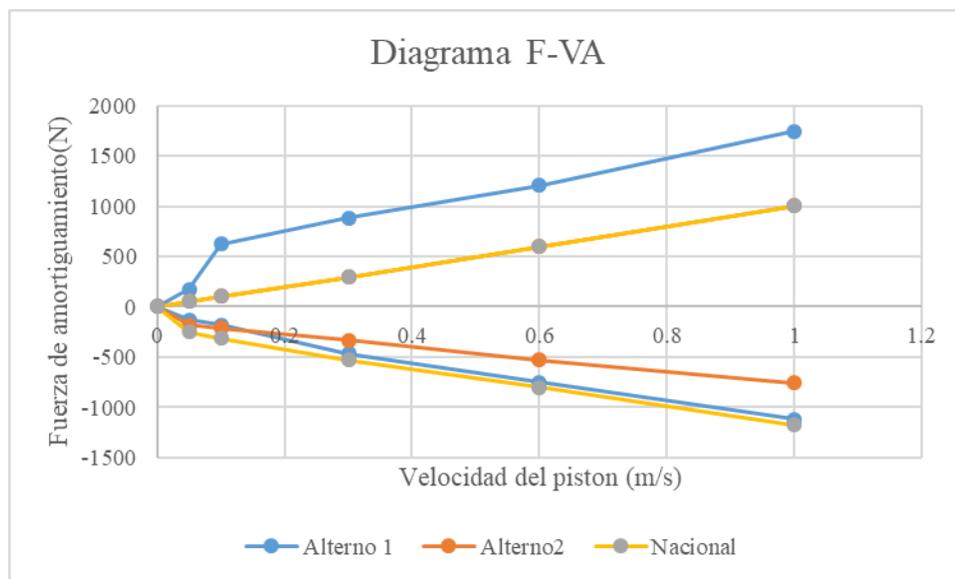


Figura 44. Comparación de amortiguadores en diagrama Fuerza vs velocidad del pistón

En las tablas 29 y 30 finalmente se revisan que los valores de fuerza de amortiguamiento que se generan en los amortiguadores luego de ser sometidos al ensayo de durabilidad, se encuentren dentro del rango aceptado por JASO C611 se distingue claramente un descenso en la fuerza y que se encuentra en el límite del rango permisible del ciclo de extensión con un valor de 297.06N en el amortiguador alterno 2 y de manera similar en el nacional con 294.94N, sin embargo, en el

ciclo de compresión pese a experimentar un decremento en la fuerza aún se encuentra dentro del rango permisible como se confirmas en la tabla 30.

Tabla 29.

Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1 (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s

Diámetro exterior del vástago (mm)	Fuerza de amortiguamiento (N)													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
16														
18														
20														
22														
25														

Nota: alterno 1 (línea roja), alterno 2 (línea azul), nacional (línea amarilla).

Tabla 30.

Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1 (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s

Diámetro exterior del vástago (mm)	Fuerza de amortiguamiento (N)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
16										
18										
20										
22										
25										

Nota: alterno 1 (línea roja), alterno 2 (línea azul), nacional (línea amarilla).

Discusión de Resultados

Después de valorar los resultados del comportamiento dinámico en los amortiguadores, en sus curvas características y valores alcanzados se confirma que existe diferencia de resultados entre las distintas marcas no solo en cuanto a las trayectorias de las curvas que se generan sino también en el valor de las fuerzas de amortiguamiento y fenómenos presentes en estos elementos por ejemplo la cavitación.

Discusión de Conformidad

Para afirmar que los datos encontrados en los diferentes amortiguadores son adecuados, se verifica los resultados en dos probetas diferentes de una misma marca, se determina si los valores de las gráficas que se obtienen son iguales o parecidos y si responden de manera similar frente a la variedad excitaciones sometidas a los elementos.

En la norma JASO C611 se expresa de manera clara que antes de cada ensayo sea de realizar varias mediciones de prueba que favorezcan la repetitividad de los ensayos y conseguir valores adecuados.

Cuando se realiza la comparación de la prueba mediante la opción del dynoshock conocido como ensayo a velocidad variable en donde se cambia de manera consecutiva la velocidad con incrementos graduales que se establece bajo la norma Jaso C611 se pone a prueba esta opción.

Se observa que de manera prevista en este tipo de ensayo se generan menores fuerzas de amortiguamiento, la disminución en las trayectorias de las diagramas se encuentra justificados en los investigación por (Demić y Diligenski, n.d.) que manifiestan que cuando el amortiguador ya está sometido a cargas térmicas estas conducen a el daño y degradación en las características, en nuestro caso el aceite se va cargando térmicamente por la secuencia de pruebas una detrás de otra y se aprecia que aunque es muy ínfima la diferencia presentada en bajas velocidades, si se marca

una mayor diferencia conforme aumentan las velocidades, en consecuencia el aceite absorbe el calor que se genera por la fricción, lo que hace que al aumentar la velocidad progresivamente, aumente por ende la presión y exista posible cavitación y de esta manera se genere resultados de fuerza menores a las esperadas sobretodo en el rango de extensión como también se manifiesta en la norma Jaso.

De la misma manera los resultados guardan consistencia con el análisis que realiza Báez, (2007) quien afirma que el efecto de pérdida de carga dentro del amortiguador depende fundamentalmente del caudal que a traviesan por los orificios, este caudal es, en teoría, directamente proporcional a la velocidad a la que se mueve el pistón relativo al cilindro de trabajo, de esta manera la fuerza de amortiguamiento es función de la velocidad, de ahí que si el aceite varia las propiedades por el calor acumulado, esto hace que se presente menor oposición al flujo a través de las válvulas.

En la figura 45 se toma el ejemplo del amortiguador alterno 1 probeta 1 como caso representativo entre las tres marcas, y se aprecia de manera clara la superposición entre los resultados de fuerza que se consiguen en estos amortiguadores a velocidades fijas (curvas de color azul) y las correspondientes a pruebas en diferentes rangos de excitación (curvas de colores) en la cual se visualiza la ínfima variación entre curvas, dado que la variación es mínima se podría usar esta opción en el del banco de pruebas del laboratorio del CFPCMT para el diagnóstico rápido de los amortiguadores reduciendo el tiempo de espera.

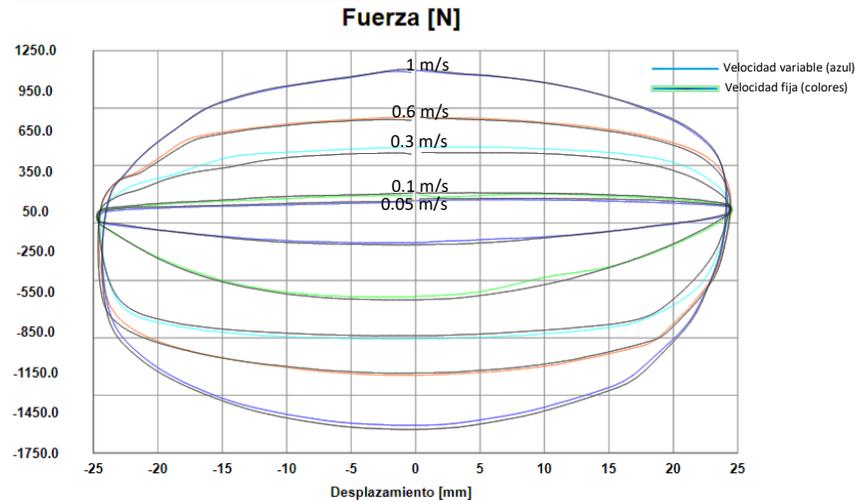


Figura 45. Comparación de curvas de amortiguador alternativo 1 probeta 1 a velocidades fijas y variables de (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)

La discontinuidad encontrada en el amortiguador alternativo 2 en los Diagramas FD y que se traducen en mayor histéresis en la gráfica fuerza vs velocidad concuerda con los estudios realizado por SEGEL LANG, (1981) y Fan y Anderson, (1990) que encontraron que la histéresis crecía con la frecuencia de excitación, determinándose que es a causa de la expansión del gas atrapado en el fluido es decir en el amortiguador es muy probable que el fluido hidráulico contenga aire disuelto.

En cuanto a la fuerza de amortiguación que se obtiene a diferentes velocidades de excitación se obtienen resultados que guardan relación con los estudios que sostienen (Alonso Báez, 2007) (Skrickij et al., 2018) y (Ferdek y Łuczko, 2012) quienes describieron a las curvas características del amortiguador, estos autores expresan que la fuerza de compresión en el amortiguador es menor que la fuerza en tensión, ello concuerda con los resultados que en este estudio se encuentran, así se verifica en absolutamente todas las gráficas y tablas en las diferentes marcas en la que se observa una asimetría en los dos ciclos.

También Bonnick & Newbold, (2011) establecen que existe un mejor comportamiento del amortiguador de gas al amortiguador hidráulico y este hecho se confirma debido a que en el amortiguador de gas se entrega un mejor comportamiento y se produce curvas sin cambios brusco en la trayectoria sin pasar por alto los propios que se generan inherentes a la cavitación.

Cavali et al. (2007) afirman que el amortiguador trabaja disipando en calor la disipación de la energía cinética para reducir su amplitud de movimiento del vástago, En condiciones de baja velocidad, la reducción es causada por la resistencia del aceite que pasa a través de algunos orificios llamados sangrados. En condiciones de alta velocidad, la presión del aceite es lo suficientemente alta como para deformar el disco y el aceite también puede pasar a través del espacio entre el disco y la base. En nuestro estudio se confirma este mecanismo de funcionamiento ya que gráficamente se apreció que las válvulas permanecen cerradas hasta que se genere una presión que logren abrirlas esta fuerza de apertura es función de la velocidad de excitación, las válvulas permanecen abiertas hasta llegar al límite de carrera del pistón a partir de allí su retorno hasta que se cierra esta válvula en el punto de restauración y se dirige el pistón y posición central en donde invierte el flujo de las cámaras de aceite.

Según se observa en la figura 46 que corresponde a la gráfica fuerza vs velocidad absoluta pregonada por JASO, contiene curvas que comparan las diferentes marcas de amortiguadores en la prueba a 0.3m/s en los ensayos se varia la posición con respecto a la norma JASO C611 que sugiere se conviene realizar el análisis a partir en el centro de la carrera, en el presente estudio se introdujo el vástago 60 mm como posición de excitación de trabajo muy próximo al centro de la carrera, se obtuvieron resultados de comprobación de conformidad de fuerza y satisfactoriamente se encontró que todos los amortiguadores se encuentra dentro del rango aceptado por la norma.

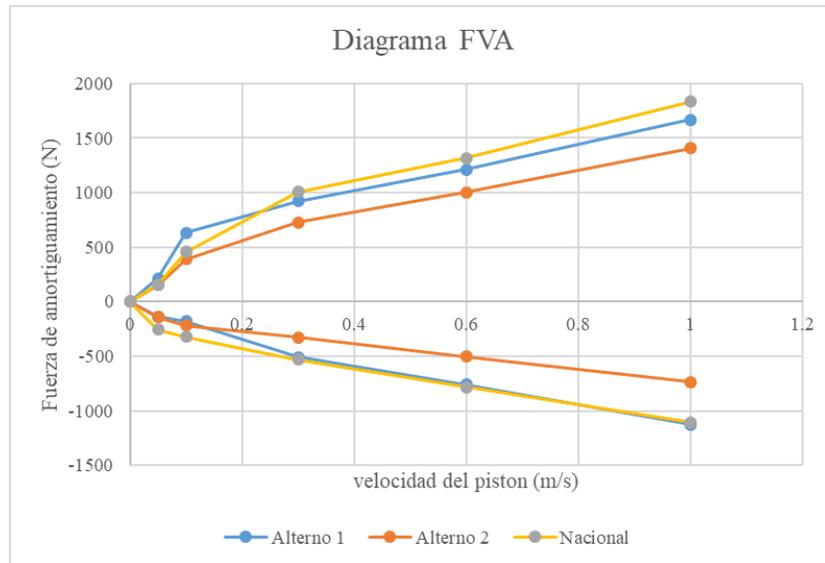


Figura 46. Diagrama comparativo fuerza vs velocidad absoluta del amortiguador alterno 1, alterno2 y nacional a velocidades fijas de 0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s y 1 mm/s (Fuente: CFPMCT)

Cuando se realiza la comparación entre los amortiguadores de distintas marcas se observa que existe semejanza pero no similitud en cuanto a los diagramas característicos obtenidos se contrasta estos hechos en función de los análisis desarrollados por (Castellani et al., 2017; Ferdek y Łuczko, 2012; Skrickij et al., 2018) que mencionan que estos amortiguadores bitubo mejoran la respuesta, cuando se verifica el comportamiento de los amortiguadores que contienen gas, aquellos describen trayectorias mucho más limpias que se presenta en los diagramas de fuerza velocidad, por otro lado Bonnick y Newbold, (2011) y Skrickij et al., (2018) opinan que en el amortiguador hidráulico se tiene la ventaja de poseer una buena disipación de calor, esto hace que se aproveche su configuración para transformar la energía cinética en energía térmica, ello se pudo confirmar con el gradiente de temperatura que se experimentó en el amortiguador alterno 2 que es ligeramente mayor que las otras dos marcas con 0.3°C en promedio.

Discusión de durabilidad

Adicional al análisis de conformidad se realizó la prueba de durabilidad de manera ilustrativa se sobreponen las curvas características en las figuras 47.48 y 49 para tener una clara imagen de

los rasgos característicos y diferencias entre las marcas de los amortiguadores después del ensayo de durabilidad, se observa similitud entre los amortiguadores nacional y alterno 1 que corresponden a las curvas de color azul y verde respectivamente, cuando la velocidad del ensayo se incrementa se marcan una diferencia, de la misma manera al relacionar el comportamiento con el amortiguador alterno 2 se aprecia una mayor diferencia, el amortiguador alterno 2 presenta en la válvula de compresión un súbito descenso en la fuerza de compresión, cuya descripción y características se justifican por Turini y Fioretti (1994) que concluyen que el exceso de aceite puede aumentar la presión interna cuando se expone al calor y para provocar daños en el sello. De tal manera que al evidenciarse la fuga de aceite encontrada en el amortiguador alterno 2 se confirma este hecho, debido a que esta falla en estos elementos ya no se aumenta la presión interna y por ende se genera una menor fuerza ya que no se genera exceso sino disminución de aceite como se verifica gráficamente en las curvas de color violeta.

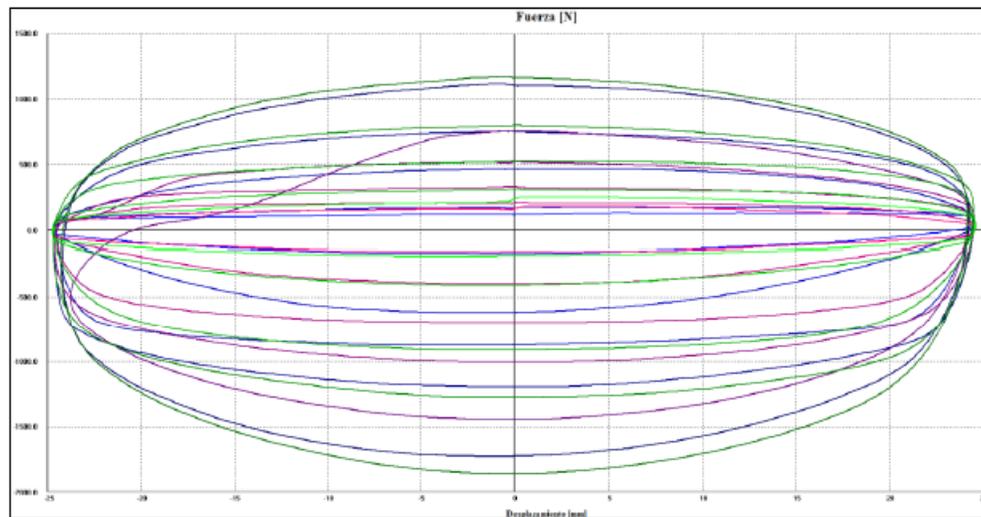


Figura 47. Comparación de amortiguador curva FD alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s
(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

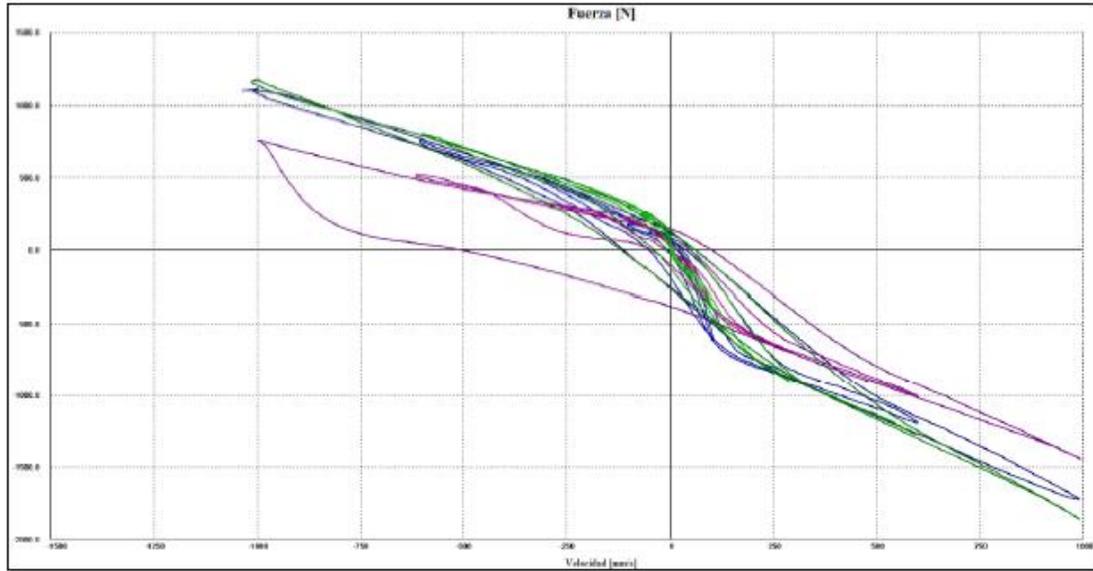


Figura 48. Comparación de amortiguador curva FV alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s
(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

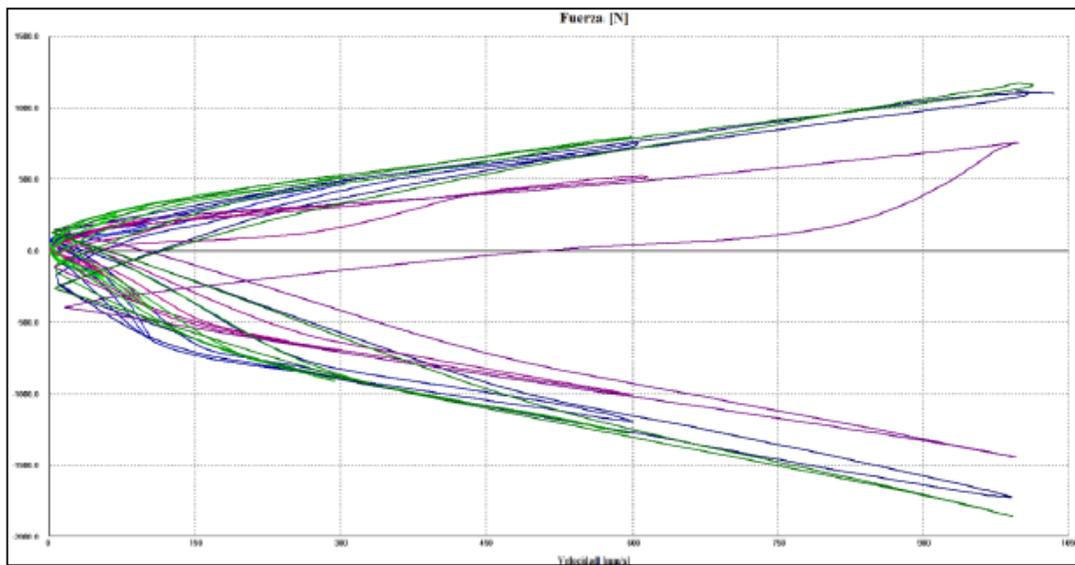


Figura 49. Comparación de amortiguador curva FVA alterno 1, alterno 2 y nacional después del ensayo de durabilidad, 0.75m/s
(Fuente: ensayo CFPMCT, 2019)

El amortiguador alterno 2 que presentó la fuga de aceite, se evidencio además un incremento en su temperatura de 3 °C, esto efecto se produce como lo determinaron Turini y Fioretti (1994) por un incremento en la presión, además el cambio del volumen de aceite contenido al disminuir restaría la función de absorber y disipar el calor generado, un menor cantidad de aceite es más susceptible a cambiar o perder sus propiedades esta influencia consecuentemente tiene una afectación directa sobre el sello del amortiguador como lo investigaron estos autores. Habría que decir también que la falla se evidencio visualmente en el vástago amortiguador como consecuencia del desperfecto del sello porque permite que se escape el aceite del amortiguador.

En resumen, se puede mencionar entonces que los amortiguadores nacionales poseen características comparables a nuevas, después el amortiguador alterno 1 posee un destacable comportamiento al no ser un amortiguador que desarrolla fuerzas blandas o muy duras, luego el amortiguador alterno 2 presenta en la válvula de compresión un súbito descenso en la fuerza de amortiguación en la compresión.

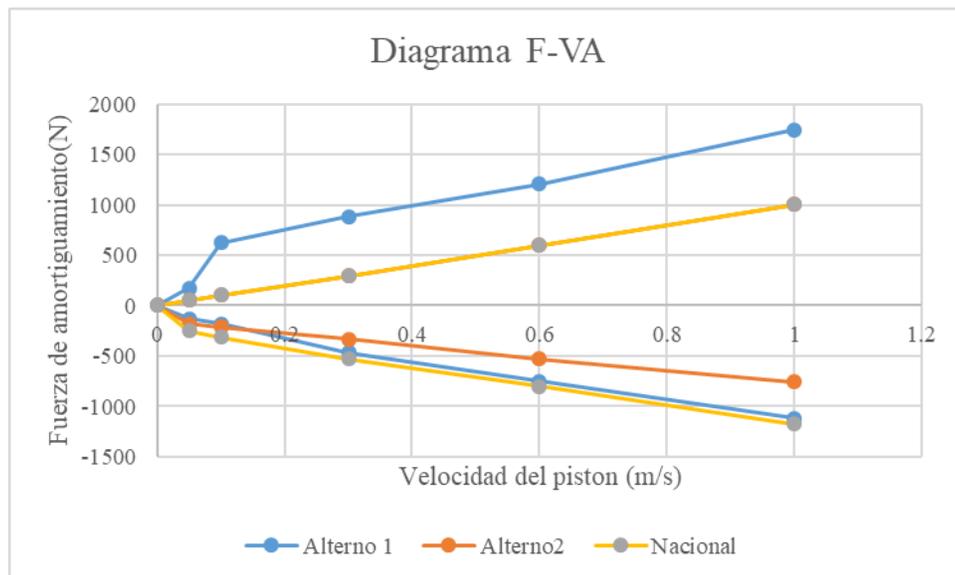


Figura 50. Comparación de amortiguadores en diagrama Fuerza vs velocidad del pistón

El amortiguador alterno 1 posee una fuerza que se encuentra en el límite del rango permisible dictada por la Norma en el ciclo de extensión con un valor de 297.06N en el amortiguador alterno 2 y de manera similar en el nacional con 294.94N, sin embargo, en el ciclo de compresión a pesar del decremento en la fuerza aún se encuentra dentro del rango permisible bajo Norma Jaso.

Conclusiones

- En esta tesis se evaluaron la durabilidad y caracterización de las prestaciones de amortiguadores de fábrica y alternos a través del banco de pruebas que describen los diagramas característicos del comportamiento fuerza-desplazamiento y fuerza-velocidad.
- Se comprobó que procedimiento de la norma JSAE JASOC611 puede ser adoptado en el Ecuador para usarse en la validación de marcas, con la evaluación de la conformidad en el CFPCMT
- Se caracterizó experimentalmente el comportamiento dinámico de un amortiguador, realizado mediante el empleo de variables de entrada no destructivos sujetos a la Norma JSAE JASO C611 como son la velocidad de excitación y un valor de carrera para este análisis de 50mm en sus condiciones de servicio, lo cual permitieron obtener diagramas característicos que describen las prestaciones de estas autopartes.
- Se constató la conformidad de los amortiguadores, el amortiguador alternativo 1, alternativo 2 y nacional en el ciclo de 0.3m/s, en extensión con fuerzas de 923.99N, 726.42N y 1005.81N respectivamente y en el ciclo de compresión el amortiguador alternativo 1 con 508.89N, el amortiguador alternativo 2 con 325.29N y componente nacional con 530.84N.
- Se confirma la diferencia en la fuerza de amortiguación, estos elementos a pesar de ser diseñados para realizar la misma función y uso en el Chevrolet Aveo y Sail, difieren en su respuesta en los diagramas y valores de fuerza de amortiguación obtenidos.
- Se encontró que los amortiguadores alternativo 1 y nacional alcanzan mejores respuestas gráficas en los diagramas característicos y sin presencia de cavitación, estas trayectorias más suaves son beneficiosas para la suspensión, a su vez las fuerzas del amortiguador alternativo 2 son menores cuyo efecto inherente a esta característica trae como consecuencia mayor confort al

conducir, además en cuanto al amortiguador nacional que desarrollo mayores fuerzas de amortiguación entre las marcas hace que este elemento brinde mayor estabilidad al conductor, esta característica favorece una buena tracción y mejor prestaciones evitando obstáculos en carretera.

- Se analizó la durabilidad de las distintas marcas de amortiguadores sometidas a 1500 ciclos de prueba y una velocidad de 750mm/s donde se evidenció la presencia de fuga de aceite en el repuesto automotriz alterno 2 que modifico los diagramas FD con características de asimetría (diferentes valore de fuerzas en el ciclo de compresión y extensión), varió la histéresis que corresponde al área central de las curvas en FV, el aumento se verifico en el incremento de esta región en el diagrama,
- Se encontró que la indicación prefijada de falla en el ensayo de durabilidad concerniente a la presencia de fuga de aceite alcanzada en el amortiguador alterno 2, hace que disminuya la fuerza a 297.06 N y que se encuentra en el límite inferior del rango aceptado por la norma Jaso C611, también con una mejor resistencia se encuentra el amortiguador nacional pero las prestaciones del amortiguador alterno 1 son superiores, holísticamente en función de estas características se destaca que el amortiguador nacional mantiene linealidad y baja histéresis, y se coloca al amortiguador alterno 1 como un elemento que conjuga la suavidad y dureza promedio deseable entre las tres diferentes marcas.
- Los ensayos de caracterización en sus graficas FD se encontraron que a altas velocidades 0.6m/s y 1 m/s en el amortiguador alterno 2 existe presencia de cavitación, este fenómeno es producto de las impureza o partículas de aire disueltas en el aceite que una vez que sobrepasan la presión de vapor colapsan y generen ondas destructivas que dañan las superficies y los elementos del amortiguador, este fenómeno disminuyen o retrasan las fuerza

de amortiguación de la misma manera se evidencio luego de la prueba de durabilidad con una diferencia máxima en la fuerza de amortiguamiento del 66% menor al alterno 1 en el ciclo de extensión y 37% menor en el ciclo de compresión con respecto al nacional.

Recomendaciones

- Se recomienda al CFPCT continuar con la línea de investigación para dar soporte a la industria manufacturera y de competencia en el diagnóstico y calidad del amortiguador.
- Realizar el análisis a los amortiguadores que hayan cumplido el kilometraje recomendado de duración por las marcas y someterlos al ensayo para evaluar el hipotético límite inferior en donde las marcas considerarían que el amortiguador se necesita cambiar, y la evaluación de la afectación en la suspensión del auto bajo esas características.
- Se recomienda al CFPCT implementar un módulo térmico para el ensayo de temperatura de acuerdo a norma JASO- C611.

Bibliografía

- Akutain, C. (2006). A parametric Damper Model Validated on a Track. *Int J Heavy Vehicle Syst*, 13.
- Baez, M. A. (2016, 12 13). Estudio del comportamiento termico y dinamico de los amortiguadores para vehiculos aotomoviles tipo turismo. Catala: Universitat Politecnica de Catalunya Departament de Maquinas i Motors Termics.
- Benavente, C. (n.d.). Montaje y estudio de un amortiguador Magneto -reologico en la suspension de un vehiculo automovil. Universisdad Carlos III de Mdrid 2010.
- Calvo, J. S. (2005). Establishing inspection criteria to verify the dynamic behavior of the vehicle suspension system. Madrid.
- Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana. Quito: CINAIE.
- Choi, S.-B., Lee, S. K., & Park, Y.-P. (2001). A Hysteresis Model for Field Dependent Damping Force of a MagnetoRheological Damper. 245. *J of Sound and Vibration*.
- Codeca, F., Savaresi, S., Spelta, C., Montiglio, M., & Leluzzi, M. (2008). Identification of An Electro-Hydraulic Controllable Shock Absorber Usink Black Block Non-Linear Models. 17th IEE Int Conf on Control Applications Part of IEE Multi-conf on Syst and Control. USA.
- COMERCIO, E. (2014, DICIEMBRE 29). EL COMERCIO. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/deportes/amortiguadores-vehiculos-autos-repuestos-chevrolet.html>
- Costagliola, M., De Simio, L., Lannaccone, S., & Prati, M. (2013). Combustion efficiency and engine out emission of a S.I engine fueled with alcohol/gasoline blends. *Applied Energy*,

1162-1171.

Dyum, S. (2000). Simulacion Tools, Modelling and Identification, for an Automotive Schock absorber in the context of vehicle dinamcis .

Dyum, S. (1997). Simulation Tools, Modelling and Identification, for an Automotive Shock Absorber in the Context of Vehicle Dynamics. 33, 261-285. Vehicle Systems Dynamics.

Ecuador, C. d. (2009). Retrieved from <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/CONSTITUCI%C3%93N-DE-LA-REP%C3%9ABLICA-DEL-ECUADOR.pdf>

Engine-Soft. (2015). Manual de Empleo Dinoshock 11. Italia, Francia. FALCONARA.

Fernandez, D. M. (2011, Febrero). Simulacion de una suspension mac pherson en entorno VLRM. .

Guiclea M, S. S. (2004). Model parameter identification for vehicle vibration control with magnetorheological dampres using computational intelligence methods. Universidad of Bath, UK.

H, K. (2002). New extruded multi-cell aluminium profile for maximun crash energy absortion and weight efficiency. . Thin -walled structures.

Heo, S., Park, K., & Son , S. (2003). Modelling of Continuously Variable Damper for Design of Semi-Active Suspencion. 1.

INEC. (2015). Anuario de Transportes. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios-e-investigaciones/>

INEN034. (2010).

Izquierdo, A. (1995). Teoria de los vehiculos automoviles. Seccion de publicaciones de la Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad politecnica de Mdrid .

- J., H. (2006). Preliminary Study of Modeling Dynamic Properties of Magnetorheological Fluid Damper. VTT Technical Research centre of Finland.
- Jhony, M. P. (2014). Diseño y construcción de un Banco Didáctico para Amortiguadores con Programación En Labview. Riobamba.
- Karagiozova, D. a. (1992). Dynamic Pulse Buckling of a Simple Elastic-Plastic Model Including Axial Inertia.
- Leon, R. R. (1981). Vibraciones Mecánicas. LIMUSA.
- LIAO, W. (2002). Harmonic analysis of a magnetorheological damper for vibration control. China : The Chinese University of Hong Kong.
- Lideres, R. (2018, mayo 29). AEADE. Retrieved from <http://www.aeade.net/7-de-cada-10-vehiculos-vendidos-en-el-2018-son-importados/>
- Lopez Fernandez, D. (2010). Montaje y estudio de un amortiguador magneto-reológico RD 1005.3 en la suspensión de un vehículo automóvil. Universidad Carlos III de Madrid .
- Lozoya Santos, J., Hernandez Alcantara, D., Morales Menedez, R., & Ramirez Mendoza, R. (2015). Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas Característicos. Monterrey, Mexico.
- Milliken, W. F. (1995). Race car vehicle dynamics. SAE.
- Murillo, A. F. (2009, Enero). Diseño y Construcción de un Banco de pruebas para Amortiguadores. Latacunga, Ecuador.
- P., C. J. (2008). Influence of the shock absorber wearing on vehicle brake performance. International Journal of Automotive Technology.
- Quintal, J. C. (2005, Mayo). Diseño y construcción de un prototipo de amortiguadores para un vehículo Fórmula SAE.

- Remy, D. (1974). Acdelco. Retrieved from <http://www.acdelco.com.ar/productos-amortiguadores.html>
- Saez, L. M. (2012). Amortiguadores en sistemas y componentes del Chasis. Madrid, España: INSIA.
- Savaresi, S., Bittanti, S., & Montiglio, M. (2005a). Identification of Semi-Physical and Black-Box Non -Linear Models: the Case of MR-Dampers for Vehicles Control. 41. Automatica.
- Silva, C. (2007). Vibration Damping, control, and design. Vancouver. Canada.
- SOFT-ENGINE. (n.d.). SOFT-ENGINE Dynamometers. Retrieved from http://www.soft-engine.org/pages.web/eng/pagina_banchi_sospensioni.htm
- Tixi Gusqui, D. J. (2016). Diseño y construcción de un banco de pruebas para amortiguadores de vehículos. Riobamba: ESPOCH.
- Urbietal, J. A. (2003). Amortiguadores y Suspension. Navarra.
- Wang, H., & Fu, L. (2012). Developing a High-Resolution Vehicular Emission Inventory by Integrating an Emission Model and a Traffic Model: Part 1—Modeling Fuel Consumption and Emissions Based on Speed and Vehicle-Specific Power. Journal of the Air & Waste Management Association, 44(10), 1096-2247.
- Wang, L., & Kamath, X. (2006). Modeling Hysteretic Behaviour in MR Fluids and Dampers using Phase-Transition Theory. Smart Mater. Struct, 15.
- ACDELCO. (n.d.). *Amortiguadores*. Retrieved from http://www.acdelco.com.ar/descargas/Catalogo_amortiguadores.pdf
- Alonso Báez, M. (2007). Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*. Retrieved from <https://www.tesisenred.net/handle/10803/6687>
- Alonso, M., & Comas, Á. (2006). Modelling a twin tube cavitating shock absorber. *Proceedings*

of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering.

<https://doi.org/10.1243/09544070D23104>

Amornsawaddirak, T., Lapamong, S., Songschon, S., & Okuma, M. (2014). Physical Characteristics of Twin-Tube Shock Absorber. *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, 7(1), 2014-01-2001. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2001>

BESINGER, F. H., CEBON, D., & COLE, D. J. (1995). Damper Models for Heavy Vehicle Ride Dynamics. *Vehicle System Dynamics*, 24(1), 35–64.

<https://doi.org/10.1080/00423119508969081>

Bonnick, A., & Newbold, D. (2011). A practical approach to motor vehicle engineering and maintenance. Retrieved from

<https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2011-0-11826->

[X&isbn=9781136270222&format=googlePreviewPdf](https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2011-0-11826-X&isbn=9781136270222&format=googlePreviewPdf)

Castellani, F., Scappaticci, L., Bartolini, N., & Astolfi, D. (2017). Numerical and experimental investigation of a monotube hydraulic shock absorber. *Archive of Applied Mechanics*.

<https://doi.org/10.1007/s00419-017-1302-5>

Cavali, D., Ataídes, R., Kessler, M., de La Rosa Siqueira, C., Vannucci, S., & Bloem, L. (2007).

Numerical simulation of flow inside a shock absorber. <https://doi.org/10.4271/2007-01-2709>

Demić, M. D., & Diligenski, D. M. (n.d.). Numerical Simulation of Shock Absorbers Heat Load for Semi-Active, 20(5), 1725–1739. <https://doi.org/10.2298/TSCII50624005D>

DUYM, S., STIENS, R., & REYBROUCK, K. (1997). Evaluation of Shock Absorber Models.

Vehicle System Dynamics, 27(2), 109–127. <https://doi.org/10.1080/00423119708969325>

Fan, Y., & Anderson, R. J. (1990). Dynamic Testing and Modelling of a Bus Shock Absorber.

<https://doi.org/10.4271/902282>

Ferdek, U., & Łuczko, J. (2012). Modeling and Analysis of a Twin-Tube Hydraulic Shock Absorber. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*.

Hadley, N. F. (1928). *Shock- Absorber Characteristics*. <https://doi.org/10.4271/280019>

Halama, J., Klapka, M., & Mazurek, I. (2018). Experimental Methodology for Acoustic Diagnostics of Shock Absorbers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66(5), 1119–1125. <https://doi.org/10.11118/actaun201866051119>

Heißing, B., & Ersoy, M. (2011). Axles and Suspensions. In *Chassis Handbook* (pp. 383–420).

Wiesbaden: Vieweg+Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9789-3_4

IMFRISA. (n.d.). *CATALOGO IMFRISA*. Retrieved from

<http://www.imfrisa.com.ec/fileadmin/imfrisa/doc/AMORTIGUADORES.pdf>

Ishchenko, V., Industry, Y. S.-M. & M., & 2017, undefined. (n.d.). Ways of improving the units construction of hydraulic shock absorbers of passenger cars on the bogie of kvz-cnii type.

Search.Ebscohost.Com. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=20760507&AN=122476827&h=kN1QUq4juP0C5Yh3SYTfGLJ2TM6t%2BQgh%2F%2FZwH%2B%2BVfIW%2FZediJM6VeL3QQDQHdvd6tI%2BWti7vHC%2BYOgajQjaL0A%3D%3D&crl=c>

Lozoya-Santos, J. de-J., Hernández-Alcantara, D., Morales-Menendez, R., & Ramírez-Mendoza,

R. A. (2015). Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas Característicos.

Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, 12(3), 282–291.

<https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.001>

- Łuczko, J., & Ferdek, U. (2019). Non-linear analysis of a quarter-car model with stroke-dependent twin-tube shock absorber. *Mechanical Systems and Signal Processing*.
<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.06.008>
- MANDO. (2012). *SHOCK ABSORBER CATALOGUE*. Retrieved from www.mandoplus.com
- Reybrouck, K. (1994). A Non Linear Parametric Model of an Automotive Shock Absorber. *SAE Transactions*. SAE International. <https://doi.org/10.2307/44611831>
- Rhoades, K. S. (2006). Development and experimental verification of a parametric model of an automotive damper. Retrieved from <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/4156>
- SEGEL, L., & LANG, H. H. (1981). The Mechanics of Automotive Hydraulic Dampers at High Stroking Frequencies. *Vehicle System Dynamics*, 10(2–3), 82–85.
<https://doi.org/10.1080/00423118108968640>
- Skrickij, V., Savitski, D., Ivanov, V., & Skačkauskas, P. (2018). Investigation of Cavitation Process in Monotube Shock Absorber. *International Journal of Automotive Technology*.
<https://doi.org/10.1007/s12239-018-0077-1>
- Sorniotti, A., D'Alfio, N., & Morgando, A. (2007). Shock Absorber Modeling and Experimental Testing. <https://doi.org/10.4271/2007-01-0855>
- Talbott, M. S., & Starkey, J. (2002). An Experimentally Validated Physical Model of a High-Performance Mono-Tube Damper. <https://doi.org/10.4271/2002-01-3337>
- Turini, J. R., & Fioretti, R. (1994). Influence of the Work Temperature of the Shock Absorber on Their Performance. <https://doi.org/10.4271/942385>
- Warner, B. (1996). An analytical and experimental investigation of high performance suspension dampers. Retrieved from <https://spectrum.library.concordia.ca/4814/1/NN10908.pdf>

Anexo

INFORME DE LABORATORIO CFPCMT



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

INFORME DE RESULTADOS N°: 180450403120190108-EAA

DATOS GENERALES

N° de proforma: EN_2019_001; EN_2019_002

Empresa / Cliente: Edison Cristóbal Caisaguano Vega.

RUC/C.I.: 1804504031

Ciudad: Ambato.

Dirección: Rocafuerte y Montalvo.

Teléfono: 0983976717

Correo: cristobalitoccv@gmail.com.

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

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/01/05. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/02/20.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en **amortiguadores: AC-Delco, MANDO, G-Control**. Los amortiguadores fueron recibidos en el Laboratorio de Ensayos No Destructivos del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de la probeta	Nombre del fabricante	Lugar de fabricación	Modelo	Característica	Probetas a Ensayar
1	180450403120190108-EAA 01	AC-Delco	Colombia	19266339	Amortiguador GAS Aveo D-Izq.	2
2	180450403120190108-EAA 02	MANDO	Korea	96586887	Amortiguador OIL Aveo D-Izq.	2
3	180450403120190108-EAA 03	G-Control	Ecuador	C203062	Amortiguador GAS Aveo D-Izq.	2
Total						6

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel 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, 26 de febrero de 2019.

N°. Facturas: 001-002-000006490/001-002-000006542.



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.

Parámetros de ensayo de Fuerza de Amortiguación

Temperatura del Laboratorio	Temperatura Ambiente
Temperatura del Ítem de ensayo al empezar la prueba	20±3 °C
Carrera Nominal	50 mm (por acuerdo con el cliente)
Velocidades de excitación del amortiguador	(50, 100, 300, 600, 1000) mm/s.
Posición de excitación del amortiguador	60 mm desde el punto superior. (por acuerdo con el cliente)
Dirección de la excitación del amortiguador	Vertical

Parámetros de Ensayo de Durabilidad

Temperatura del Laboratorio	Temperatura Ambiente
Temperatura del Ítem de ensayo al empezar la prueba	70±10 °C
Carrera Nominal	50 mm (por acuerdo con el cliente)
Velocidades de excitación del amortiguador	Entre 500 mm/s a 1000 mm/s.
Posición de excitación del amortiguador	60 mm desde el punto superior. (por acuerdo con el cliente)
Carga Lateral	400 N (por acuerdo con el cliente).
Dirección de la excitación del amortiguador	Vertical
Numero de ciclos	Mayor a 1000 ciclos (por acuerdo con el cliente).
Método de enfriamiento	Enfriamiento Forzado



Resultados de ensayo:

Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 01-1
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	24,10	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	51,20

N° 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)
EAA 01-1.50	50	0,32	22,00	50,23	135,70	239,48	56,69	55,64	22,20
EAA 01-1.100	100	0,64	22,00	50,19	175,62	682,51	100,78	104,75	22,30
EAA 01-1.300	300	1,91	22,00	50,15	482,95	945,94	304,90	296,24	22,30
EAA 01-1.600	600	3,82	22,00	50,15	766,33	1241,30	604,43	601,33	22,10
EAA 01-1.1000	1000	6,37	21,00	50,23	1149,50	1764,16	996,17	1001,61	20,80

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,80	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	54,80

N° 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)
EAA 01-1.V	50	0,32	20,00	50,27	131,71	247,46	56,70	55,61	20,90
	100	0,64		50,27	159,65	674,53	100,86	103,60	20,90
	300	1,91		50,27	455,01	941,95	300,39	299,12	21,00
	600	3,82		50,27	718,44	1261,25	598,87	600,80	21,00
	1000	6,37		50,27	1125,55	1828,02	1003,52	997,72	21,10



Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 01-2
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	54,80

N° 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)
EAA 01-2.50.2	50	0,32	21,00	50,08	139,70	191,58	56,37	55,57	21,60
EAA 01-2.100.2	100	0,64	21,00	50,08	183,60	586,72	100,47	104,15	21,60
EAA 01-2.300	300	1,91	21,00	49,96	534,84	902,04	299,76	296,55	24,10
EAA 01-1.600	600	3,82	22,00	50,00	754,36	1177,44	599,56	599,66	22,00
EAA 01-1.1000	1000	6,37	21,00	50,00	1101,60	1568,58	1001,75	995,33	22,60

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,10	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	58,60

N° 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)
EAA 01-2.V.2	50	0,32	21,00	50,27	151,67	203,56	56,81	55,57	21,10
	100	0,64		50,27	195,57	614,66	98,54	103,69	21,10
	300	1,91		50,27	490,93	878,09	301,14	299,09	21,10
	600	3,82		50,27	754,36	1161,47	599,74	597,52	21,10
	1000	6,37		50,27	1113,58	1600,52	998,60	997,34	22,60



Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 02-1
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,70	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	64,50

N° 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)
EAA 02-1.50	50	0,32	22,00	50,11	119,74	155,66	51,09	50,13	22,70
EAA 02-1.100	100	0,64	22,00	50,15	227,51	399,13	100,59	105,17	22,60
EAA 02-1.300	300	1,91	22,00	50,23	319,31	754,36	301,04	296,72	22,60
EAA 02-1.600	600	3,82	22,00	50,19	538,83	1013,79	601,56	597,95	22,60
EAA 02-1.1000	1000	6,37	22,00	50,34	766,33	1452,84	1002,41	998,76	22,20

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,30	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	55,80

N° 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)
EAA 02-1.V	50	0,32	21,00	50,23	167,63	119,74	50,78	49,79	22,00
	100	0,64		50,23	239,48	335,27	100,71	104,41	22,00
	300	1,91		50,23	359,22	694,49	299,50	296,72	22,00
	600	3,82		50,23	534,84	989,85	597,97	602,84	22,00
	1000	6,37		50,23	766,33	1408,93	1004,82	995,03	23,00



Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 02-2
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	56,80

N° 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)
EAA 02-2.50	50	0,32	21,00	50,11	167,64	147,68	57,01	55,79	21,50
EAA 02-2.100	100	0,64	21,00	50,15	203,56	383,17	100,41	104,68	21,50
EAA 02-2.300	300	1,91	21,00	50,11	331,28	698,48	300,33	297,01	21,50
EAA 02-2.600	600	3,82	22,00	50,15	470,98	989,84	598,14	601,25	21,70
EAA 02-2.1000	1000	6,37	22,00	50,19	706,46	1361,04	1001,61	996,85	22,30

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	55,40

N° 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)
EAA 02-2.V	50	0,32	21,00	50,15	167,63	115,75	56,81	55,18	21,40
	100	0,64		50,15	199,57	311,32	101,43	104,06	21,40
	300	1,91		50,15	319,30	678,52	300,80	299,73	21,40
	600	3,82		50,15	502,90	949,93	598,79	597,61	21,40
	1000	6,37		50,15	718,44	1349,06	1005,12	1001,36	21,60



Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 03-1
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	23,60	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	55,90

N° 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)
EAA 03-1.50	50	0,32	22,00	50,11	247,46	155,66	56,47	55,75	22,60
EAA 03-1.100	100	0,64	22,00	50,11	327,29	459,00	100,87	104,93	22,60
EAA 03-1.300	300	1,91	22,00	50,11	530,84	1013,79	300,90	297,27	22,60
EAA 03-1.600	600	3,82	22,00	50,15	778,31	1357,05	603,43	600,10	22,80
EAA 03-1.1000	1000	6,37	22,00	50,15	1089,63	1895,87	995,80	1003,73	23,00

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	20,90	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	61,60

N° 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)
EAA 03-1.V.2	50	0,32	19,00	50,15	171,63	111,76	50,91	50,29	19,00
	100	0,64		50,15	287,37	363,21	100,04	104,87	18,90
	300	1,91		50,15	510,89	953,92	301,57	298,93	18,90
	600	3,82		50,15	766,33	1321,12	605,15	604,30	18,90
	1000	6,37		50,15	1077,66	1875,92	1000,70	1001,83	19,10



Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 03-2
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Fija		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,50	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	58,20

N° 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)
EAA 03-2.50	50	0,32	20,00	50,15	263,43	163,64	56,55	55,57	20,50
EAA 03-2.100	100	0,64	20,00	50,11	315,31	451,02	100,63	104,83	20,50
EAA 03-2.300	300	1,91	20,00	50,11	530,84	997,83	300,18	296,92	20,50
EAA 03-2.600	600	3,82	21,00	50,15	790,28	1273,23	604,71	604,81	20,80
EAA 03-2.1000	1000	6,37	22,00	50,11	1125,55	1776,13	996,42	995,05	22,60

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	22,30	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	59,10

N° 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)
EAA 03-2.V	50	0,32	21,00	50,15	175,62	87,81	57,01	55,85	22,40
	100	0,64		50,15	231,49	215,53	100,44	105,20	22,60
	300	1,91		50,15	482,95	866,11	303,28	294,85	22,70
	600	3,82		50,15	754,36	1261,26	602,76	597,62	22,80
	1000	6,37		50,15	1073,66	1796,09	994,73	1004,08	28,60



Resultados luego de ensayo de Durabilidad:

Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 01-1
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,10	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	63,50

N° 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)
EAA 01- 1.D.V.AF3	50	0,32	20,00	50,15	131,71	175,62	50,69	49,81	20,60
	100	0,64		50,15	179,61	622,64	99,81	104,18	20,70
	300	1,91		50,15	466,98	882,08	303,36	295,43	20,80
	600	3,82		50,15	754,36	1205,38	602,54	601,27	20,80
	1000	6,37		50,15	1117,57	1748,20	996,05	1001,91	21,10

Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 02-1
-------------------------------------	-----------------------------

Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	21,20	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	59,70

N° 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)
EAA 02- 1.D.V.AF.1	50	0,32	19,00	50,19	179,61	159,65	56,55	55,11	19,70
	100	0,64		50,19	215,53	403,12	101,05	104,46	19,70
	300	1,91		50,19	335,27	702,47	300,04	297,06	19,70
	600	3,82		50,19	526,85	1009,80	599,57	601,83	19,70
	1000	6,37		50,19	758,35	1461,81	995,91	1004,61	19,80

Identificación de la probeta	180450403120190108-EAA 03-2
-------------------------------------	-----------------------------



Tipo de Velocidad	Variable		
Temperatura del Laboratorio (°C)	23,20	Humedad Relativa del Laboratorio (%)	55,70

N° 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)
EAA 03- 2.D.V.AF1	50	0,32	22,00	50,30	251,45	191,58	56,38	55,26	22,30
	100	0,64		50,30	311,32	415,09	99,14	104,92	22,40
	300	1,91		50,30	530,84	921,99	303,05	294,94	22,50
	600	3,82		50,30	802,25	1281,21	598,38	598,00	22,50
	1000	6,37		50,30	1173,45	1879,91	994,51	1002,84	22,50

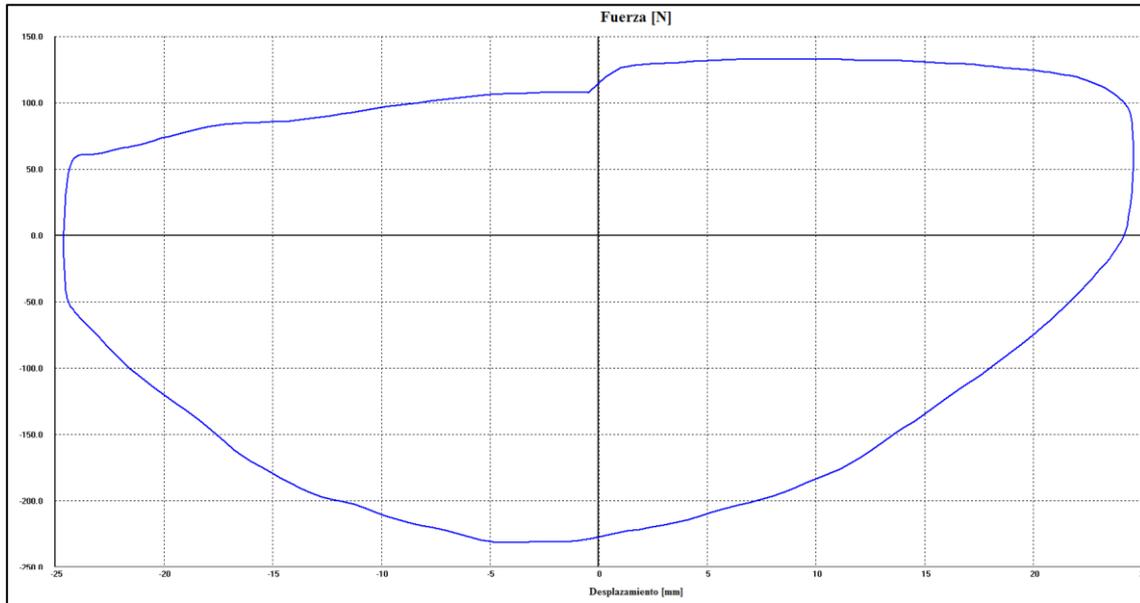


Graficas de ensayo:

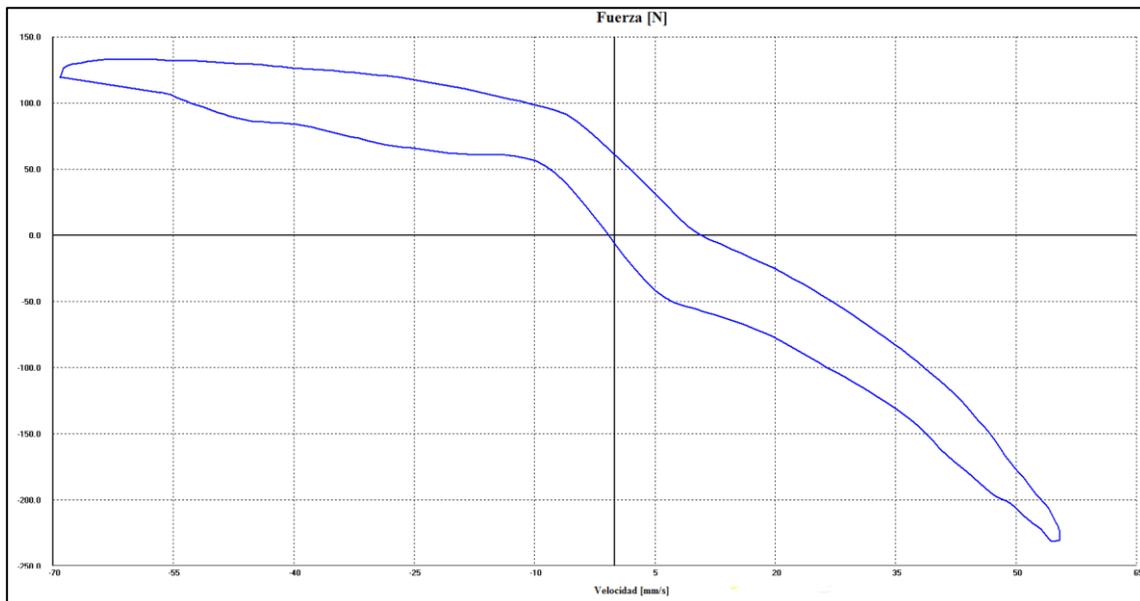
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 01-1

Prueba EAA 01-1.50: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

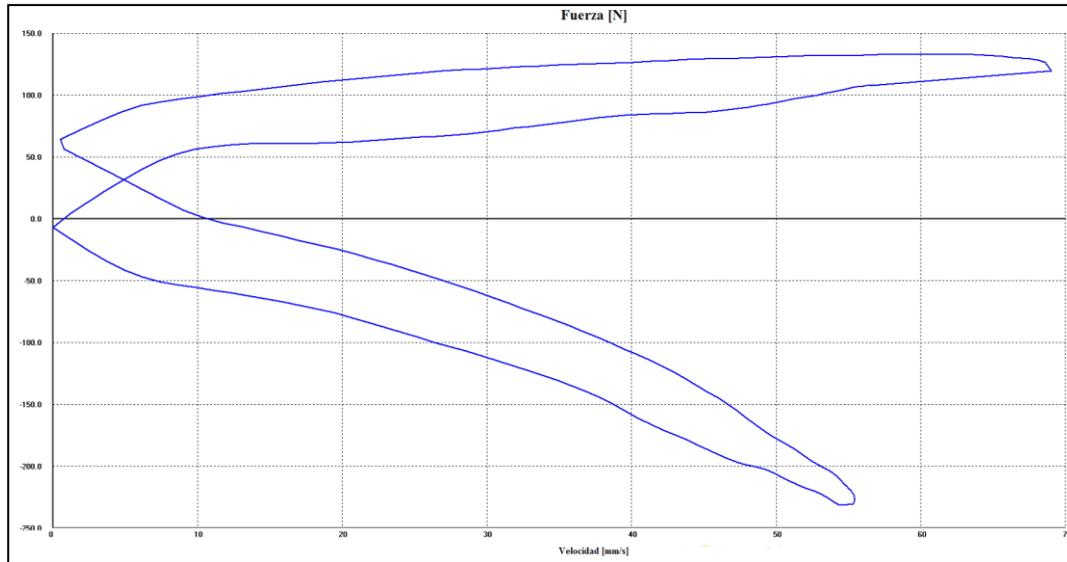


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

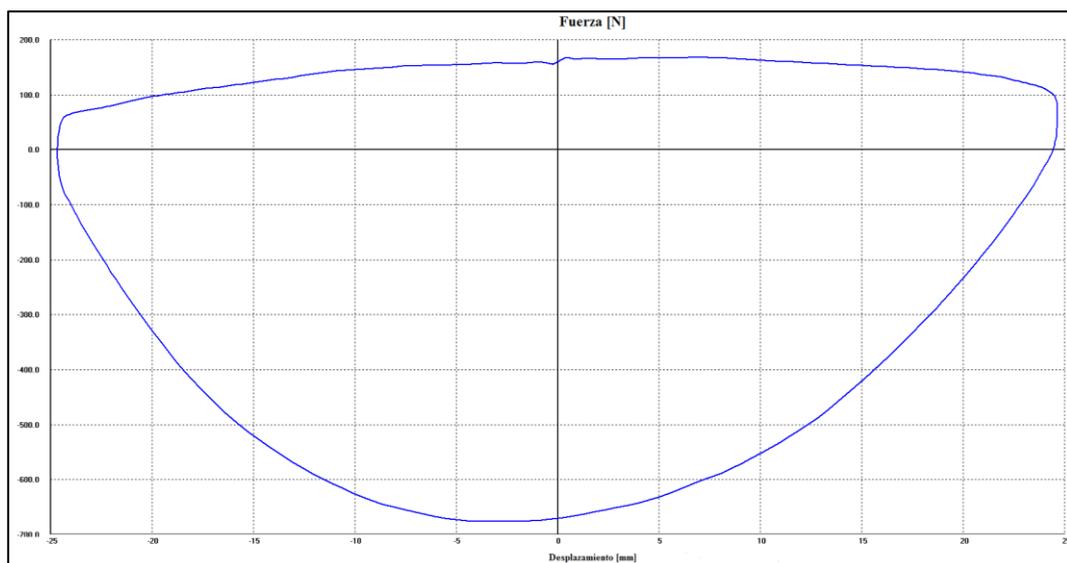


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	143,69
Rocío Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	135,7 56,69
Pk. Estens.	-239,40 55,64
Temp. Mediana	22,2

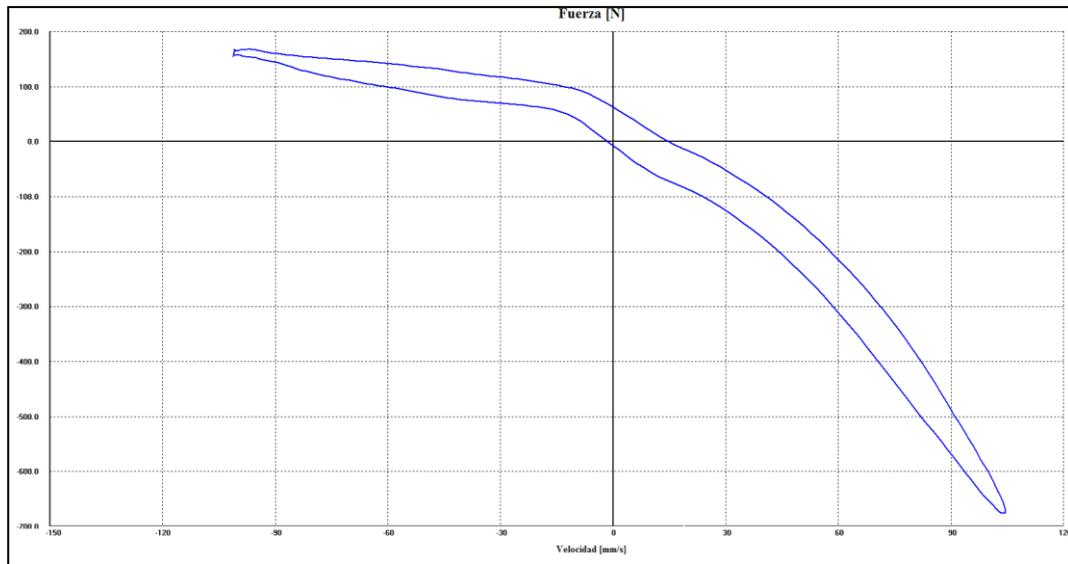
Prueba EAA 01-1.100: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

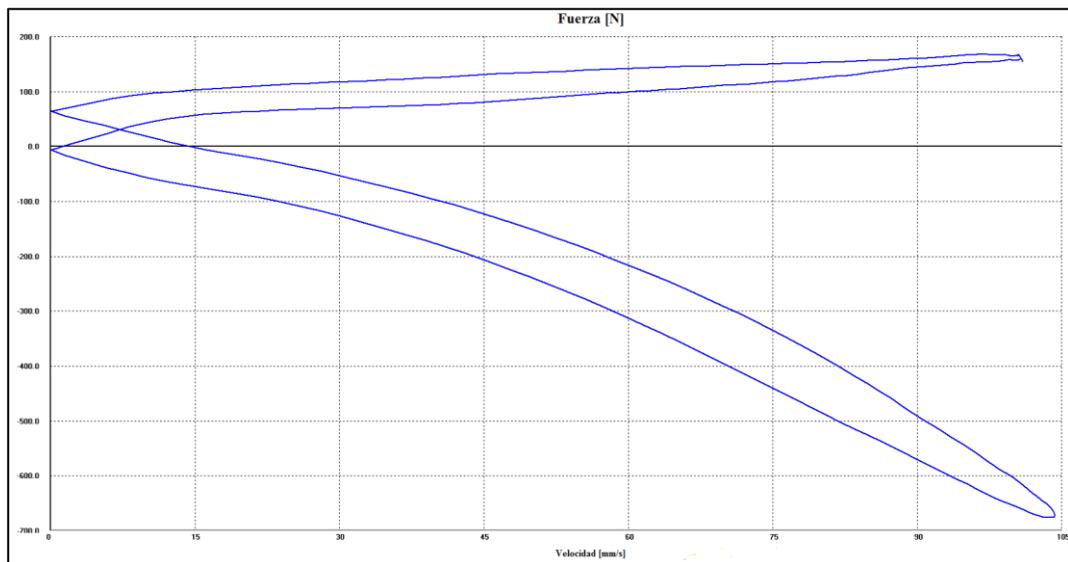




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



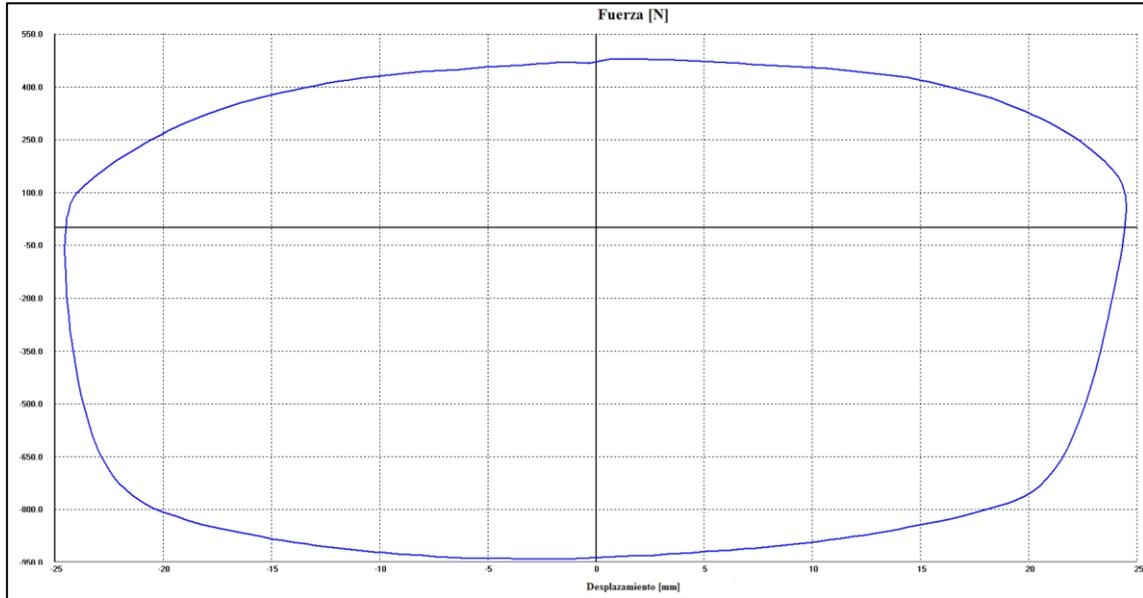
Datos de prueba

Excursión [mm]	50.19
Precarga [N]	143.69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100.0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	175.62 -100.78
Pk. Estens.	-682.51 104.75
Temp. Mediana	22.3

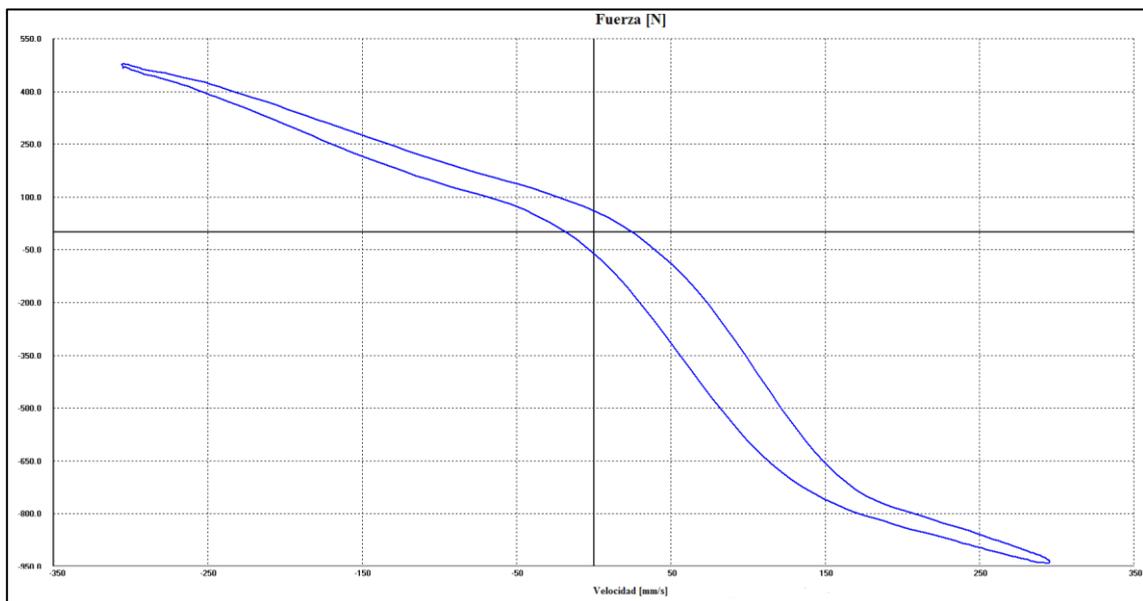


Prueba EAA 01-1.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

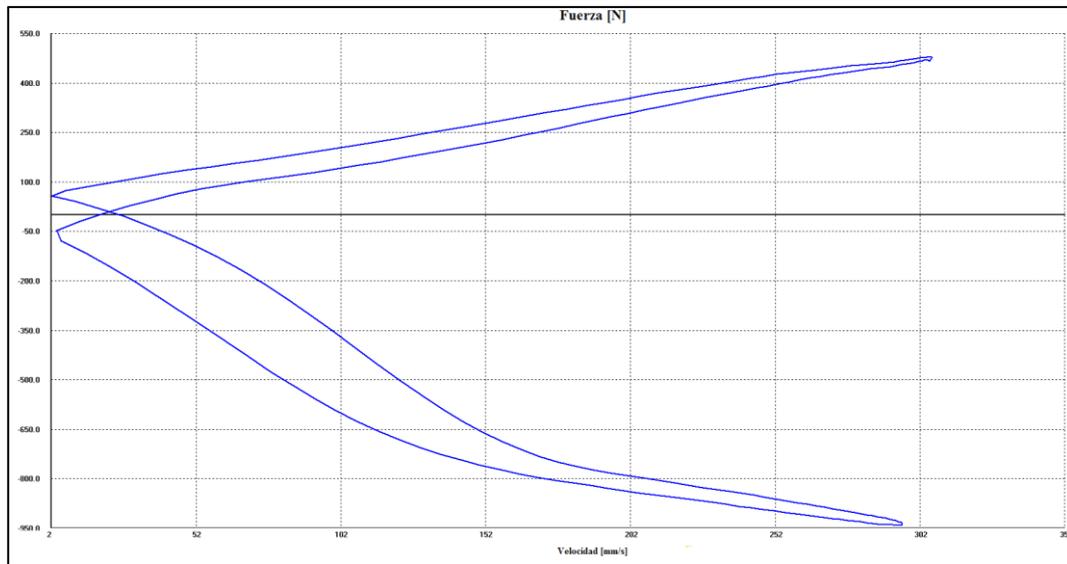


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

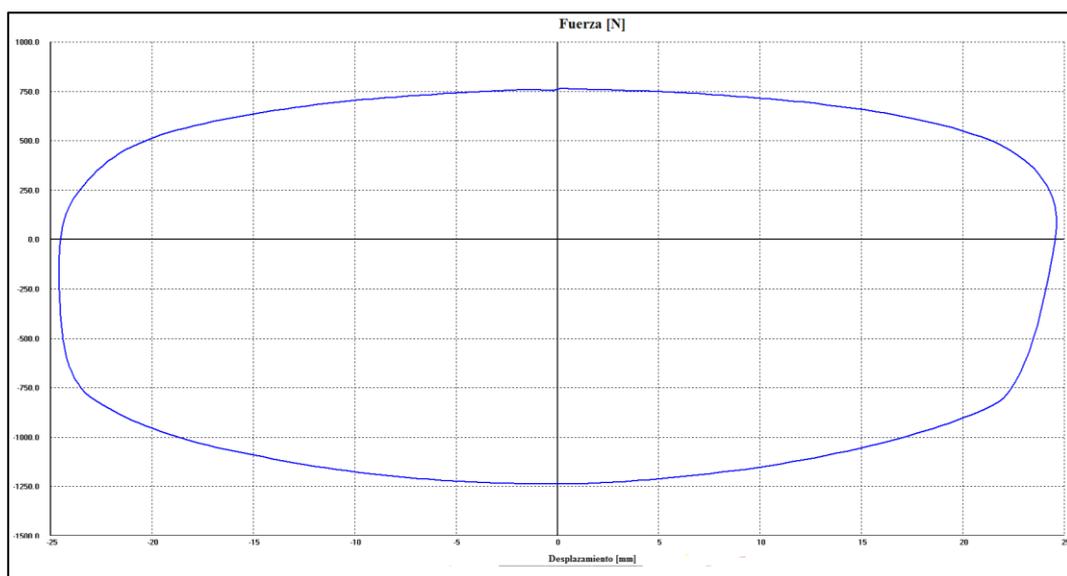


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	482,95 -304,9
Pk. Estens.	-945,94 296,24
Temp. Mediana	22,3

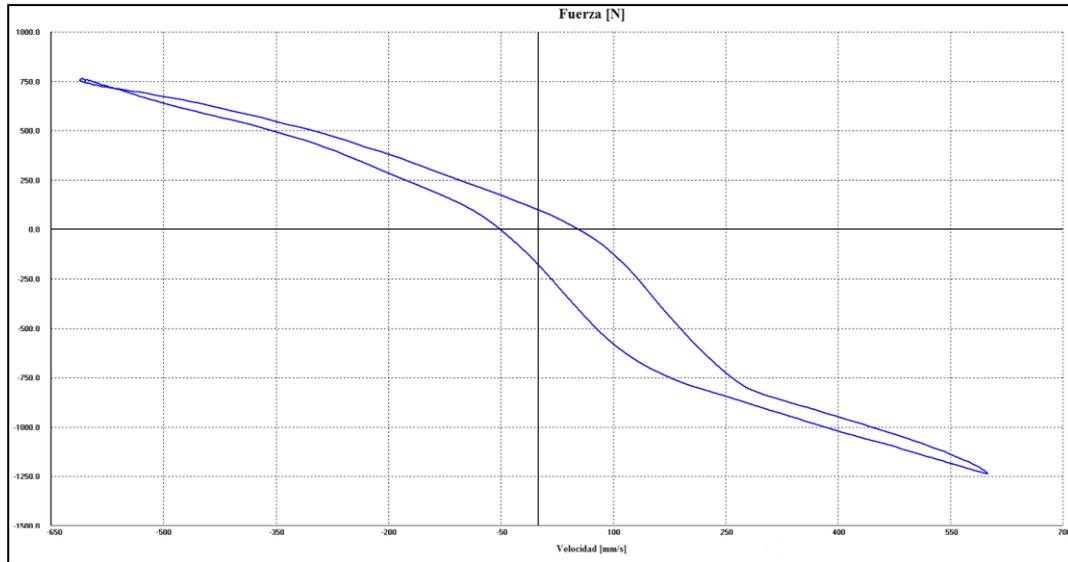
Prueba EAA 01-1.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

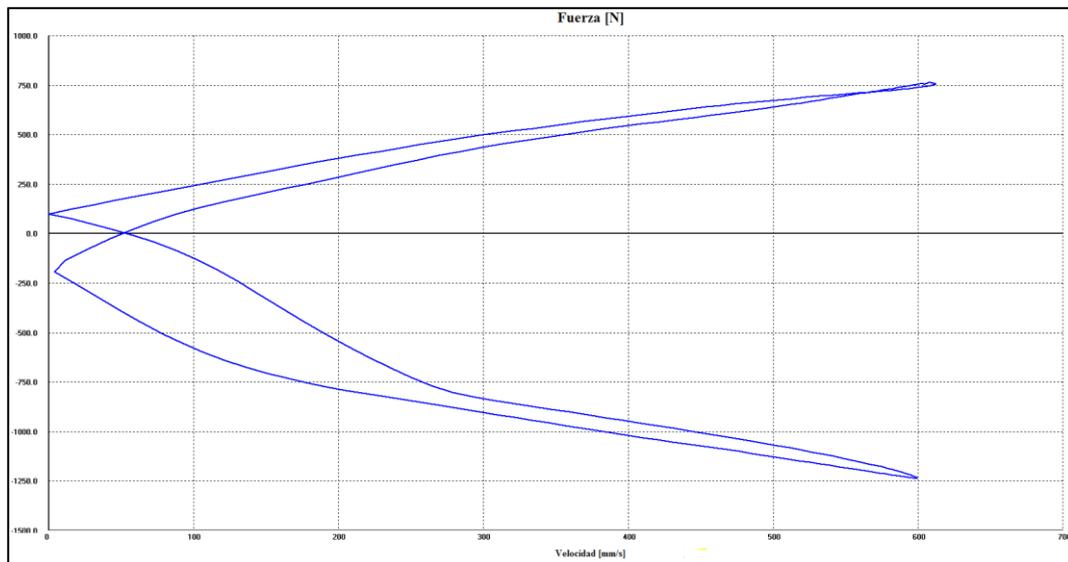




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



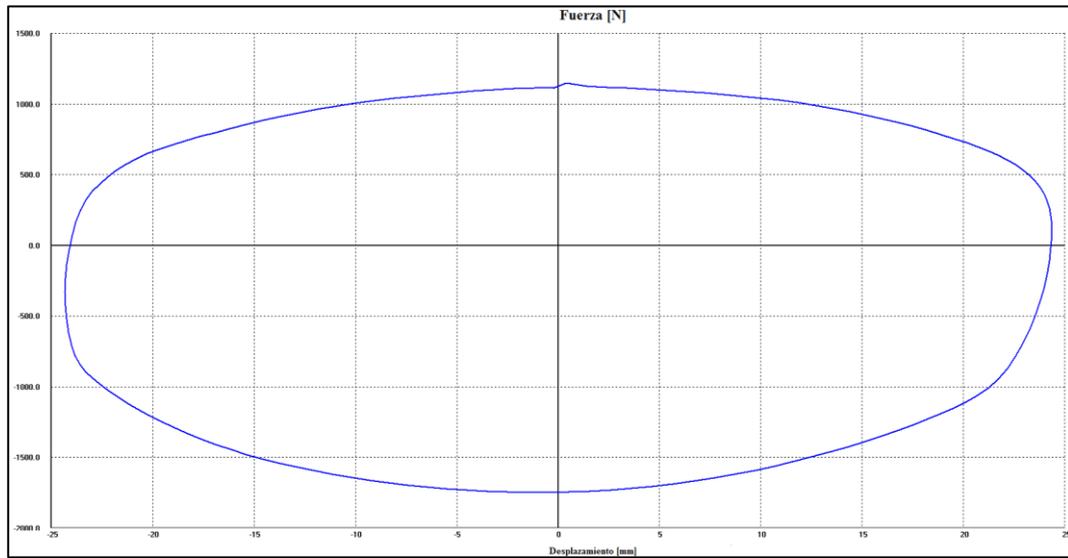
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	119,74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	766,33 -604,43
Pk.Estens.	-1241,3 601,33
Temp.Mediana	22,1

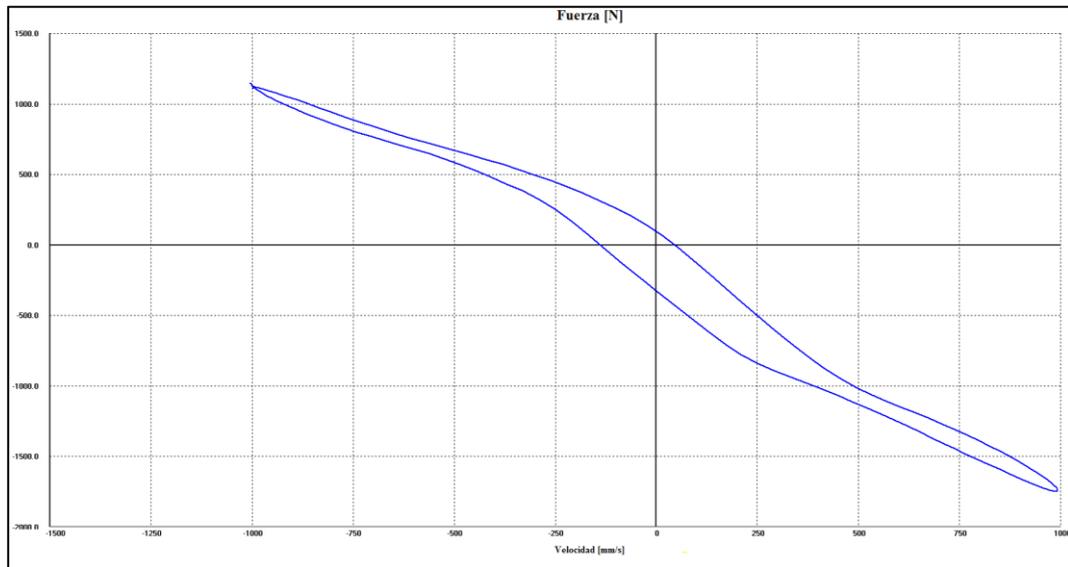


Prueba EAA 01-1.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

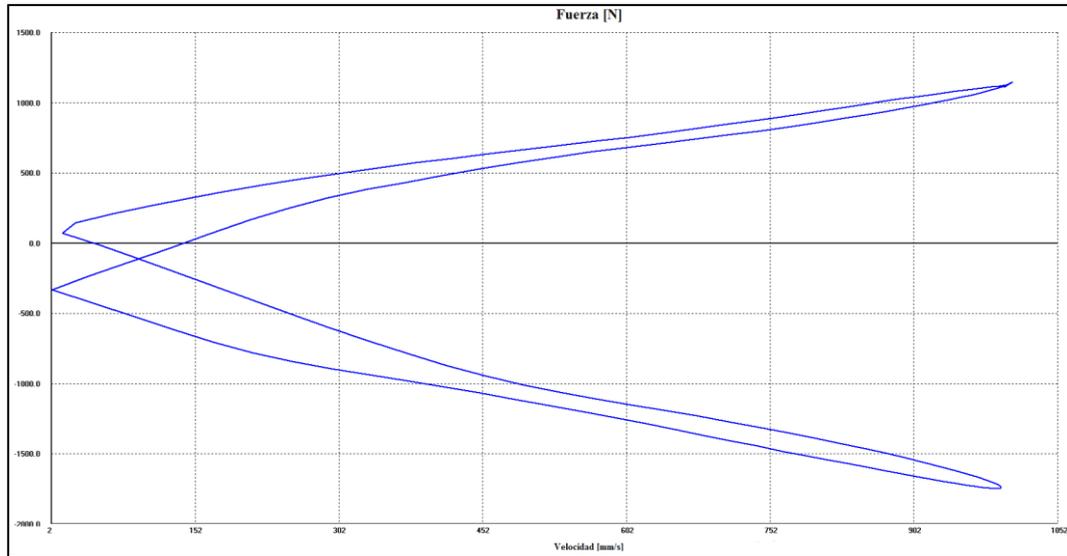


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

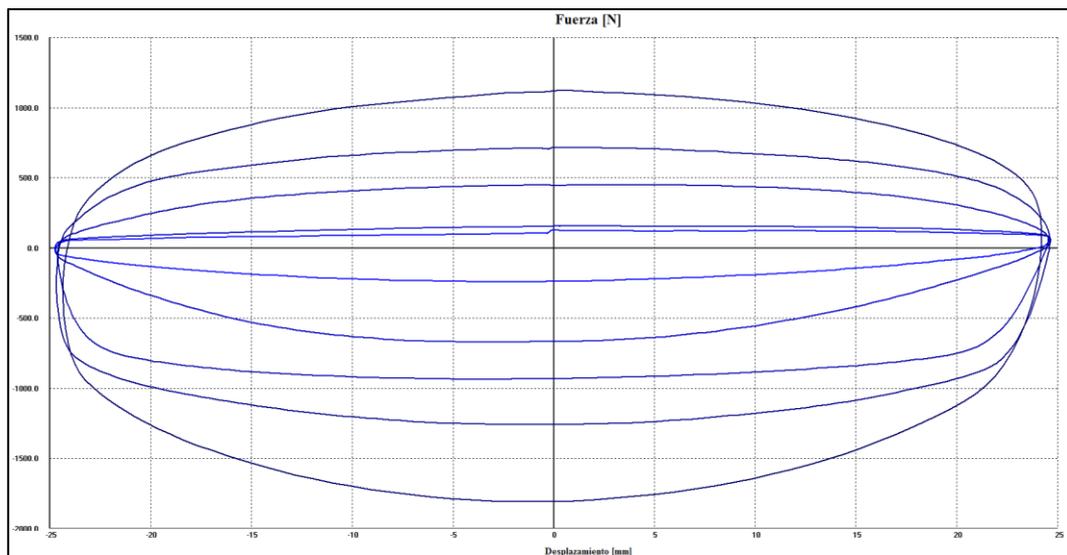


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,23
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1149,5 -996,17
Pk. Estens.	-1764,16 1001,61
Temp. Mediana	20,8

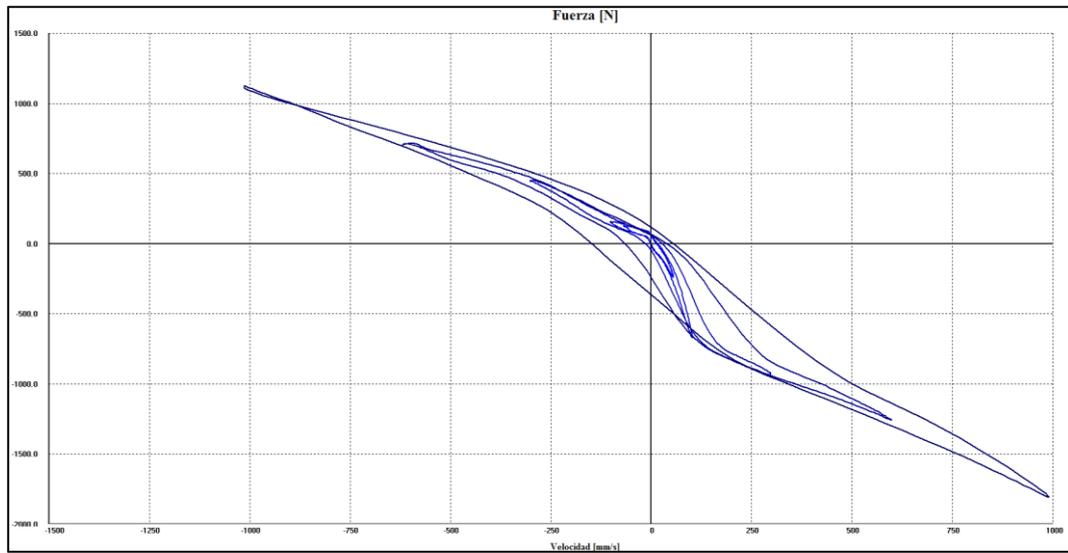
Prueba EAA 01-1.V: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

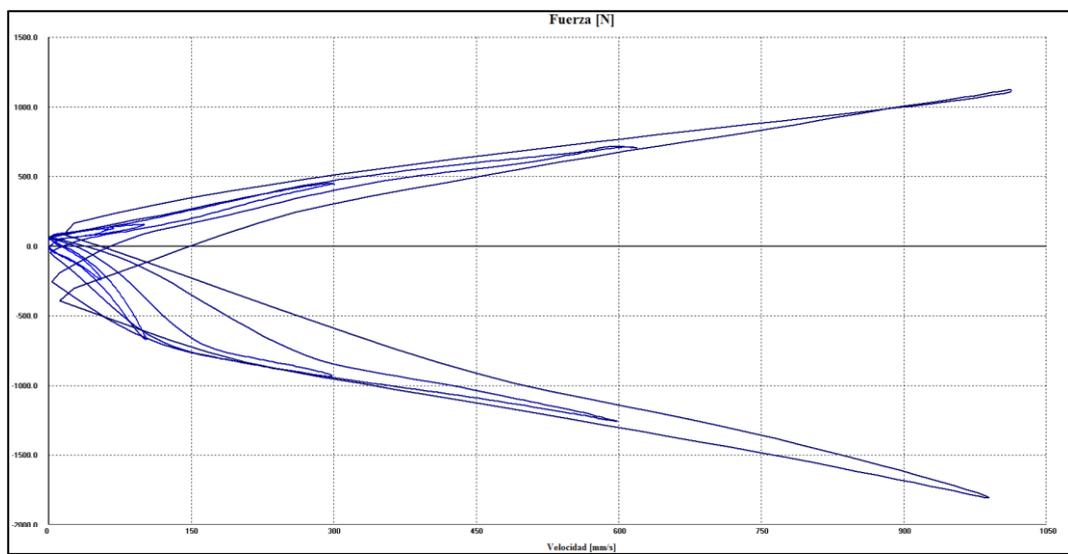




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]		
Pk. Compres.	131,71	-56,7	
Pk. Estens.	-247,46	55,61	
Temp. Mediana	20,9		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]		
Pk. Compres.	159,65	-100,86	
Pk. Estens.	-674,53	103,6	
Temp. Mediana	20,9		



Prueba 1		Run 3	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	455,01	-300,39	
Pk.Estens.	-341,55	299,12	
Temp. Mediana	21,		

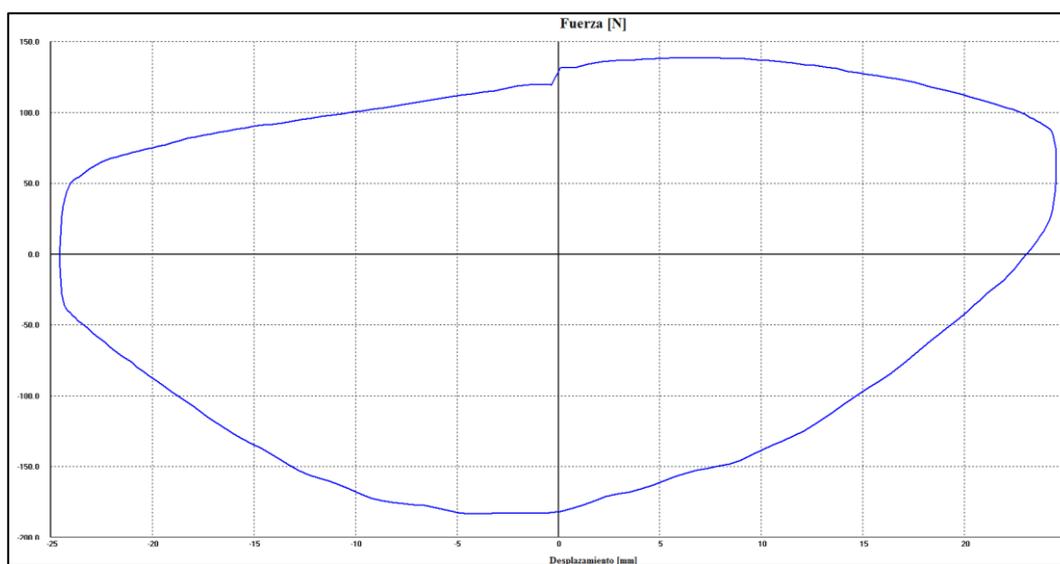
Prueba 1		Run 4	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	718,44	-598,87	
Pk.Estens.	-1261,25	600,8	
Temp. Mediana	21,		

Prueba 1		Run 5	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	1125,55	-1003,52	
Pk.Estens.	-1020,02	997,72	
Temp. Mediana	21,1		

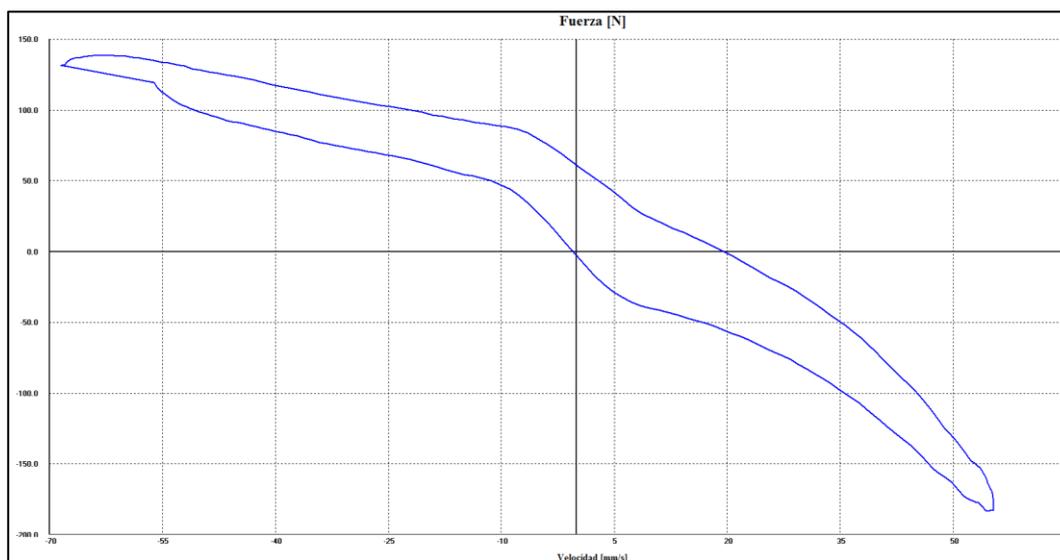
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 01-2

Prueba EAA 01-2.50.2: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

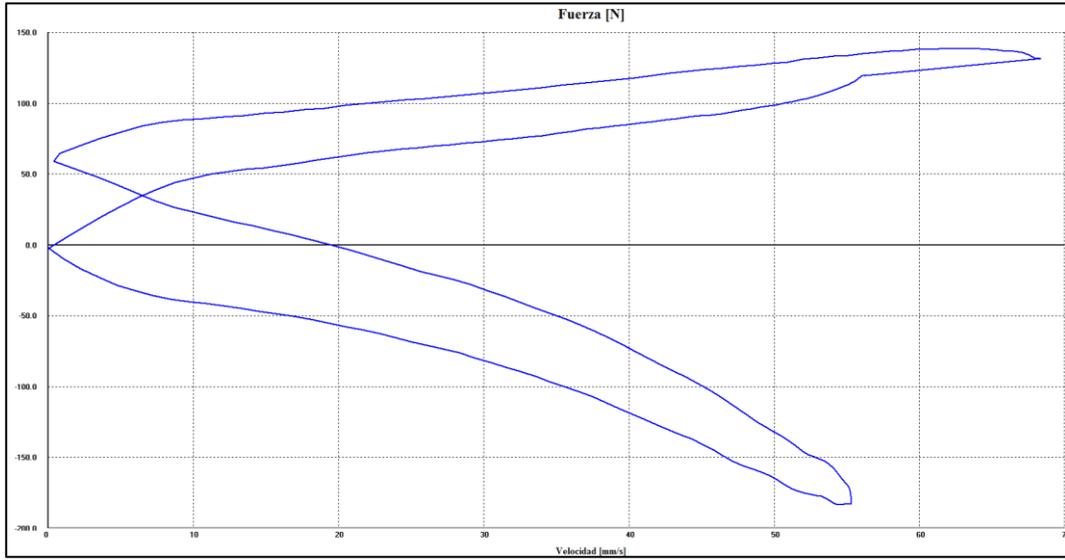


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

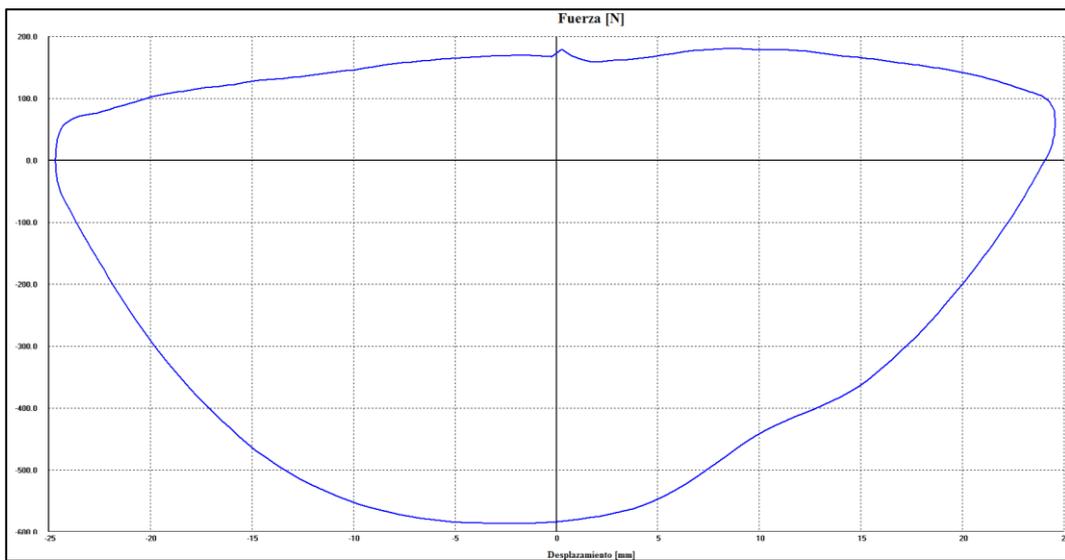


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,08
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	139,7 -56,37
Pk. Estens.	-191,98 95,57
Temp. Mediana	21,6

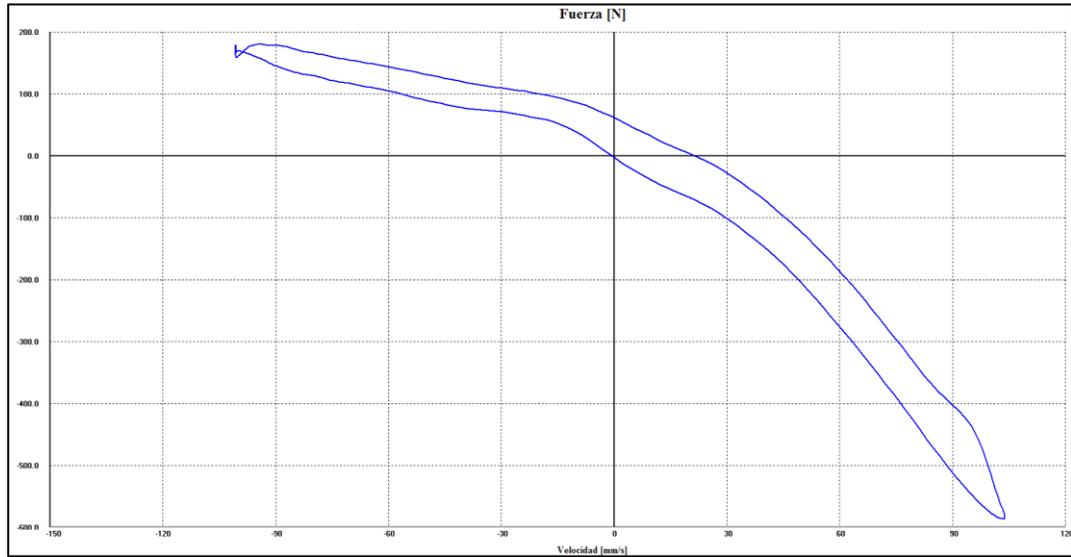
Prueba EAA 01-2.100.2: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

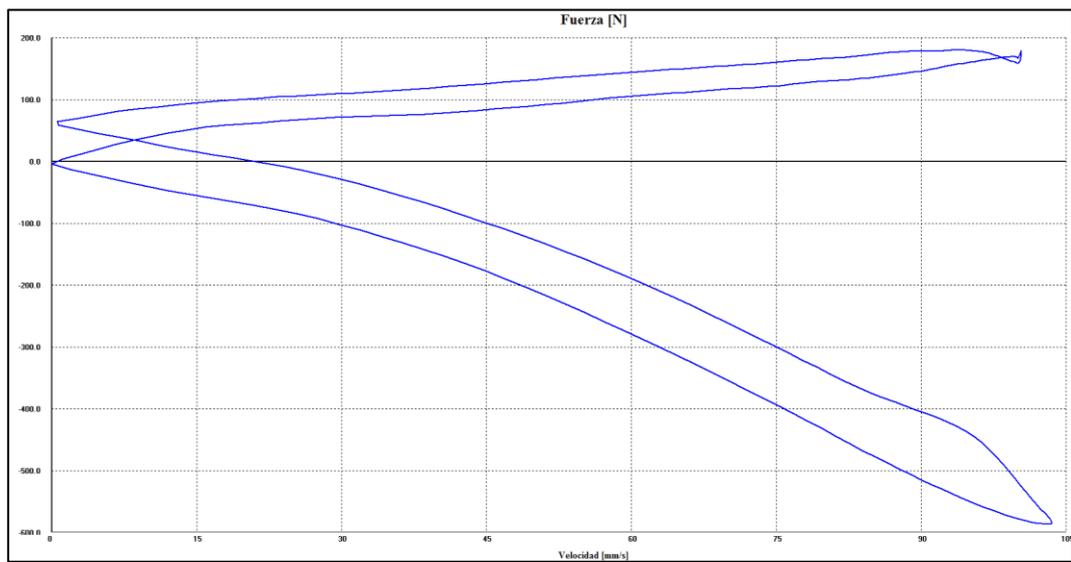




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



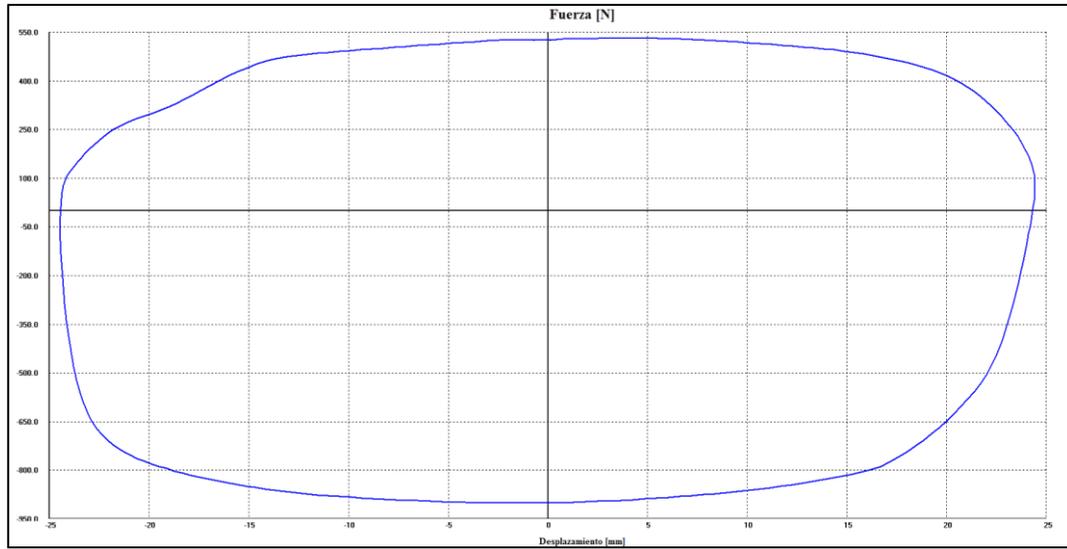
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,08
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	183,6 100,47
Pk.Estens.	-586,72 104,15
Temp.Mediana	21,6

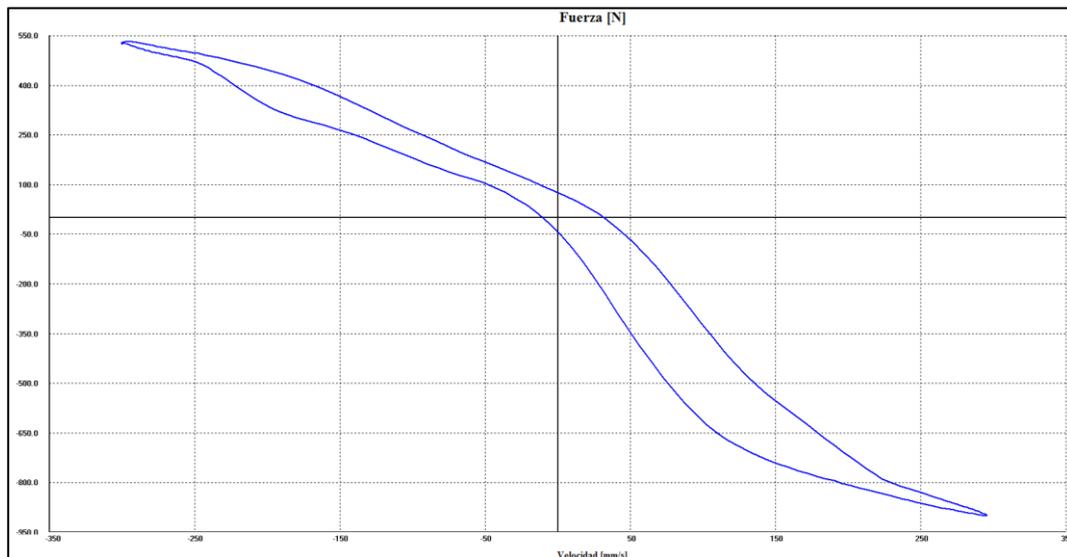


Prueba EAA 01-2.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

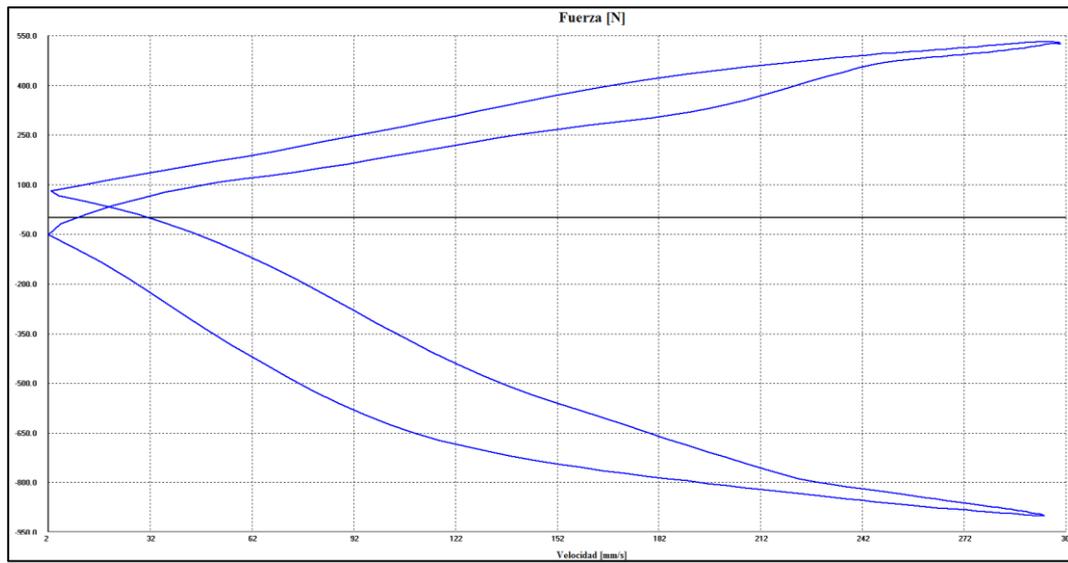


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

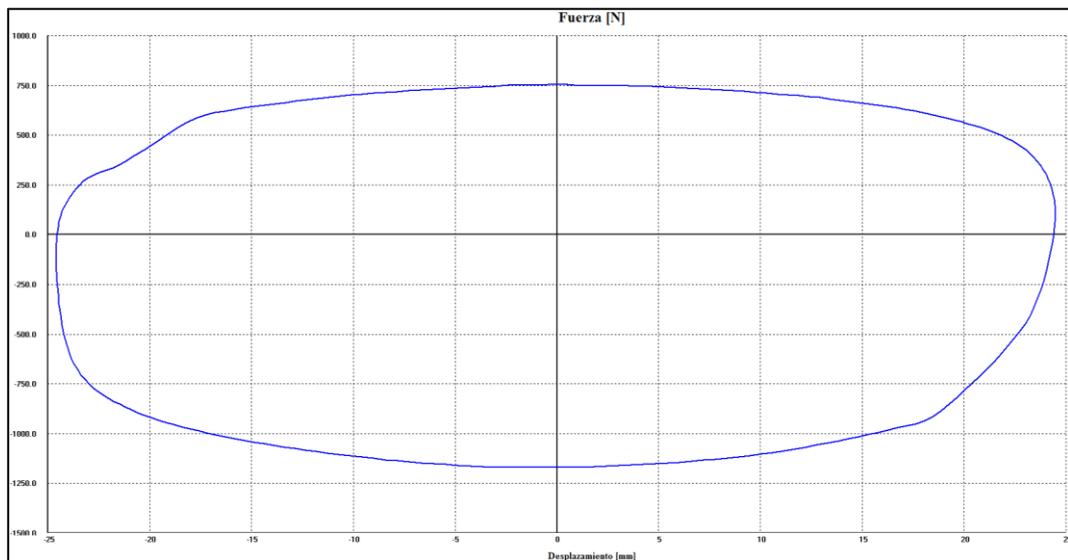


Datos de prueba

Excursión [mm]	49.96
Precarga [N]	119.74
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300.0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	534.84 299.76
Pk. Estens.	-902.04 296.55
Temp. Mediana	21.4

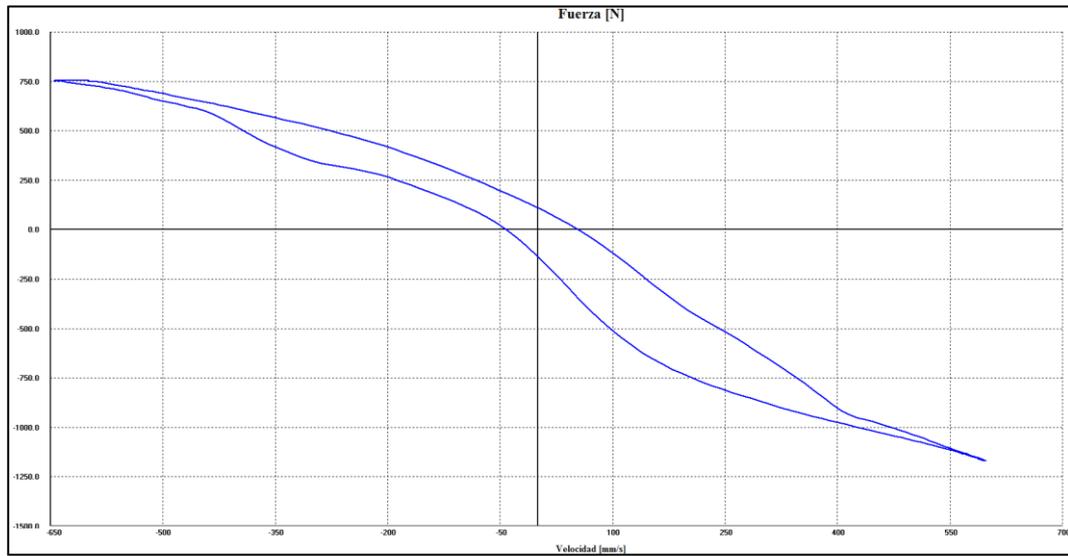
Prueba EAA 01-2.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

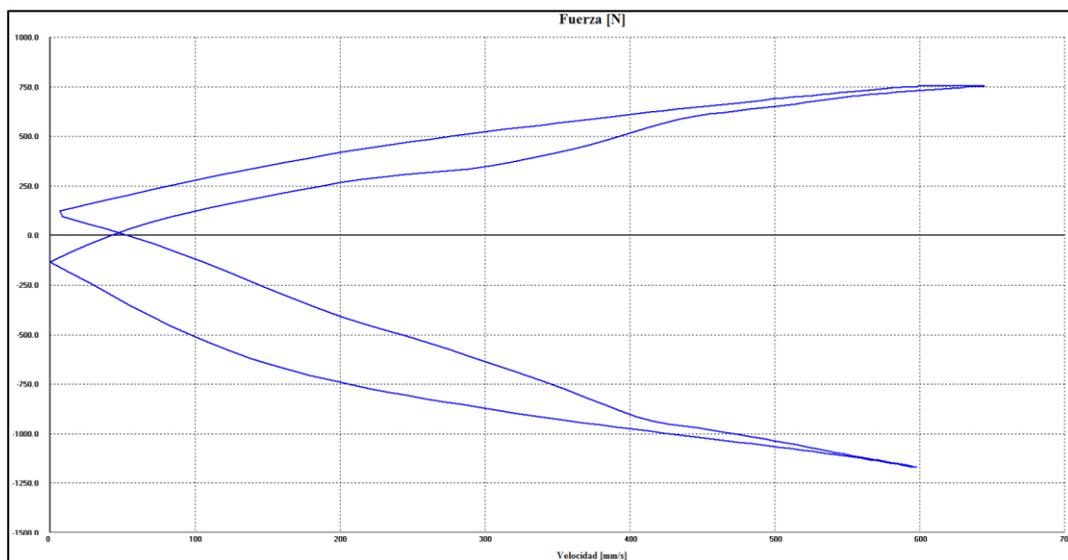




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



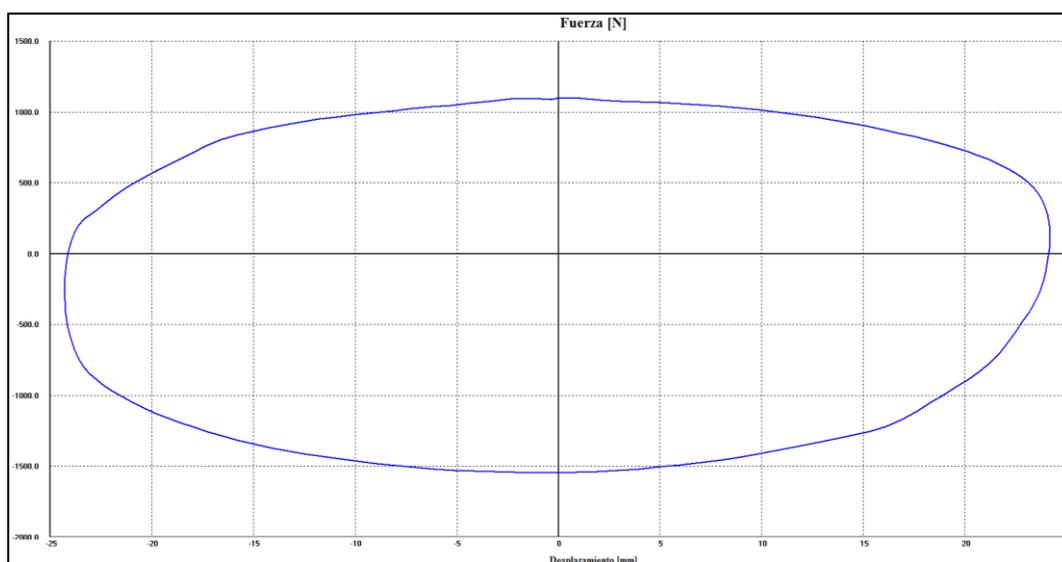


Datos de prueba

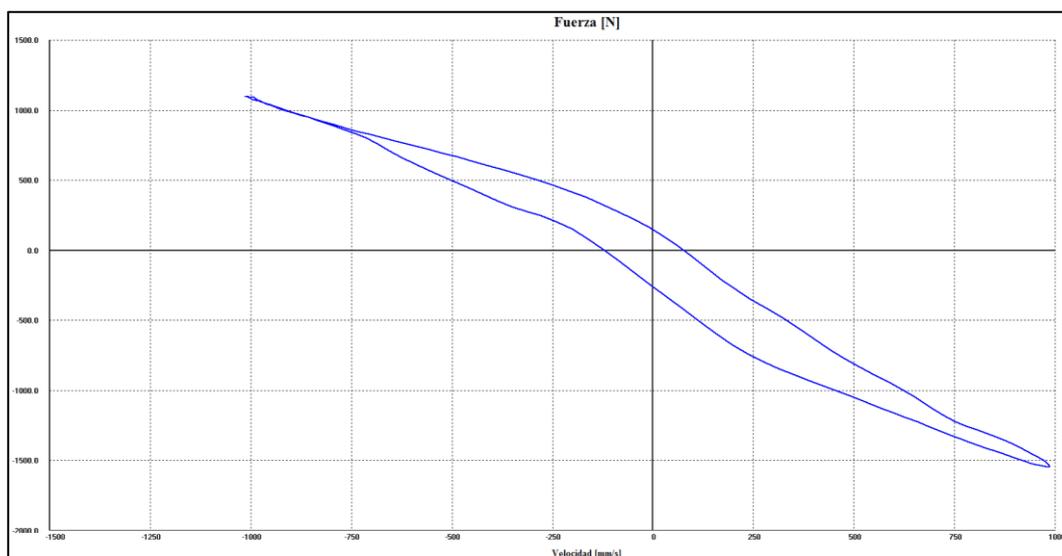
Excursión [mm]	50,0	
Precarga [N]	119,74	
Roce Despego [N]	0	
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0	
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]		
Pk. Compres.	754,36	-599,56
Pk. Estens.	-1177,44	599,66
Temp. Mediana	22.	

Prueba EAA 01-2.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

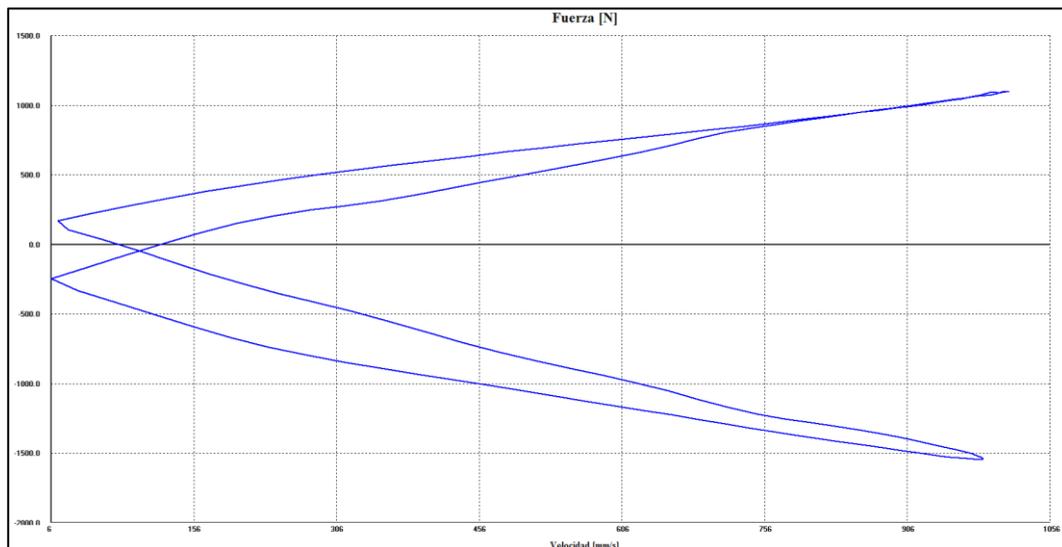
Fuerza/Desplazamiento



Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta

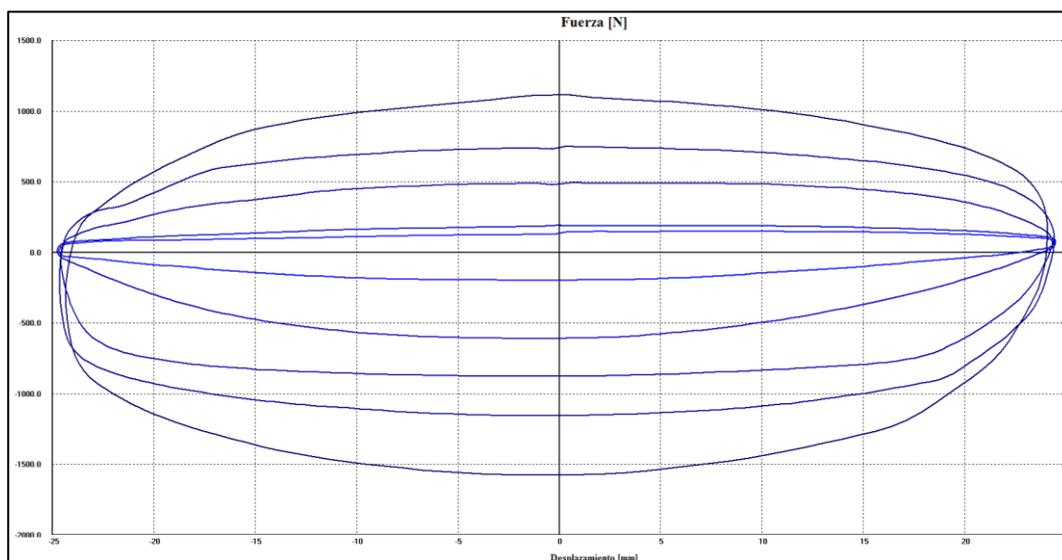


Datos de prueba

Excursión [mm]	50.0
Precarga [N]	143.69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000.0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	1101.6
Pk.Estens.	-1560.58
Temp.Mediana	22.6

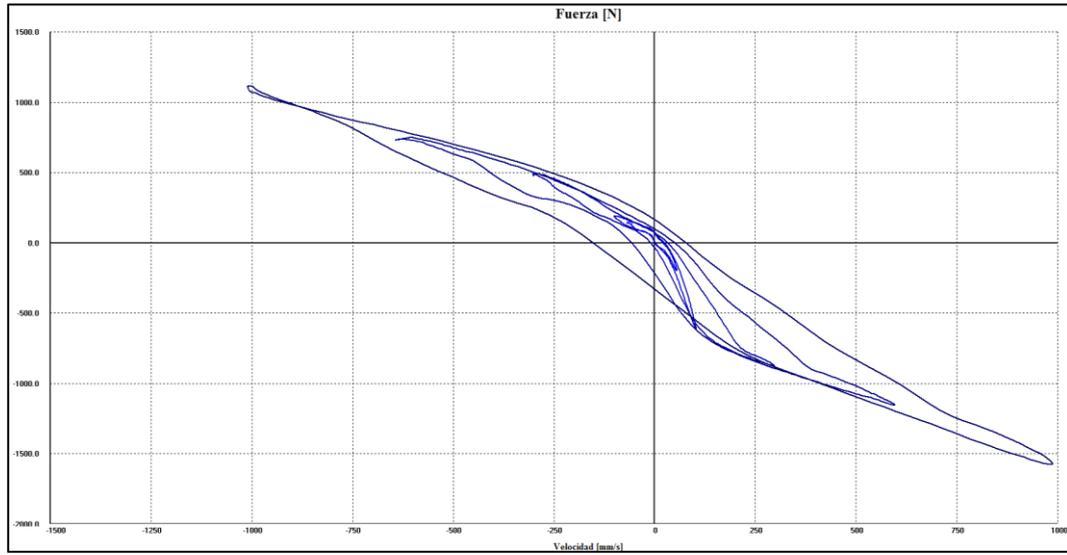
Prueba EAA 01-2.V.2: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

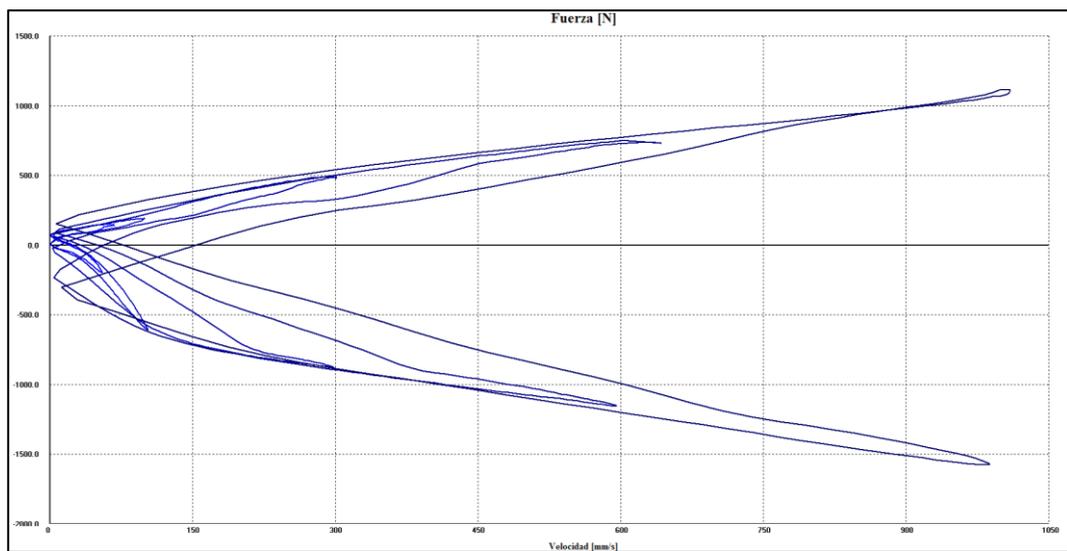




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	119,74		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	151,67	-56,81	
Pk.Estens.	-203,56	56,57	
Temp. Mediana	21,1		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	119,74		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	195,57	-99,54	
Pk.Estens.	-614,66	103,69	
Temp. Mediana	21,1		

Prueba 1		Run 3	
Excursión [mm]	50,27		
Precarga [N]	119,74		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	490,93	-301,14	
Pk.Estens.	-878,09	299,09	
Temp. Mediana	21,1		



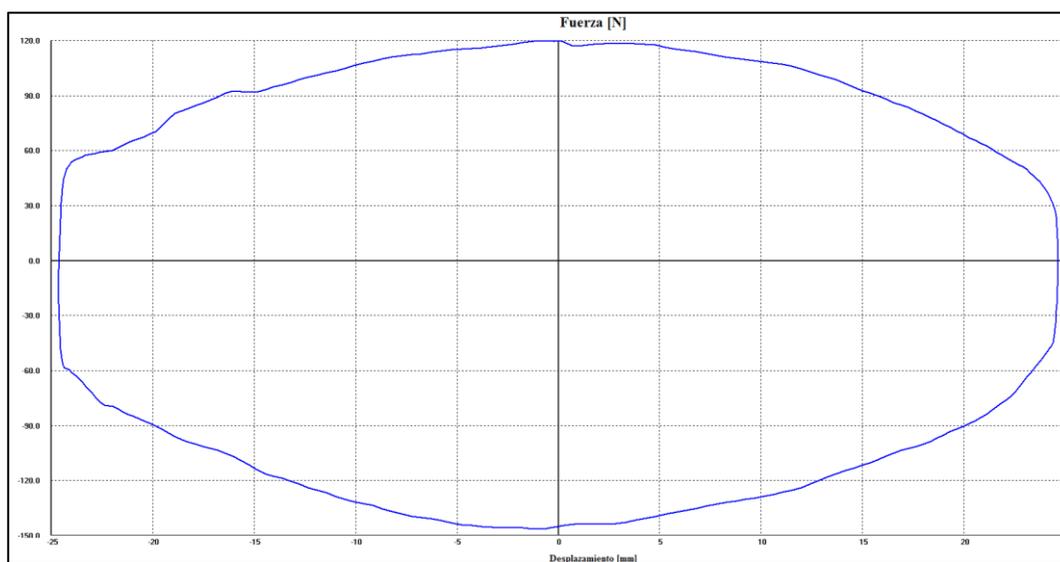
Prueba 1		Next	Run 4	Next
Excursión [mm]	50,27			
Precarga [N]	119,74			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0			
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	754,36		-599,74	
Pk.Estens.	-1161,47		597,52	
Temp.Mediana	21,1			

Prueba 1		Next	Run 5	Next
Excursión [mm]	50,27			
Precarga [N]	119,74			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0			
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	1113,58		-998,6	
Pk.Estens.	-1600,52		997,34	
Temp.Mediana	22,6			

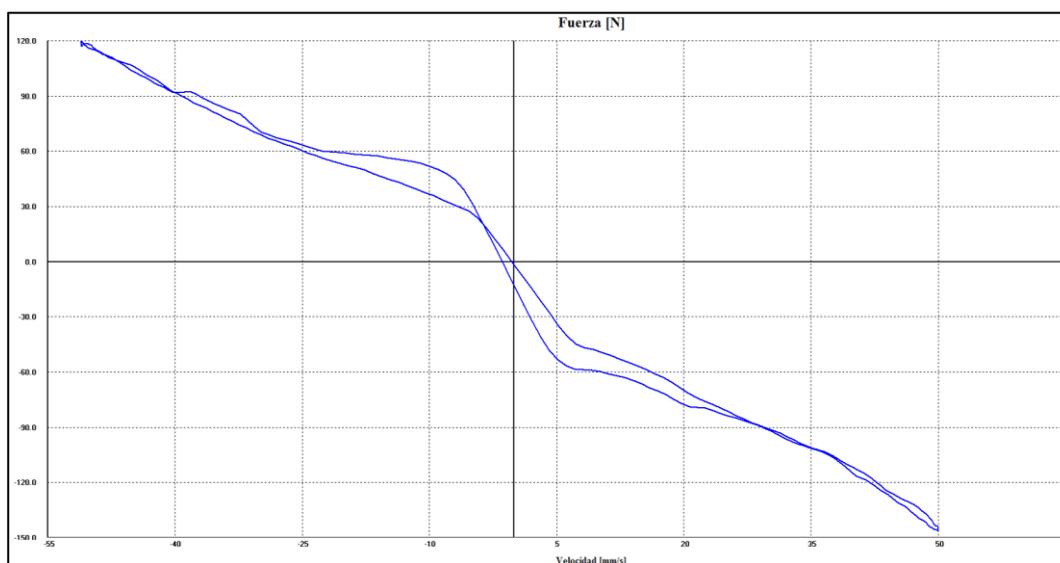
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 02-1

Prueba EAA 02-1.50: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

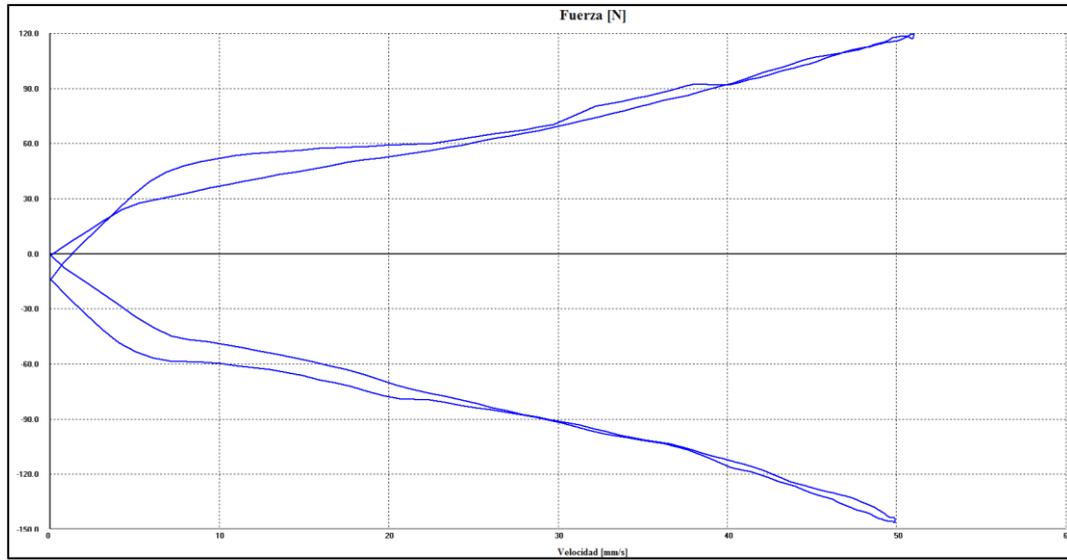


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

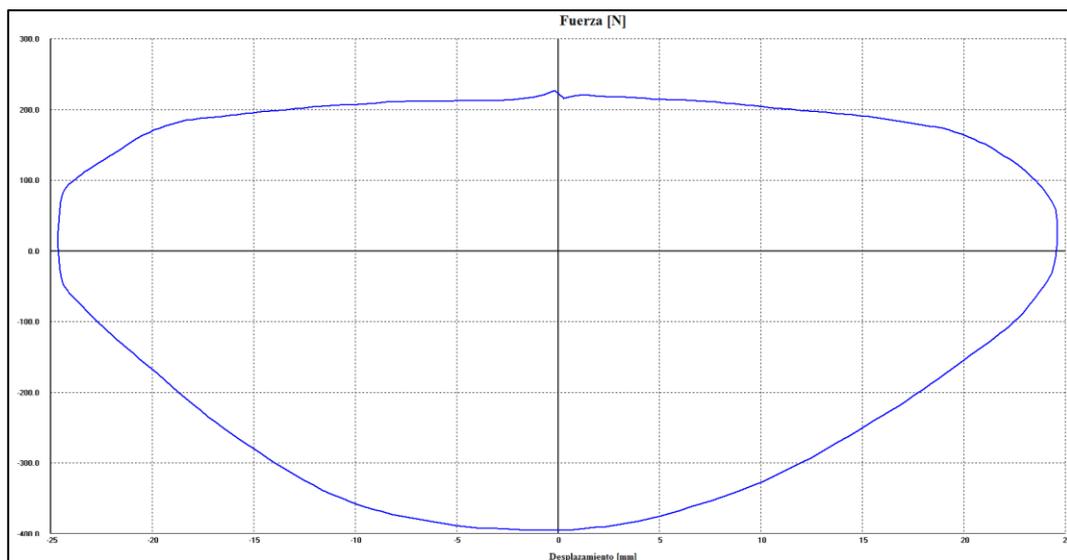


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	47,9
Fofoe Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compress.	119,74 -51,09
Pk.Estens.	-155,66 50,13
Temp.Mediana	22,7

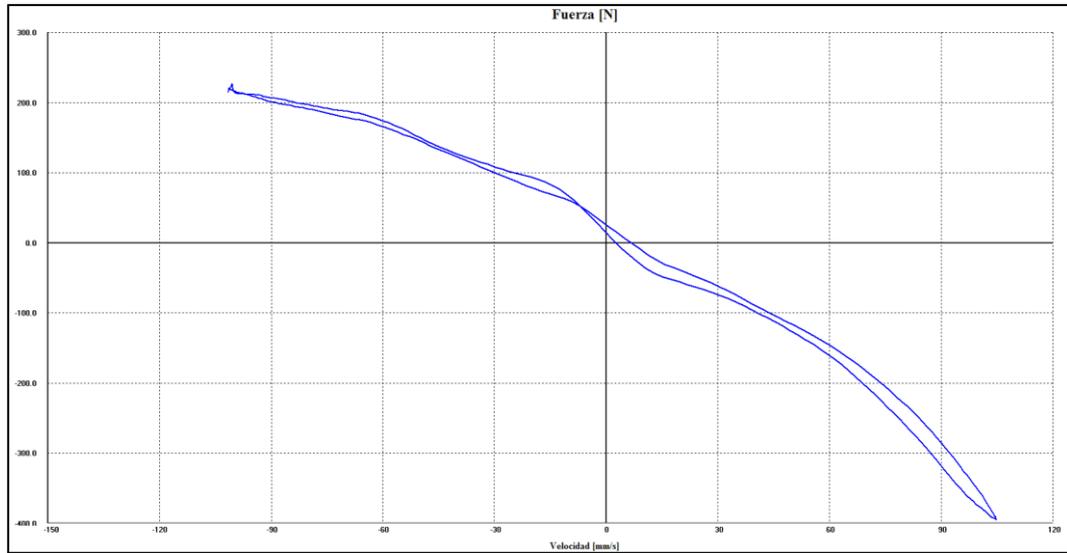
Prueba EAA 02-1.100: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

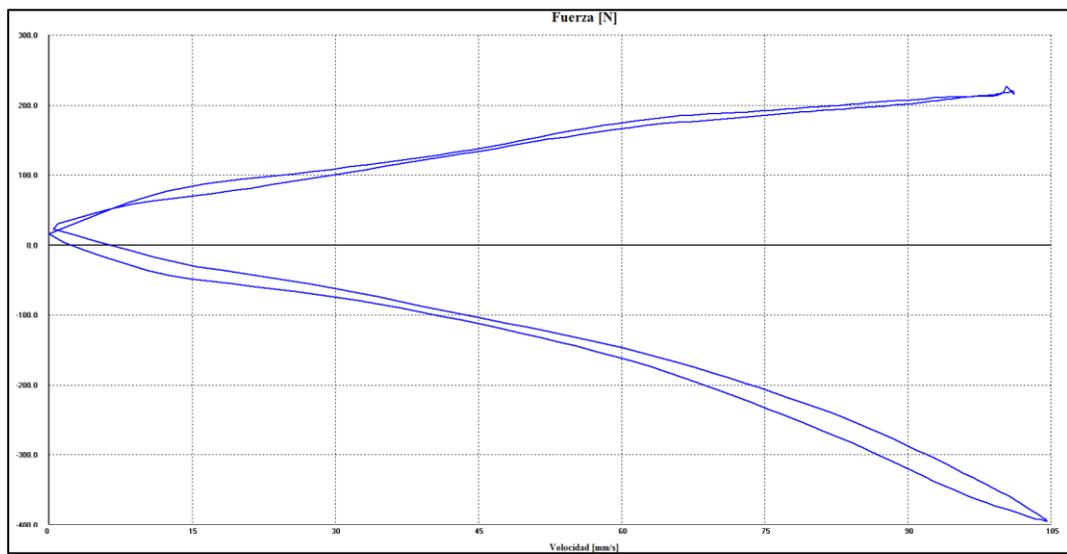




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



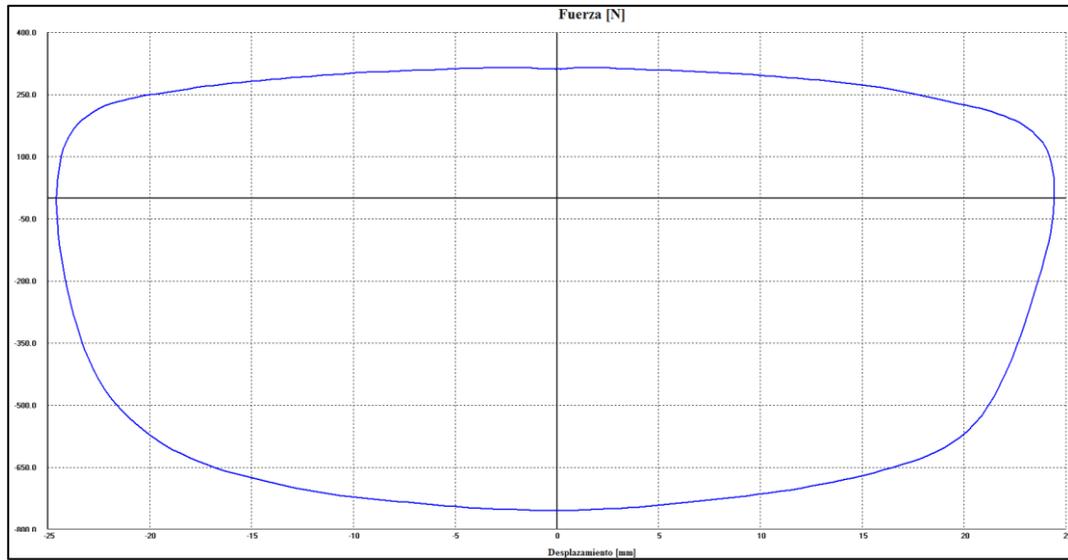
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	23,95
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	227,51 100,59
Pk.Estens.	389,13 105,17
Temp. Mediana	22,6

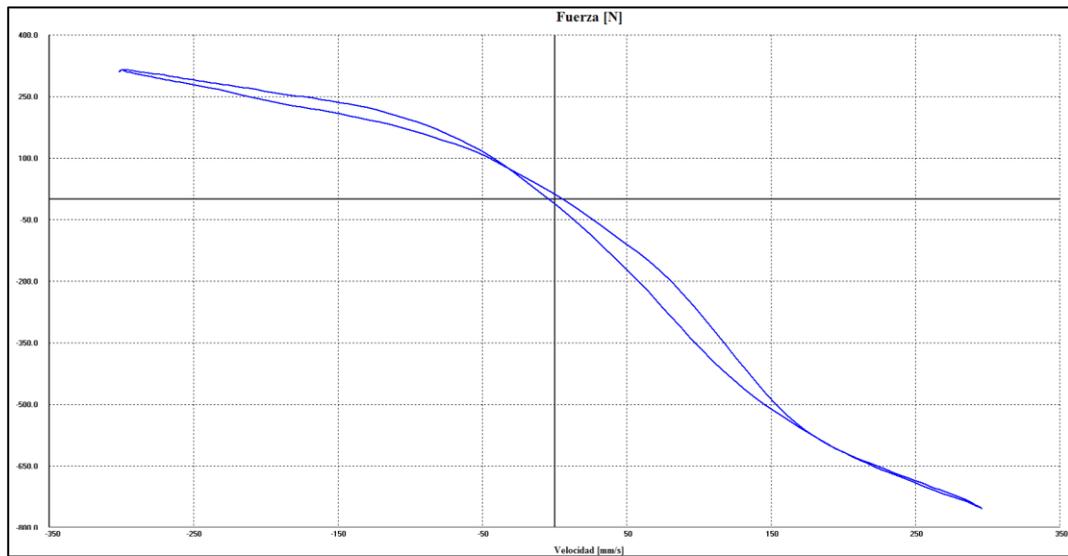


Prueba EAA 02-1.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

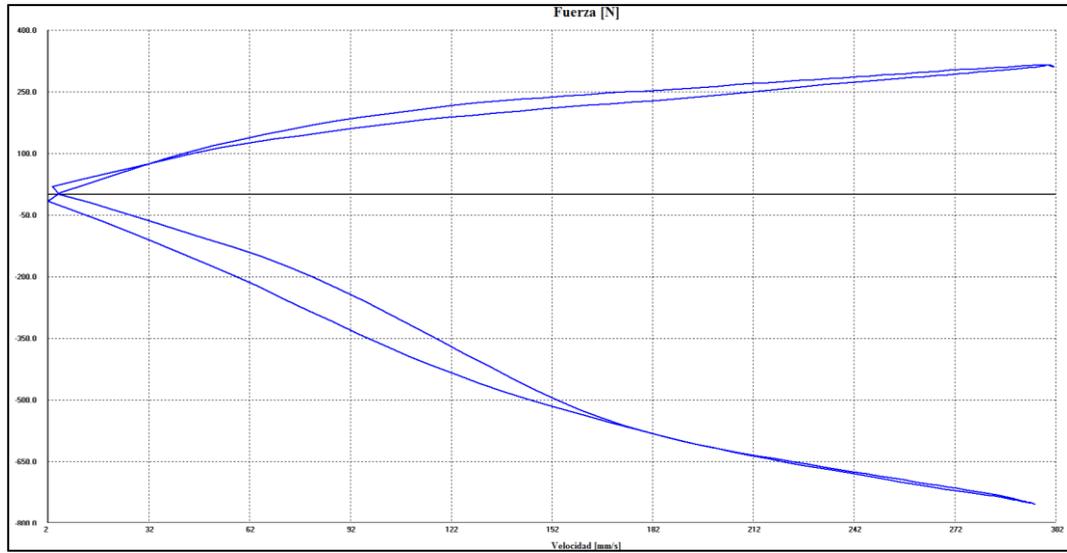


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

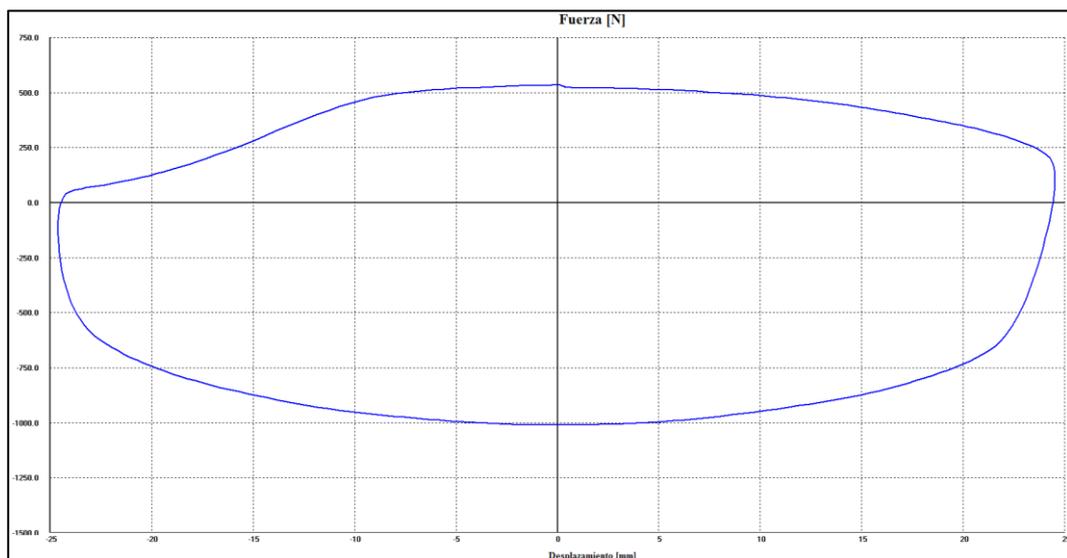


Datos de prueba

Excursión [mm]	50.23
Precarga [N]	47.9
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300.0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	319.31 -301.04
Pk. Estens.	734.36 296.72
Temp. Mediana	22.6

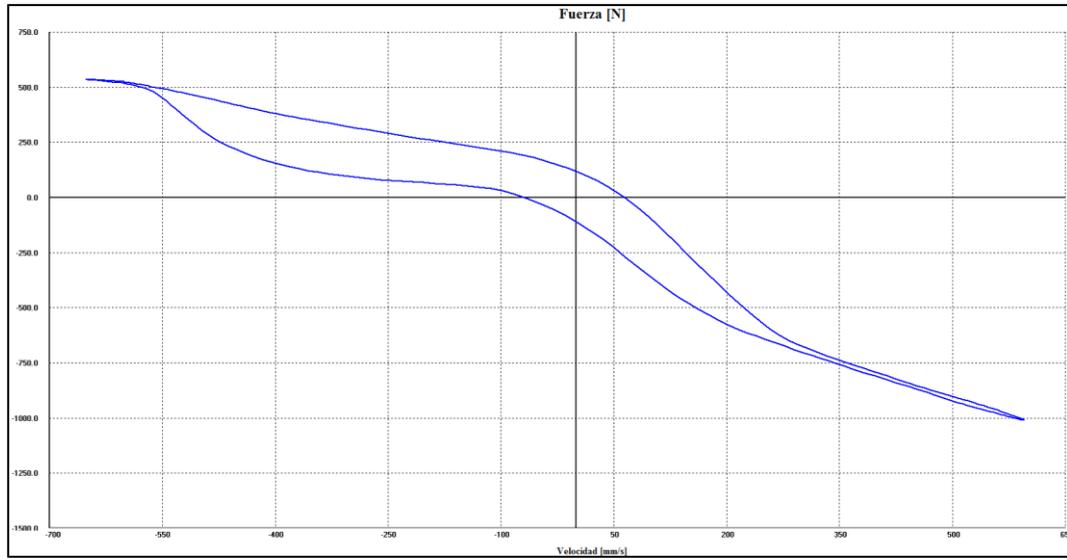
Prueba EAA 02-1.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

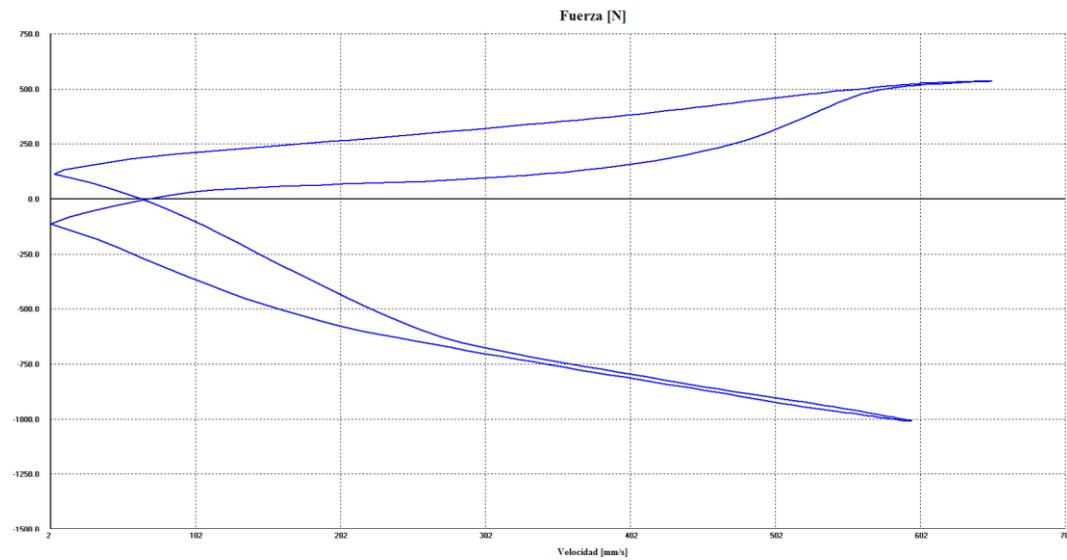




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



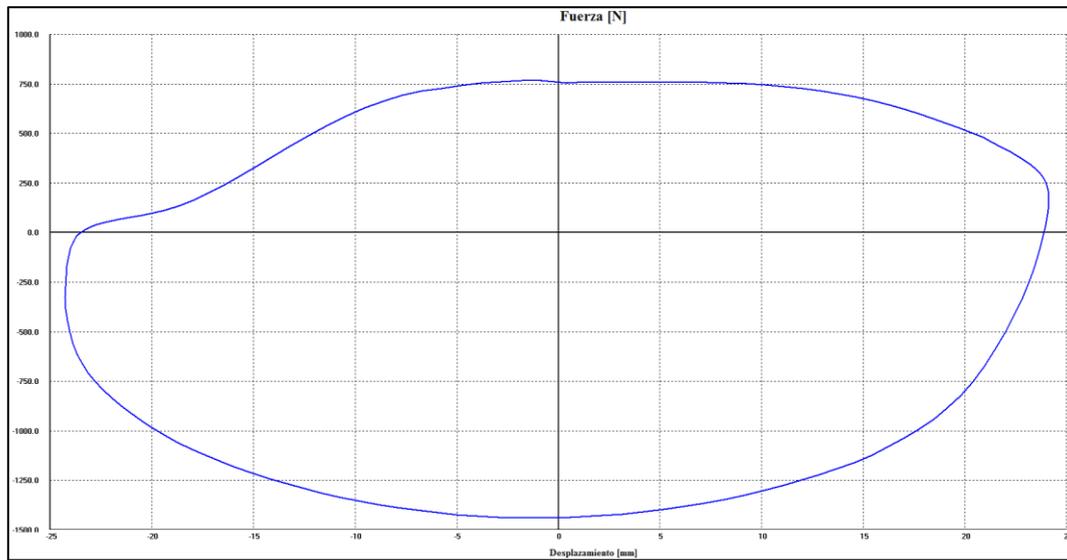
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,19
Precarga [N]	35,92
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	538,83 601,56
Pk.Estens.	-1013,79 -597,95
Temp. Mediana	22,6

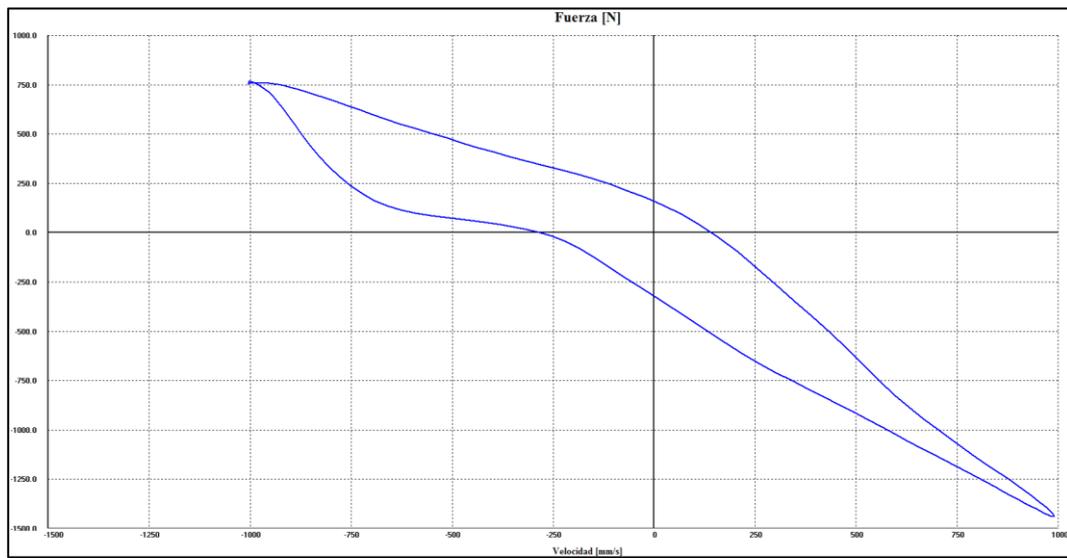


Prueba EAA 02-1.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

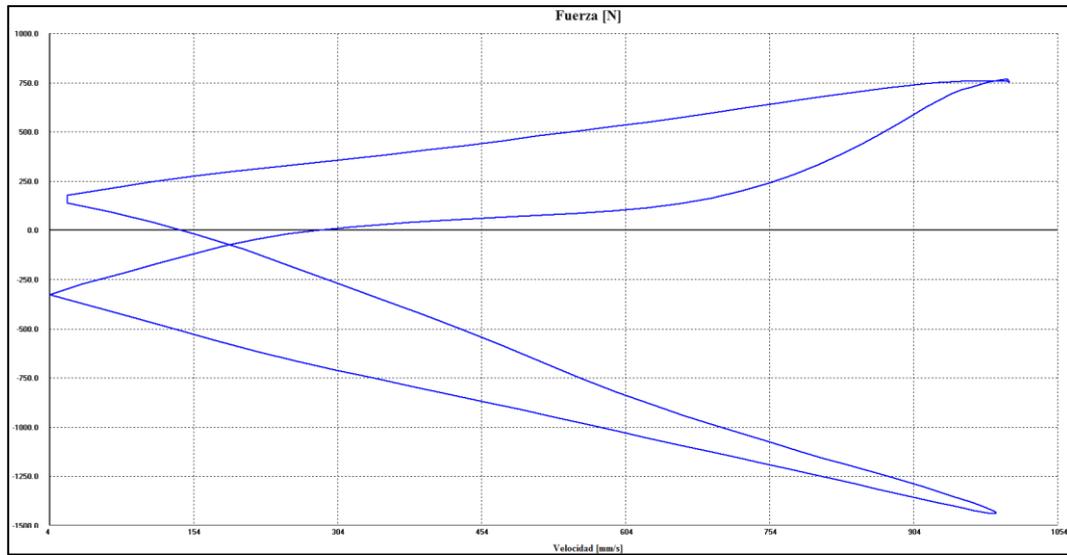


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

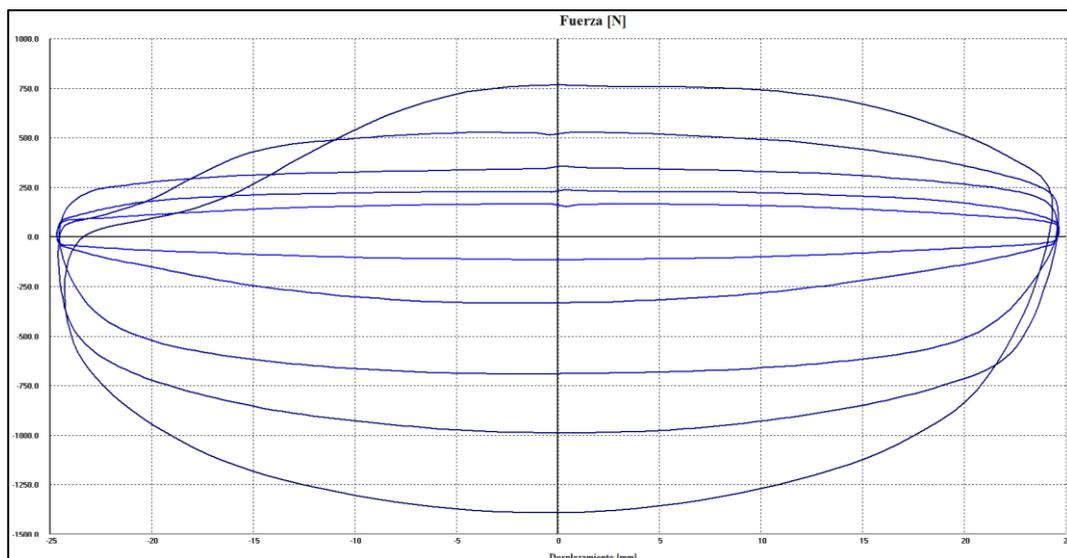


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,34
Precarga [N]	11,98
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	766,33 -1002,41
Pk. Estens.	-1452,84 999,76
Temp. Mediana	22,2

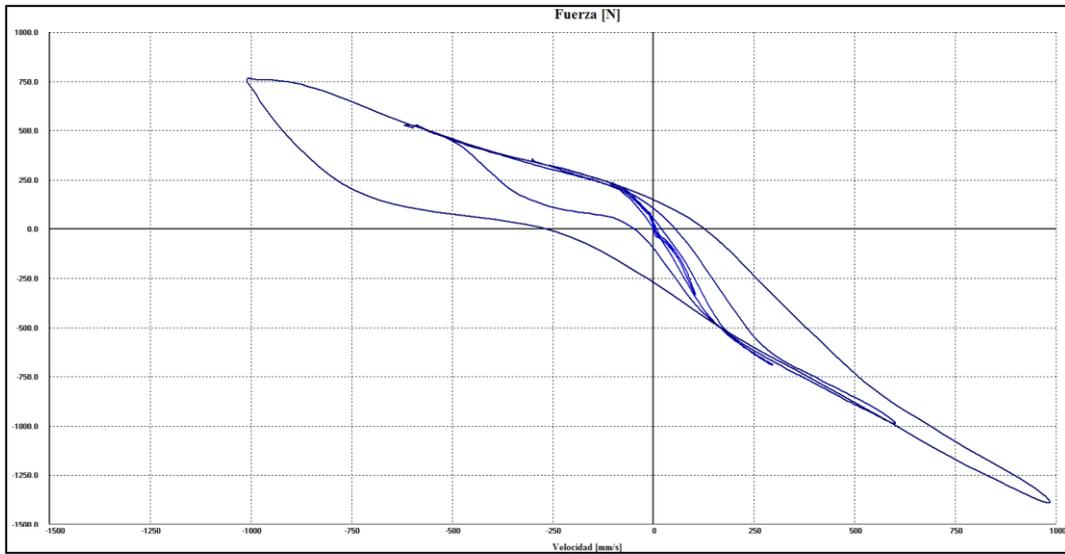
Prueba EAA 02-1.V: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

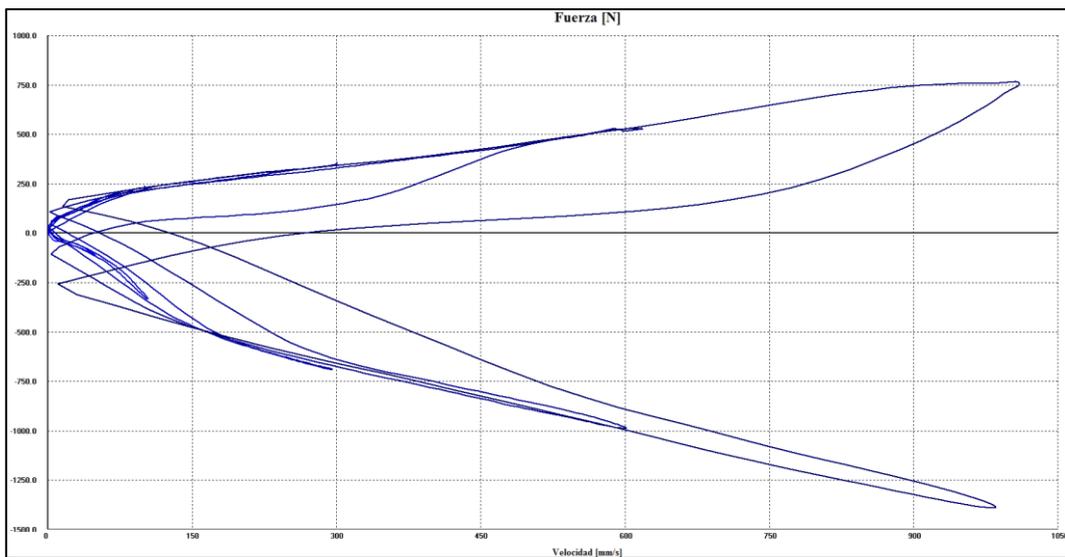




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,23		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]			
Pk.Compress.	167,63	-50,78	
Pk.Estens.	-119,74	49,79	
Temp.Mediana	22,		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,23		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]			
Pk.Compress.	239,48	-100,71	
Pk.Estens.	-335,27	104,41	
Temp.Mediana	22,		

Prueba 1		Run 3	
Excursión [mm]	50,23		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]			
Pk.Compress.	359,22	-299,5	
Pk.Estens.	-694,49	296,72	
Temp.Mediana	22,		



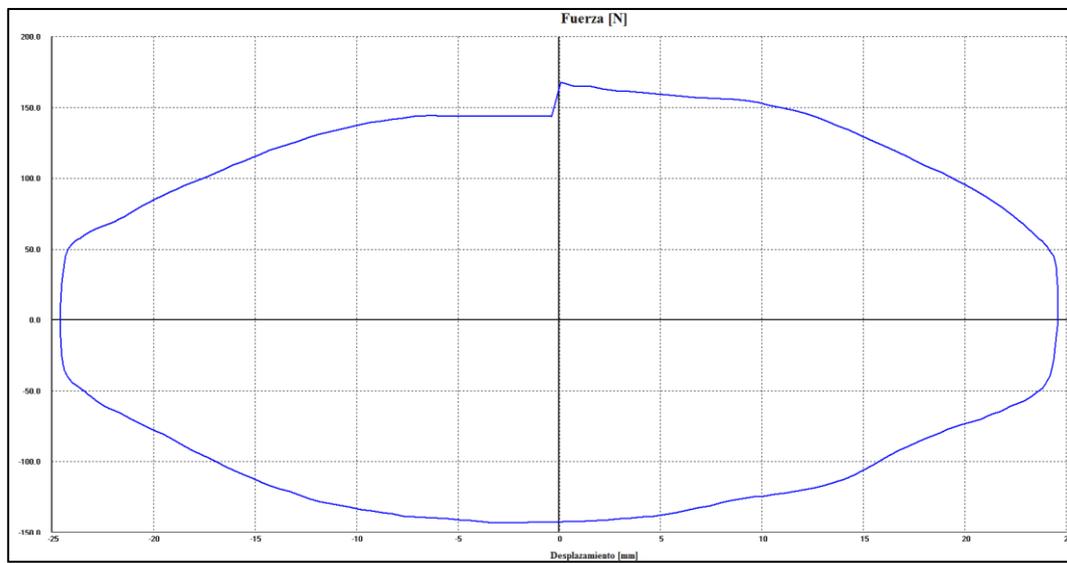
Prueba 1		Run 4	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,23		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0		
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]			
Pk.Compress.	534,84	-597,97	
Pk.Estens.	-989,85	602,84	
Temp. Mediana	22,		

Prueba 1		Run 5	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,23		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0		
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]			
Pk.Compress.	766,33	-1004,82	
Pk.Estens.	-1408,93	995,03	
Temp. Mediana	23,		

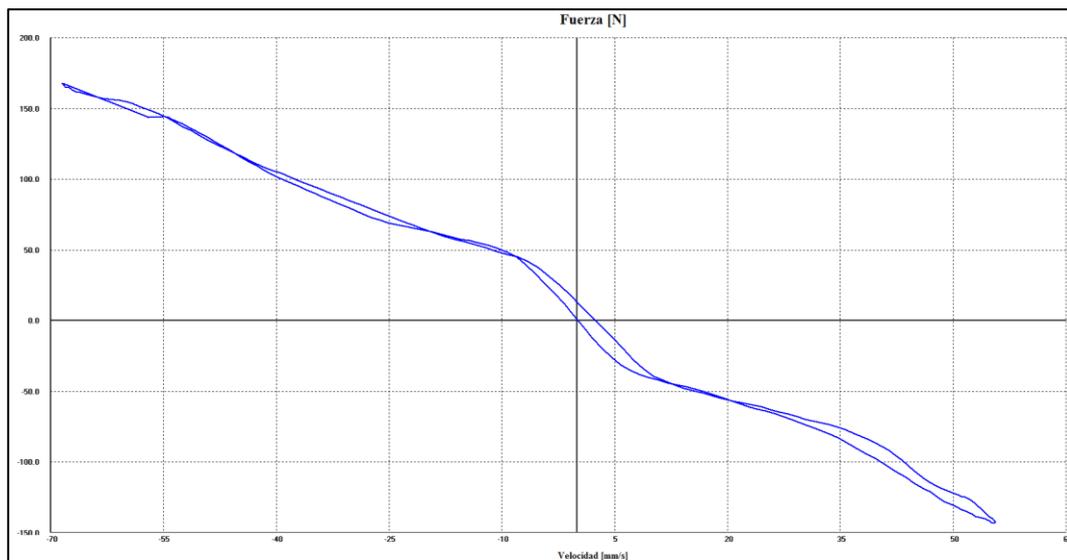
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 02-2

Prueba EAA 02-2.50: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

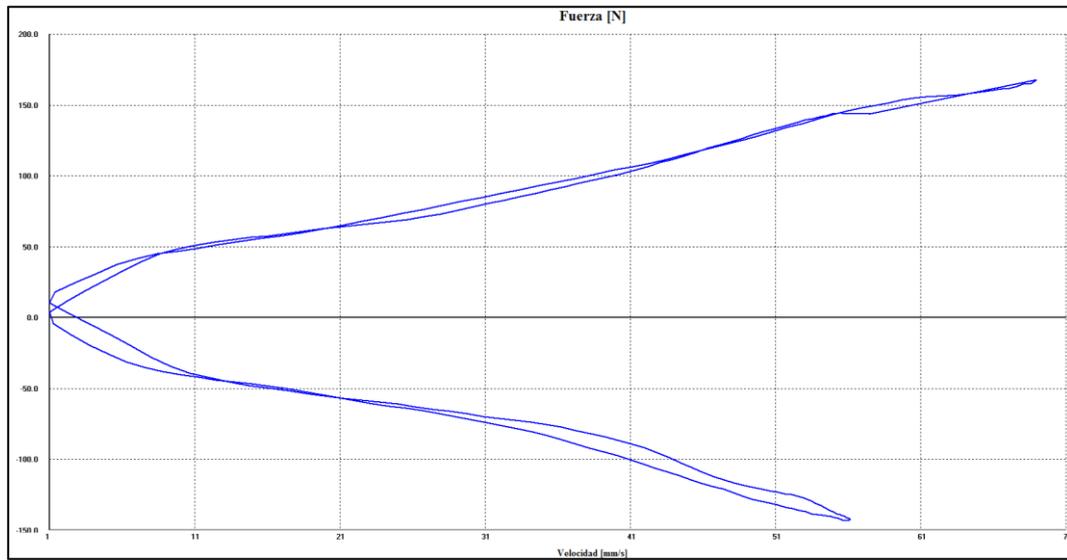


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

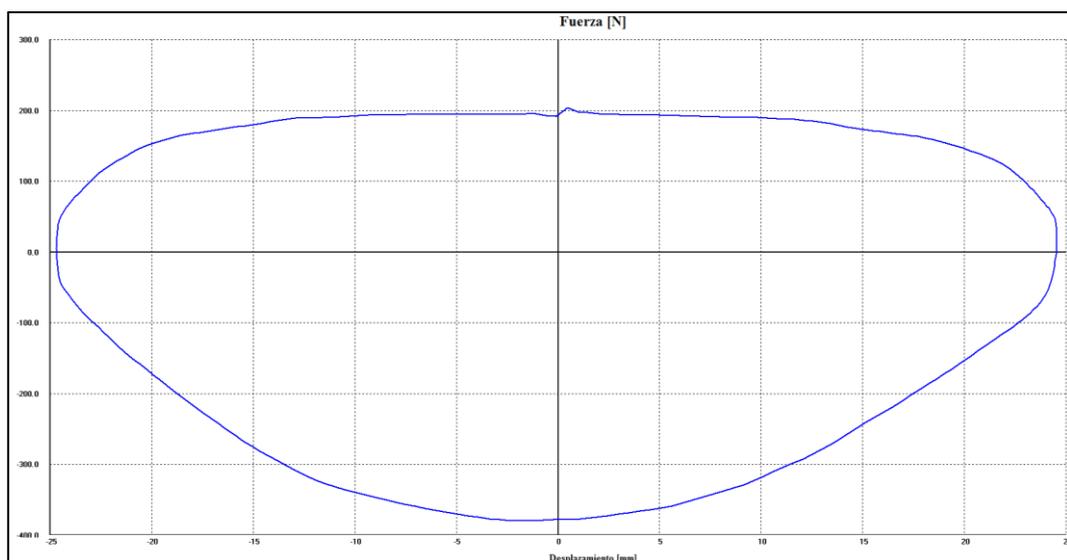


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	35,92
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	167,64 -57,01
Pk. Estens.	-147,68 65,79
Temp. Mediana	21,5

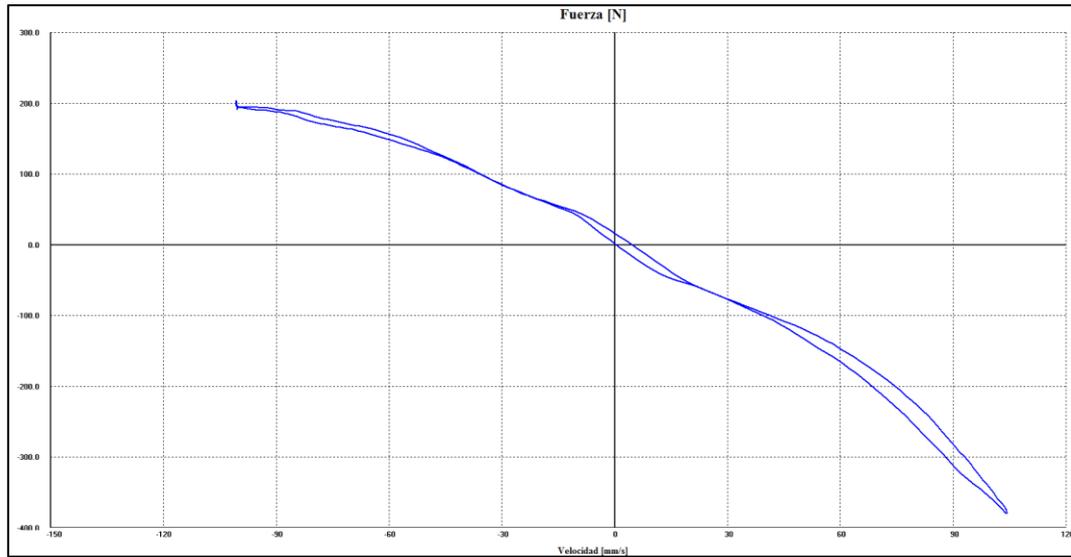
Prueba EAA 02-2.100: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

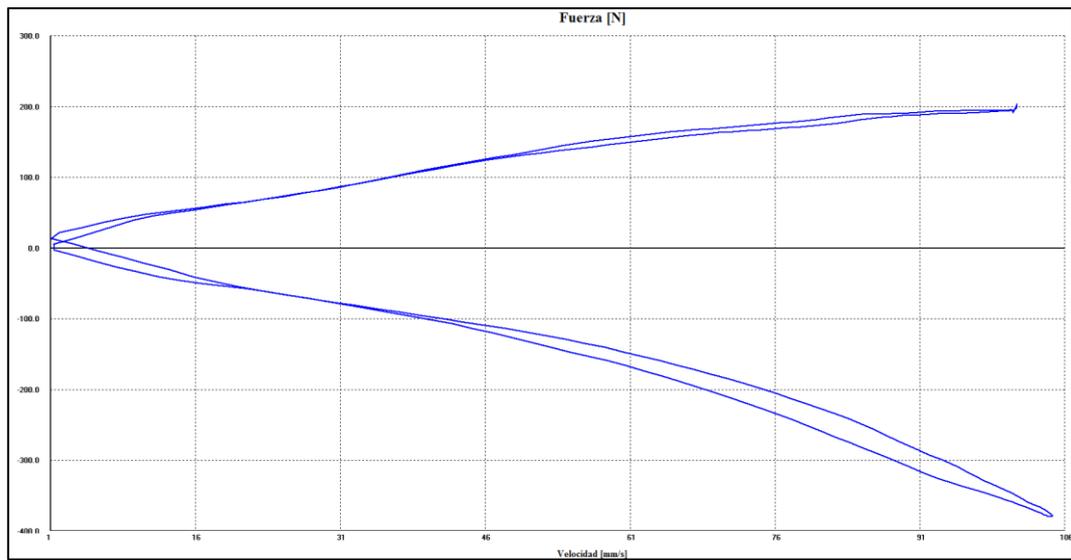




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



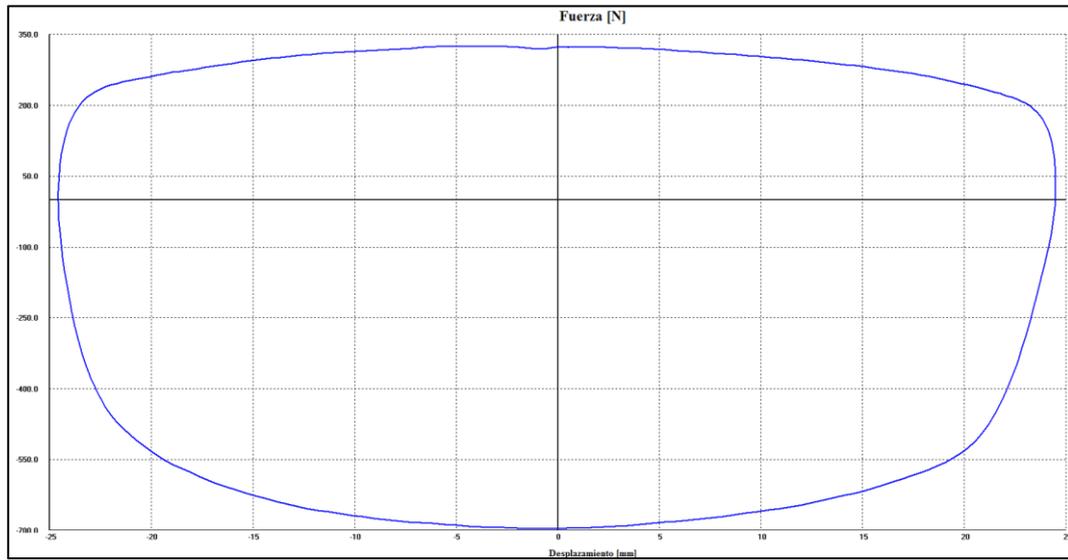
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	35,92
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	203,56 -100,41
Pk. Extens.	-383,17 104,68
Temp. Mediana	21,5

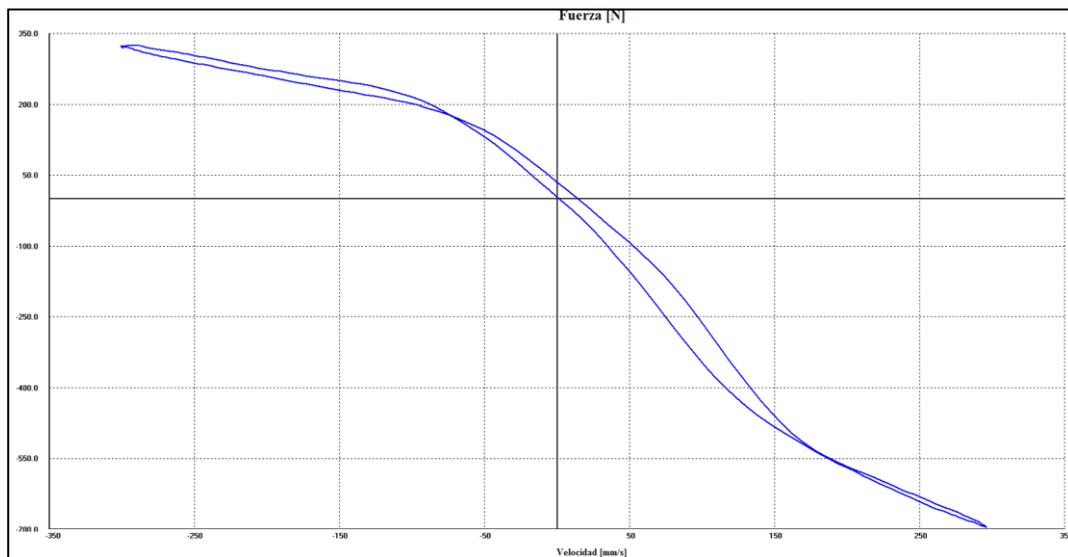


Prueba EAA 02-2.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

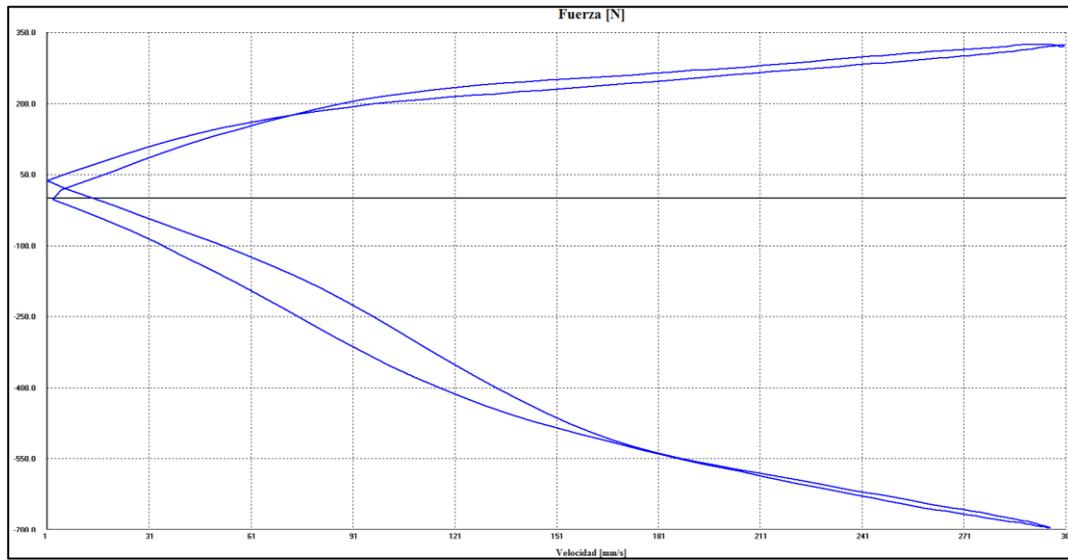


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

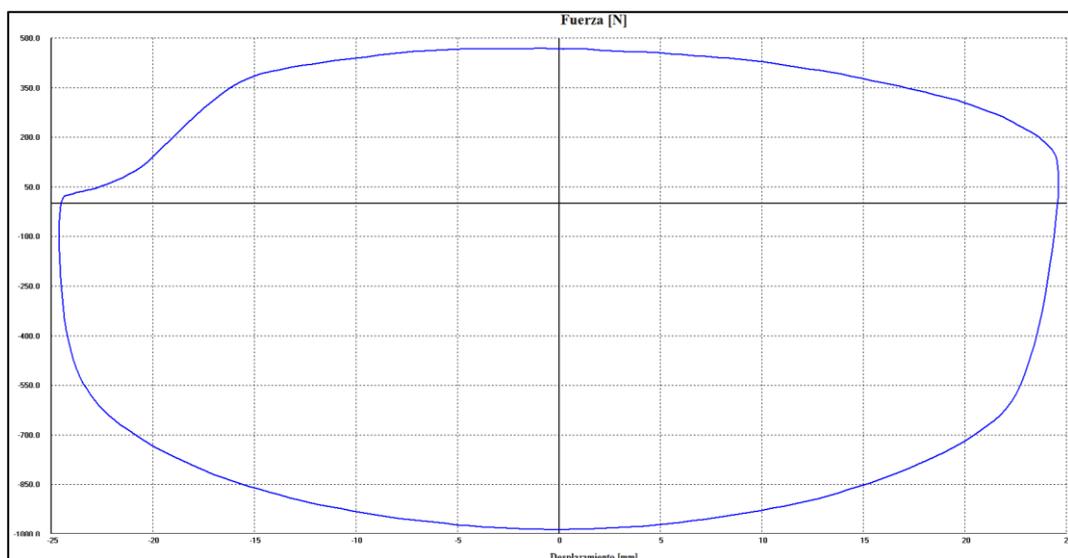


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	23,95
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	331,28 -300,33
Pk.Estens.	-638,48 297,01
Temp.Mediana	21,5

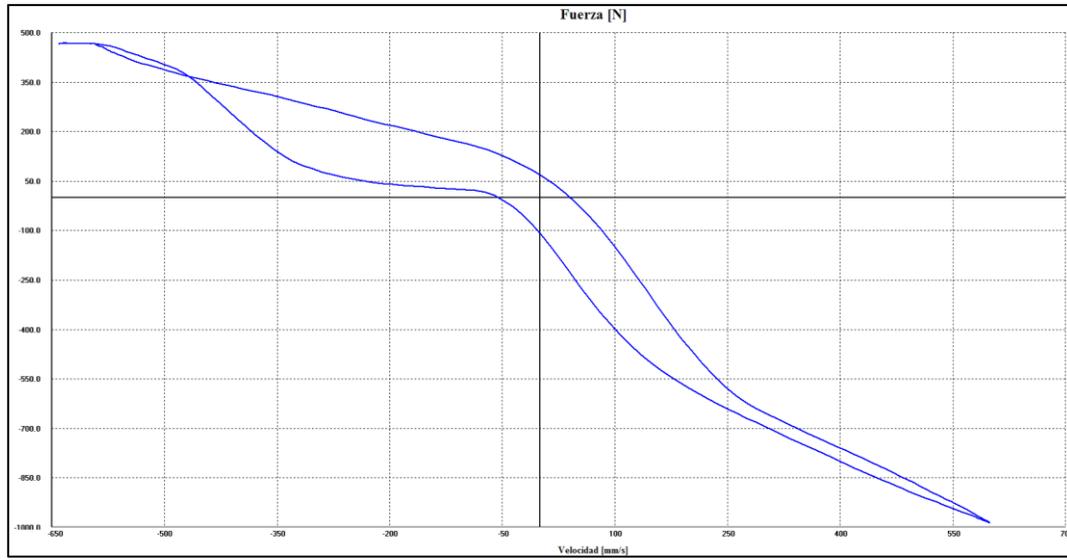
Prueba EAA 02-2.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

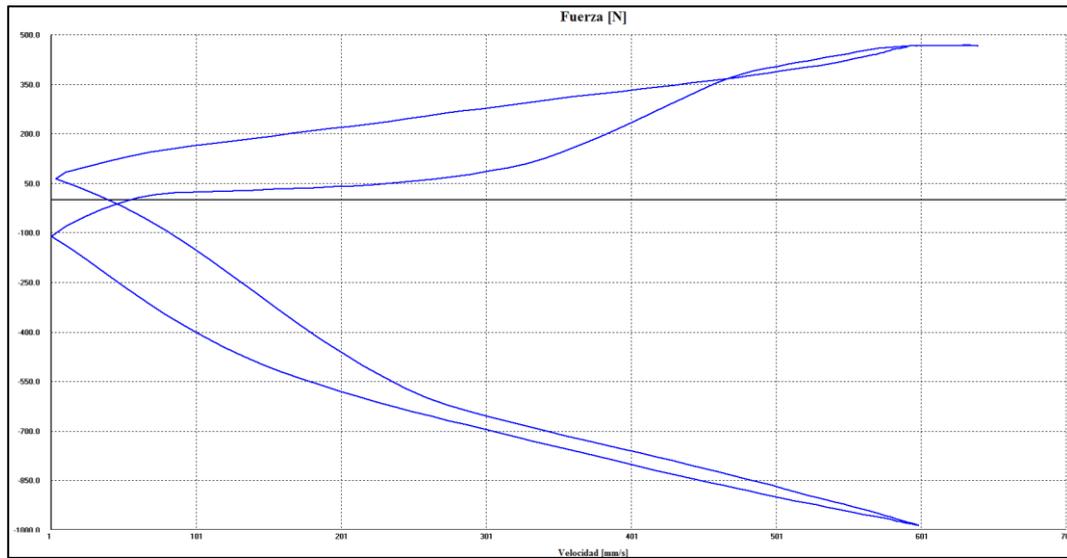




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



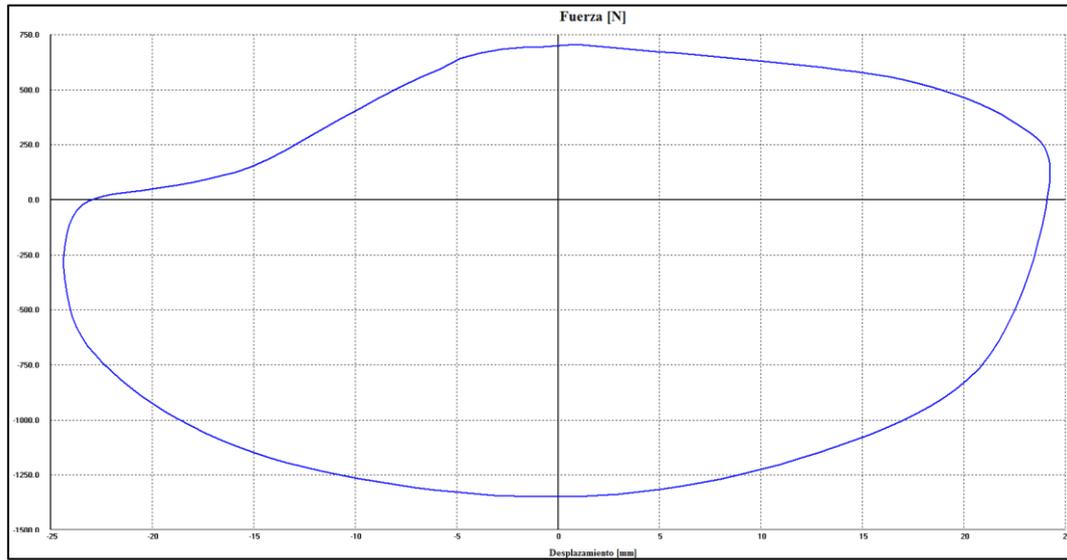
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	47,9
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	470,98 -598,14
Pk. Estens.	989,84 601,25
Temp. Mediana	21,7

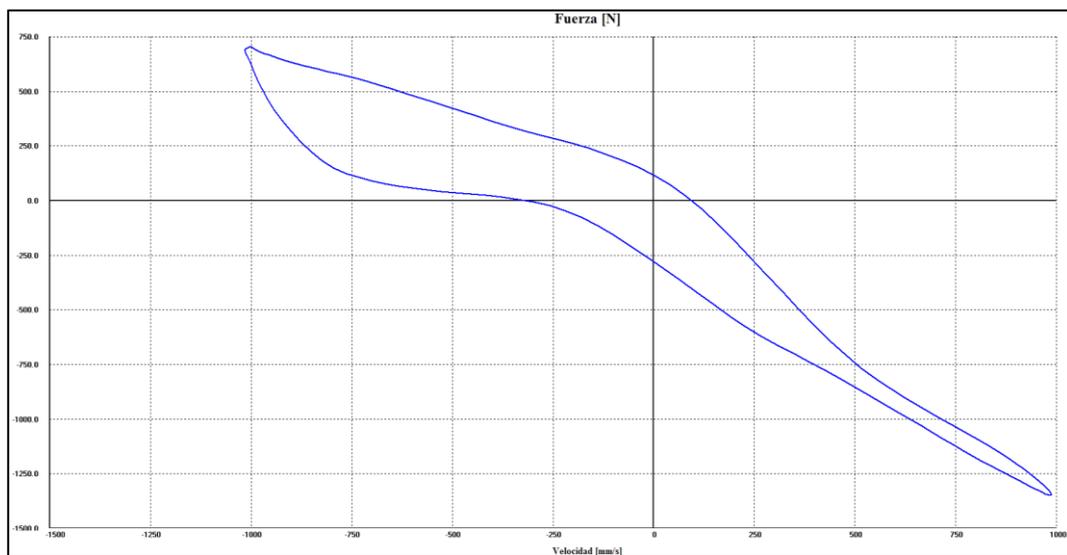


Prueba EAA 02-2.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

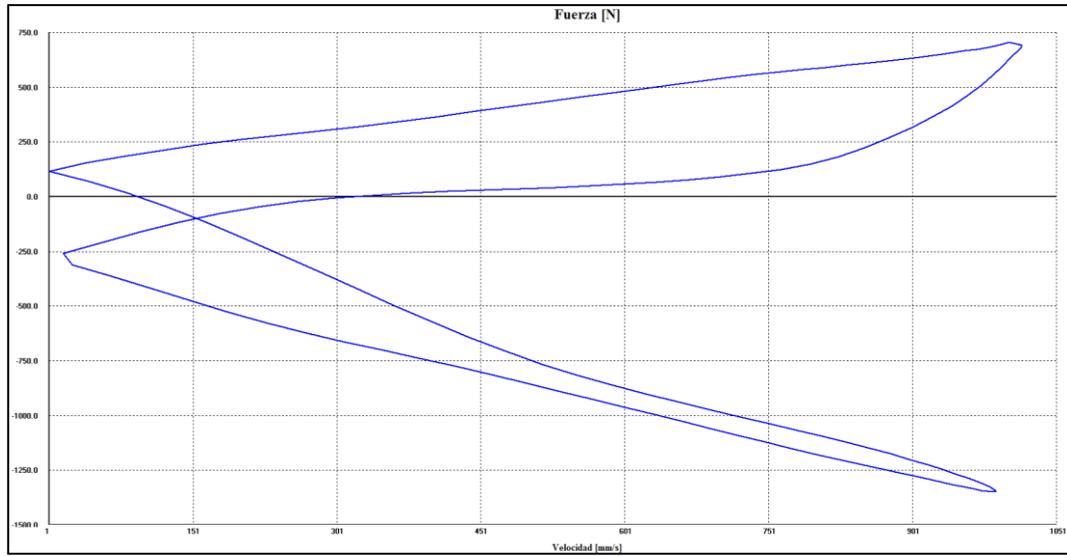


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

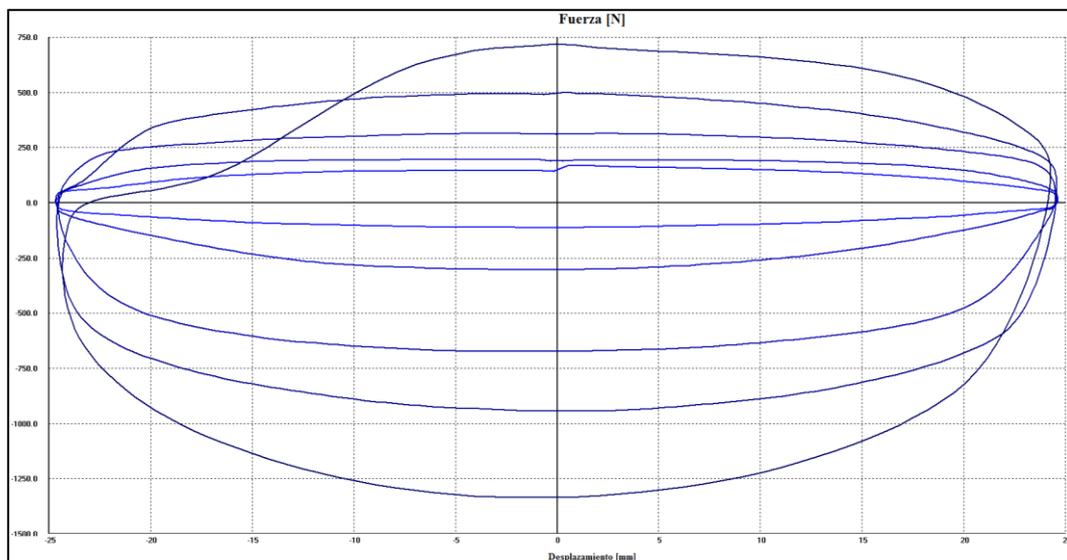


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,19
Precarga [N]	35,92
Fofo Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	705,46 1001,61
Pk.Estens.	-1361,04 986,85
Temp. Mediana	22,3

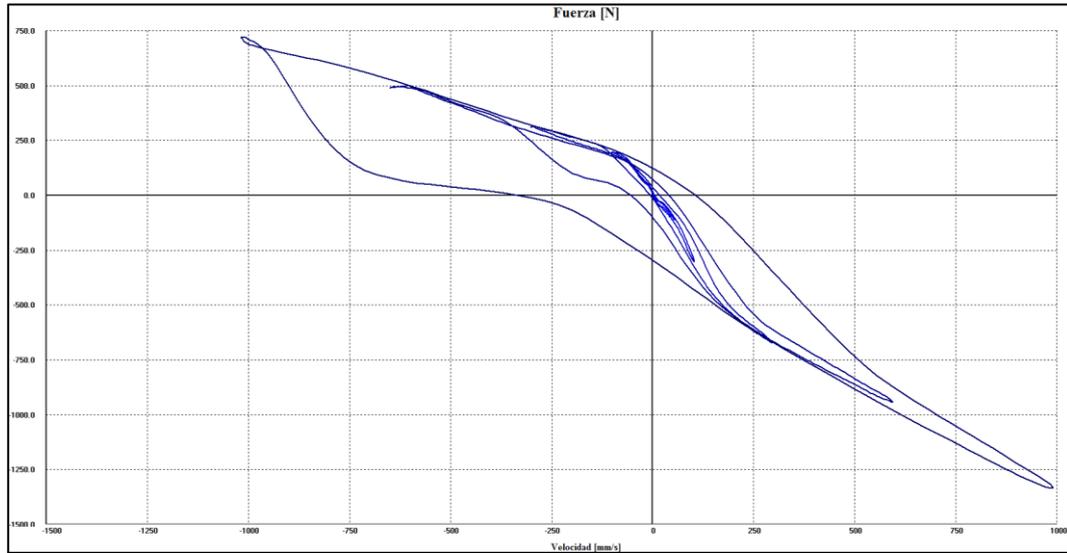
Prueba EAA 02-2.V: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

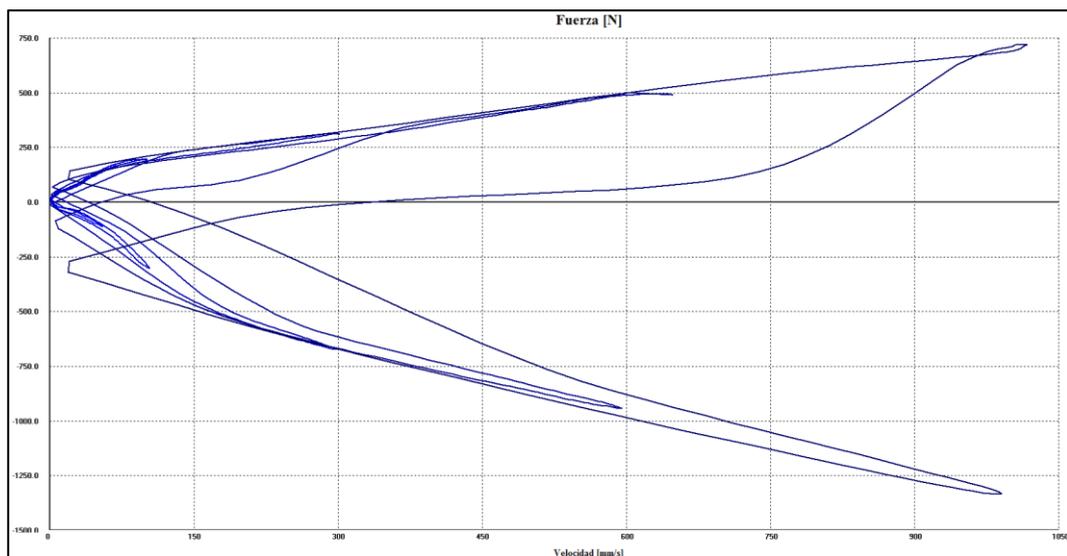




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Next	Run 1	Next
Excursión [mm]	50,15			
Precarga [N]	11,98			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0			
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]		
Pk.Compress.	167,63	-56,81		
Pk.Estens.	-115,75	55,18		
Temp.Mediana	21,4			

Prueba 1		Next	Run 2	Next
Excursión [mm]	50,15			
Precarga [N]	11,98			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0			
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]		
Pk.Compress.	199,57	-101,43		
Pk.Estens.	-311,32	104,06		
Temp.Mediana	21,4			

Prueba 1		Next	Run 3	Next
Excursión [mm]	50,15			
Precarga [N]	11,98			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0			
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]		
Pk.Compress.	319,3	-300,8		
Pk.Estens.	-678,52	299,73		
Temp.Mediana	21,4			



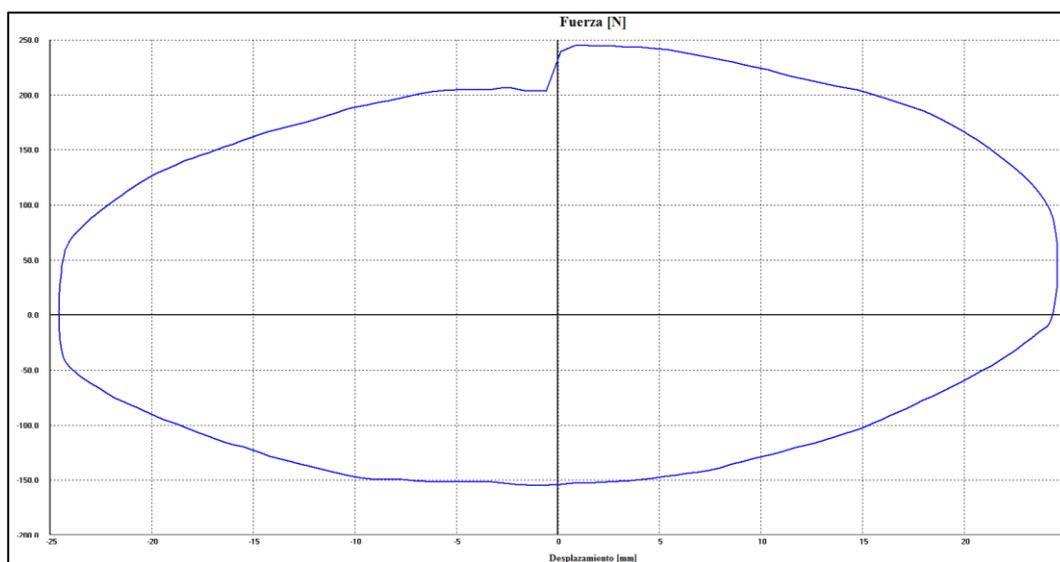
Prueba 1		Run 4	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,15		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk. Compres.	502,9	598,79	
Pk. Estens.	-949,93	597,61	
Temp. Mediana	21,4		

Prueba 1		Run 5	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,15		
Precarga [N]	11,98		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk. Compres.	719,44	-1005,12	
Pk. Estens.	-1349,06	1001,36	
Temp. Mediana	21,6		

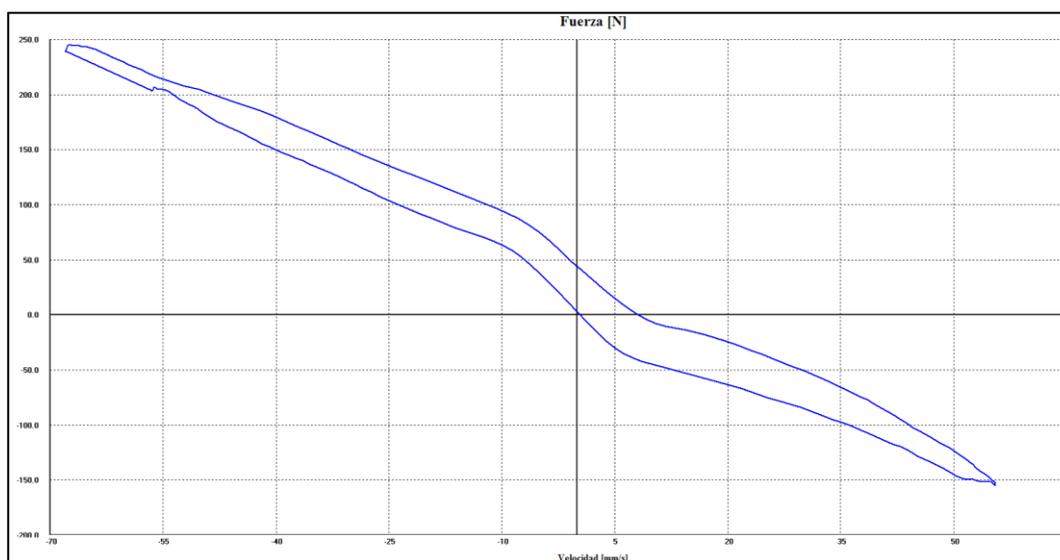
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 03-1

Prueba EAA 03-1.50: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

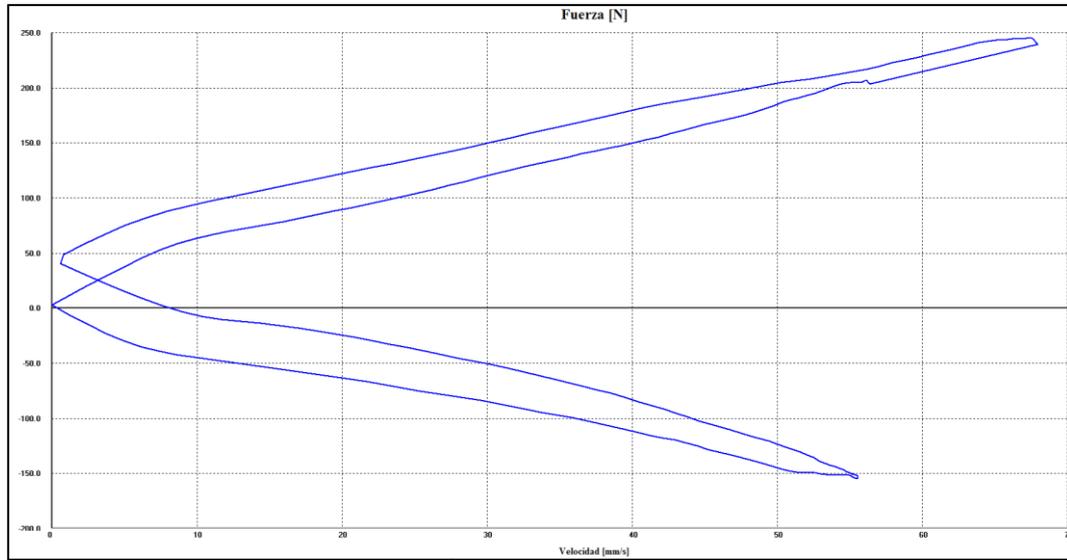


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

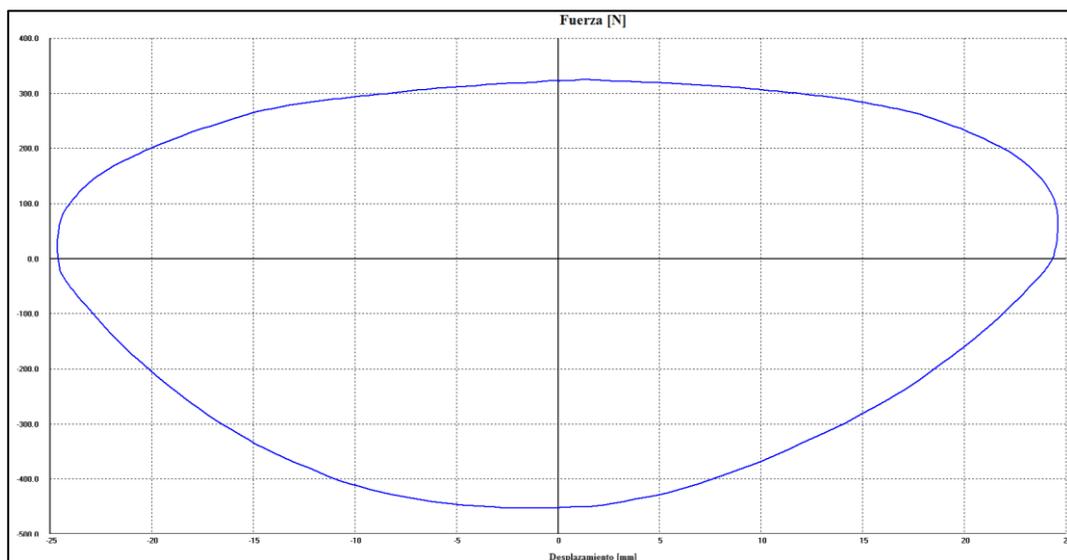


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	247,46 -56,47
Pk. Estens.	-159,66 55,75
Temp. Mediana	22,6

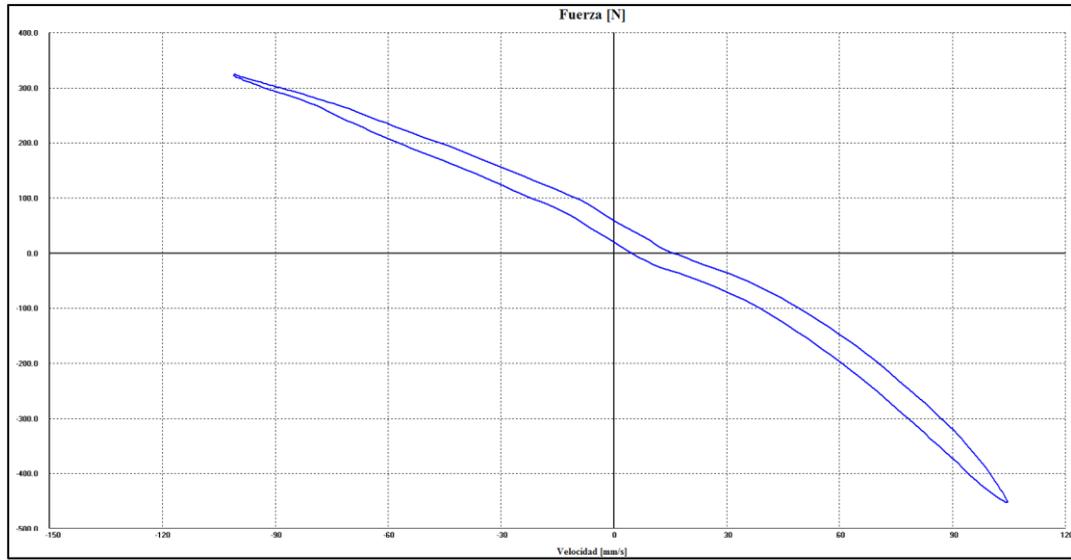
Prueba EAA 03-1.100: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

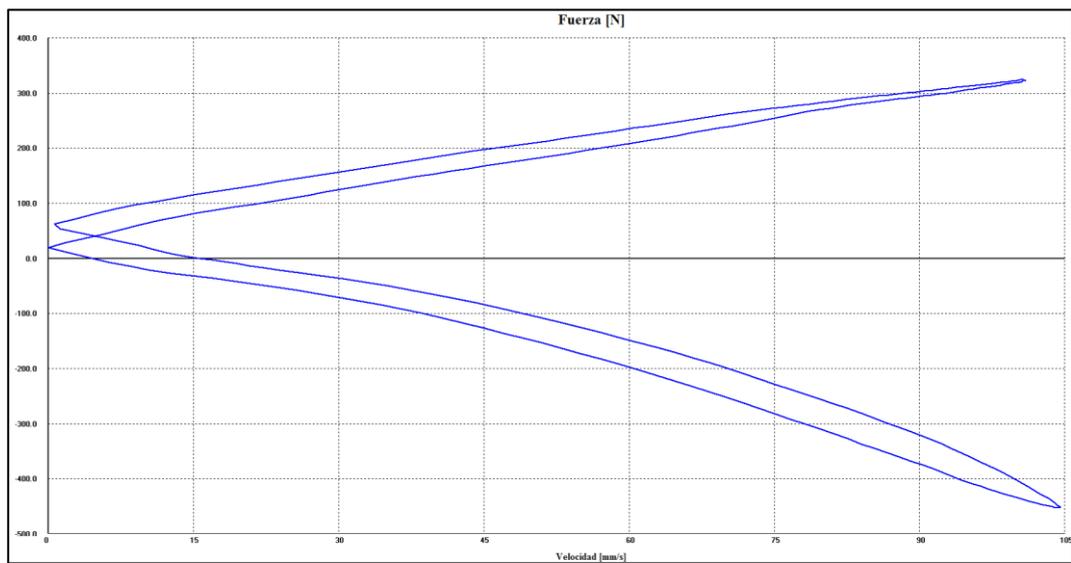




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



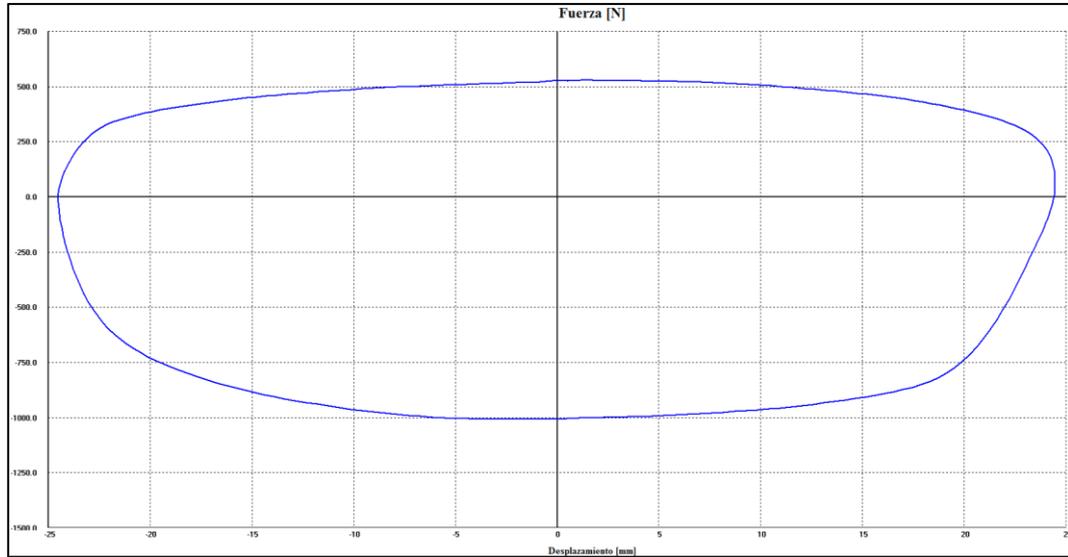
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	327,29 -100,87
Pk. Estens.	-459,0 104,93
Temp. Mediana	22,6

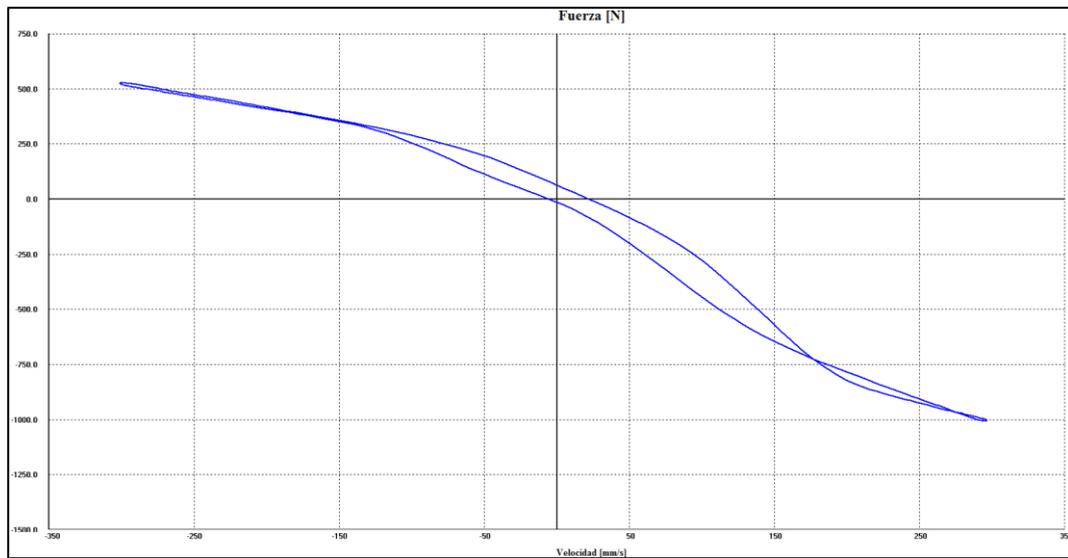


Prueba EAA 03-1.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

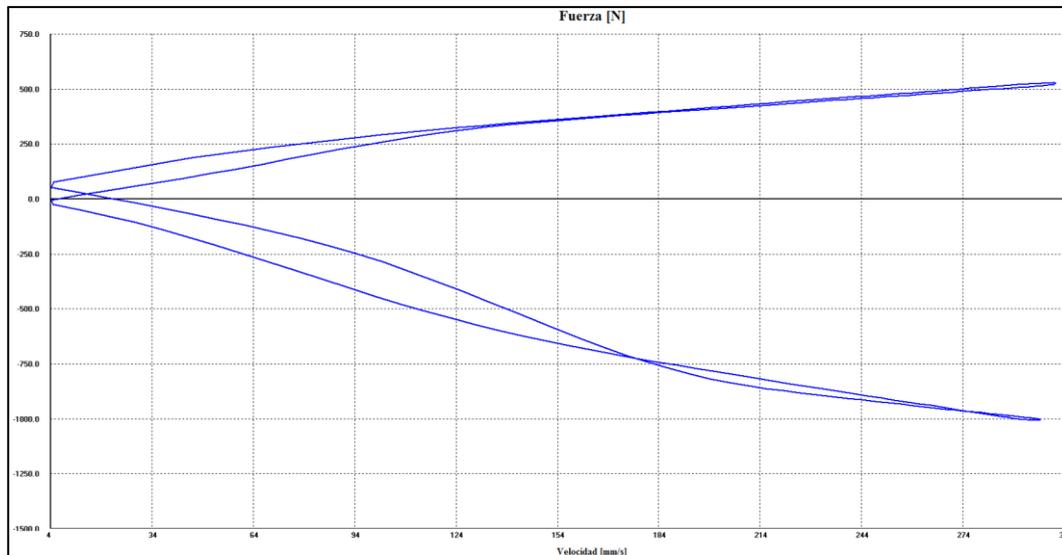


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

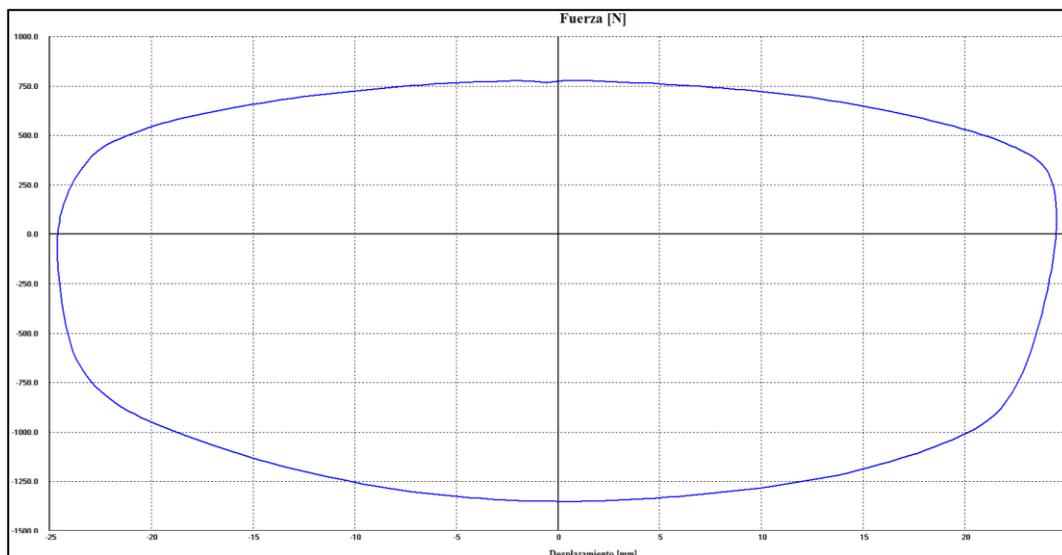


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	530,84 -300,9
Pk. Estens.	-1013,79 297,27
Temp. Mediana	22,6

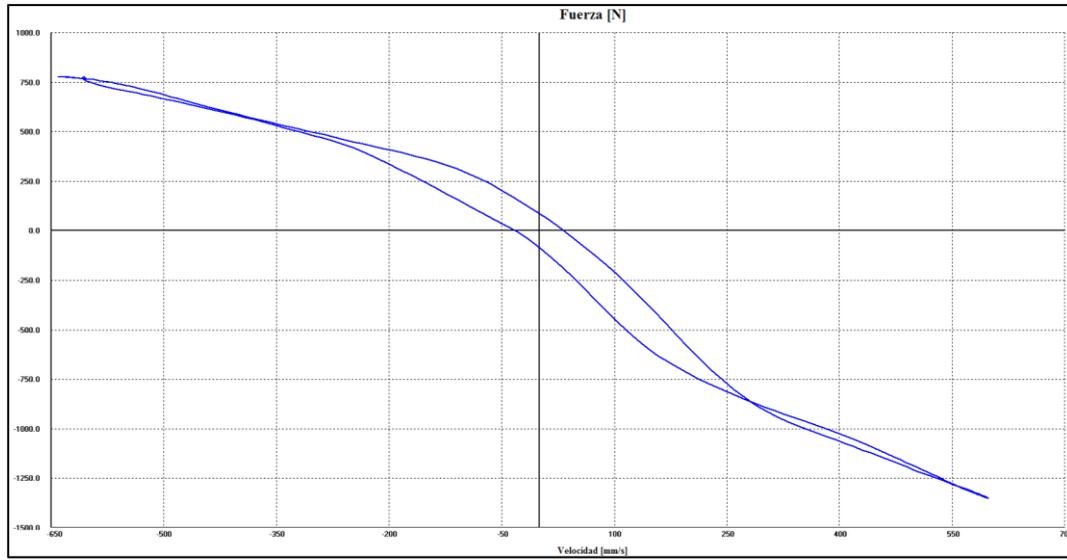
Prueba EAA 03-1.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

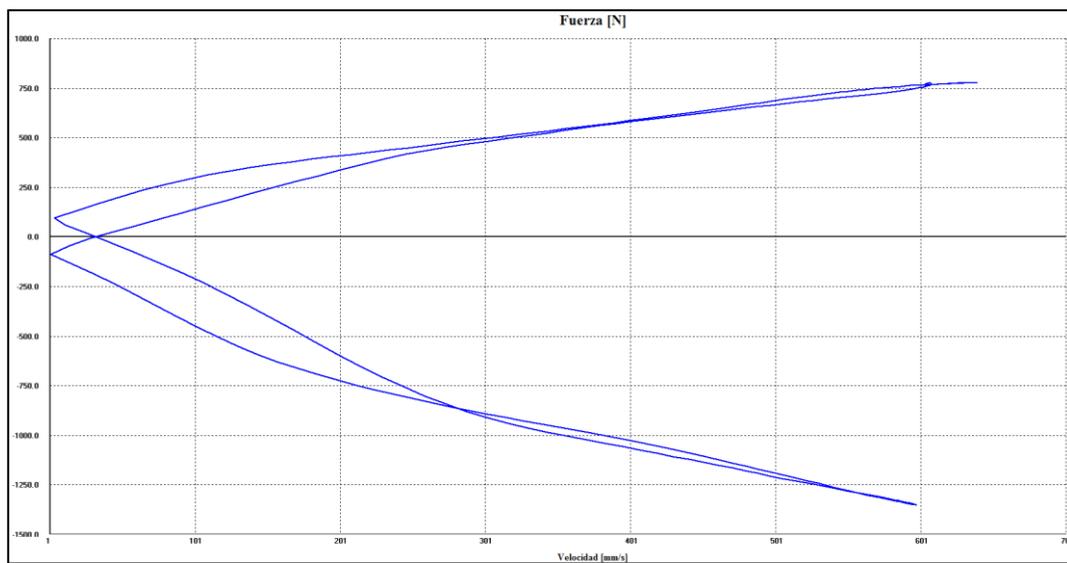




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



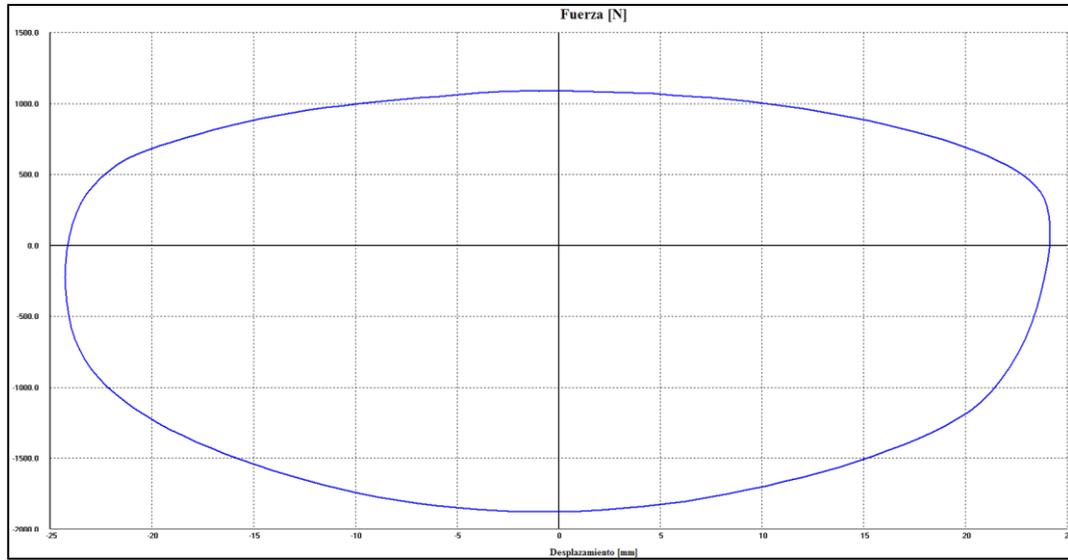
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	779,31 -603,43
Pk.Estens.	-1357,05 600,1
Temp. Mediana	22,8

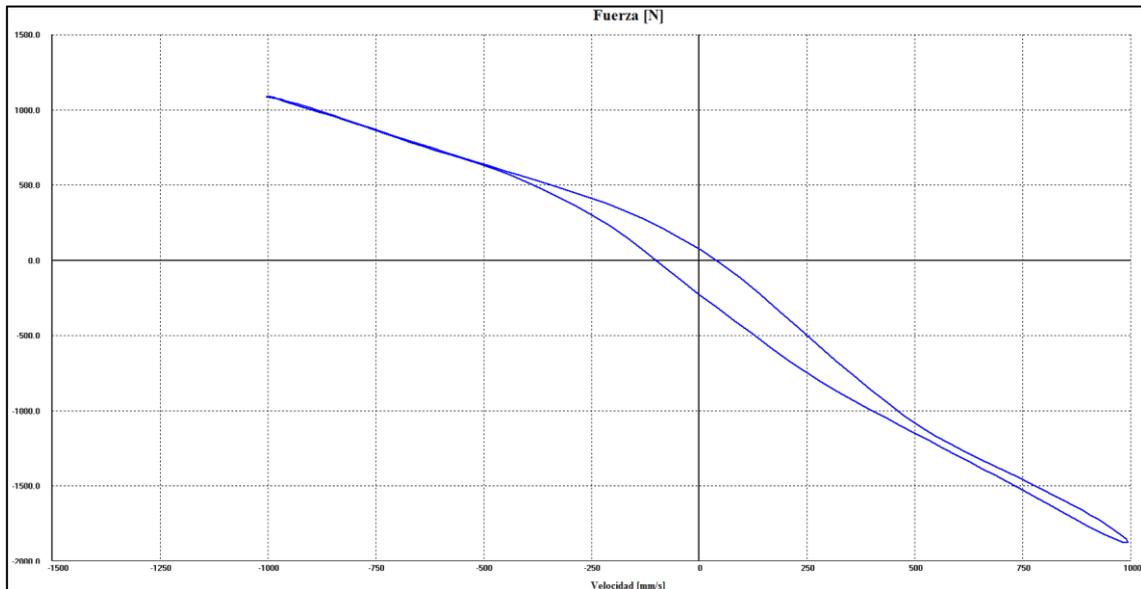


Prueba EAA 03-1.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

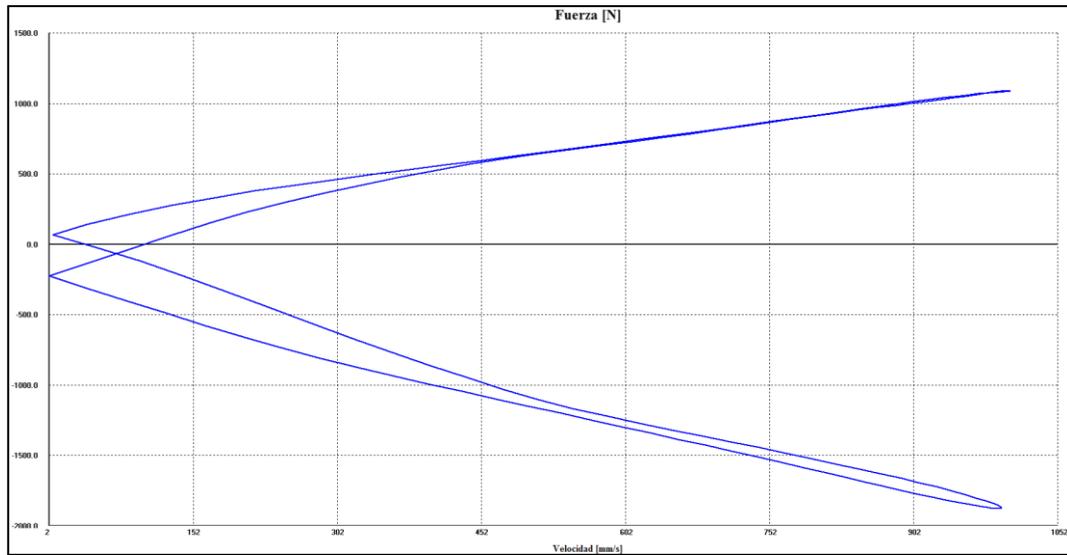


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

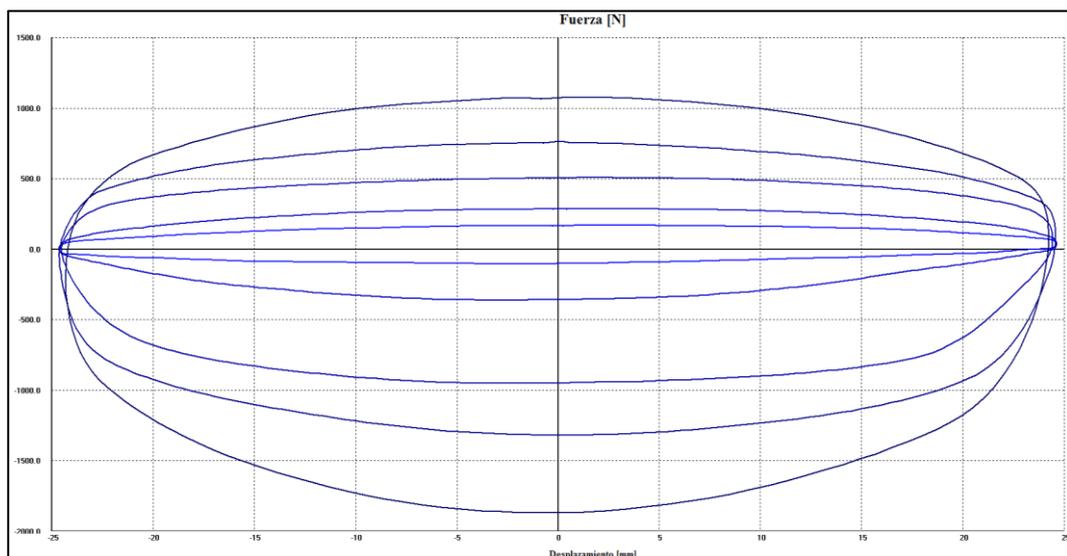


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1089,63 -955,8
Pk. Extens.	-1895,87 1003,73
Temp. Mediana	23

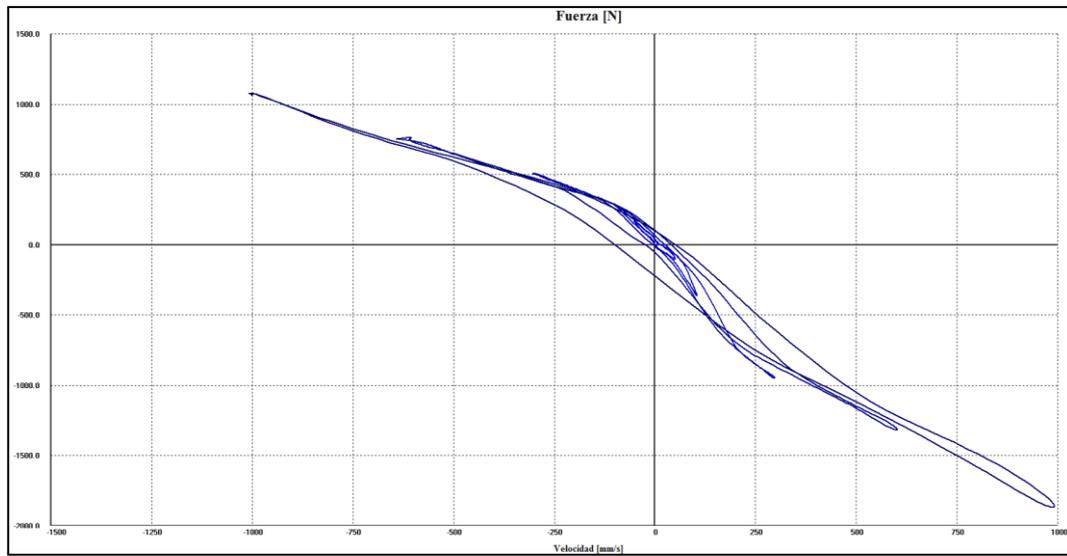
Prueba EAA 03-1.V.2: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

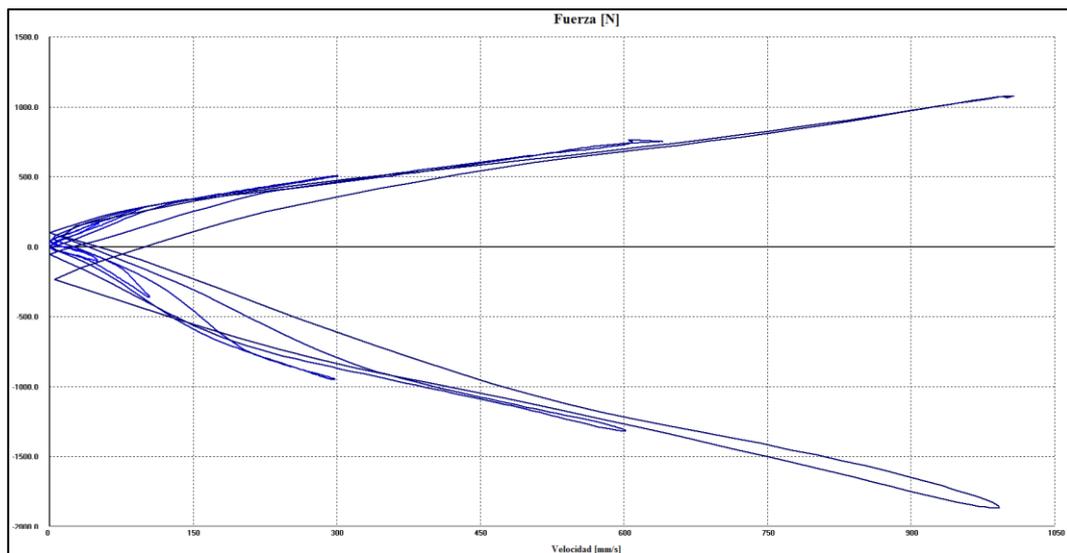




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,15	Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0	Velocidad Nom. [mm/s]	50,0
Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	171,63	-50,91	
Pk.Estens.	-111,76	50,29	
Temp. Mediana	19,		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,15	Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0	Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	287,37	-100,04	
Pk.Estens.	-363,21	104,87	
Temp. Mediana	18,9		

Prueba 1		Run 3	
Excursión [mm]	50,15	Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0	Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	510,89	-301,57	
Pk.Estens.	-953,92	298,93	
Temp. Mediana	19,9		



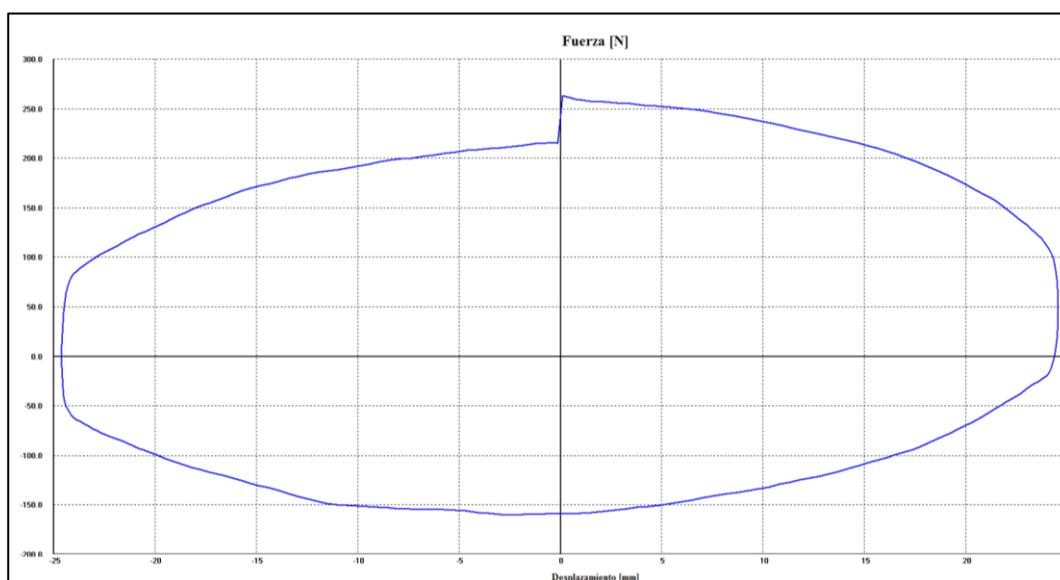
Prueba 1		Next		Run 4		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	143,69						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0						
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]			
Pk.Compres.	766,33				-609,15		
Pk.Estens.	-1321,12				604,3		
Temp.Mediana	18,9						

Prueba 1		Next		Run 5		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	143,69						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0						
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]			
Pk.Compres.	1077,66				-1000,7		
Pk.Estens.	-1875,92				1001,83		
Temp.Mediana	19,1						

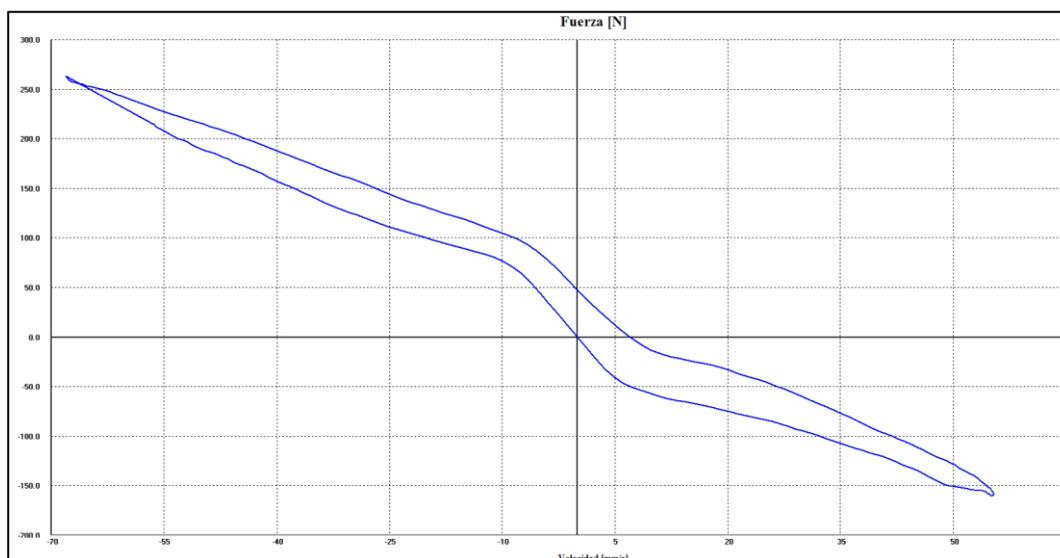
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 03-2

Prueba EAA 03-2.50: Velocidad Fija 50 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

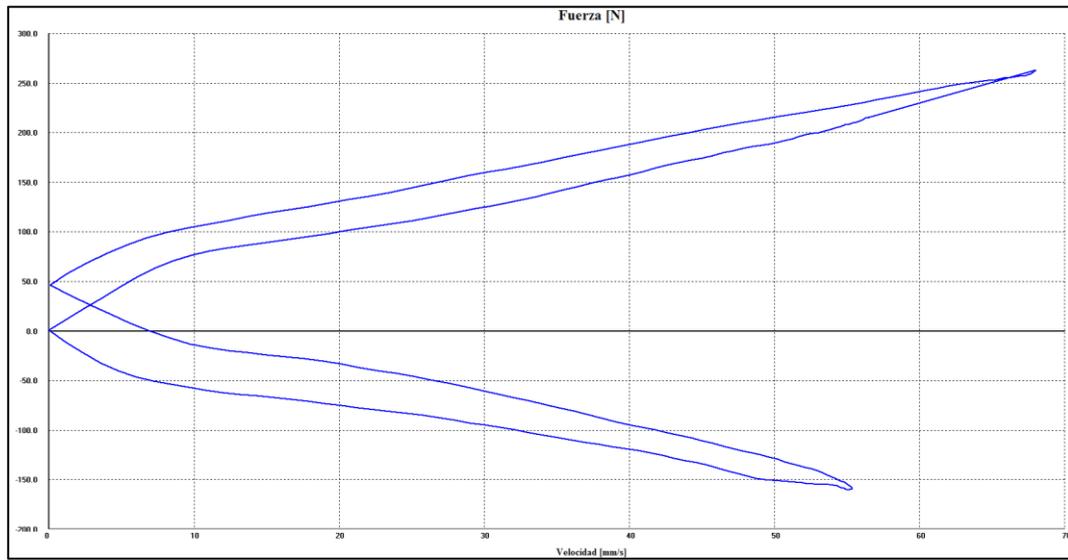


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

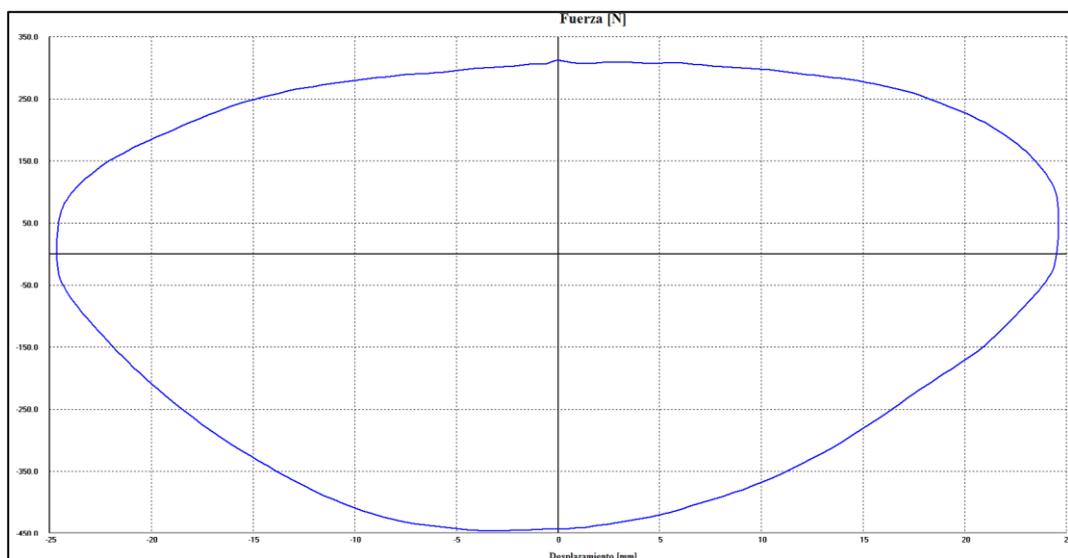
Excursión [mm]	50,15
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0

	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk. Compres.	263,43	-56,55
Pk. Extens.	-163,64	55,57

Temp. Mediana	20,5
---------------	------

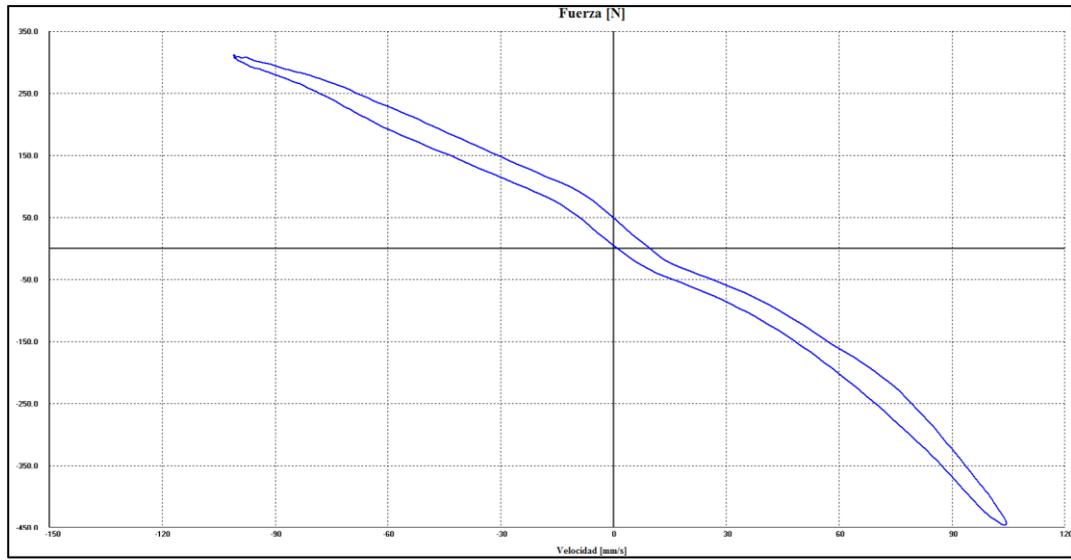
Prueba EAA 03-2.100: Velocidad Fija 100 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

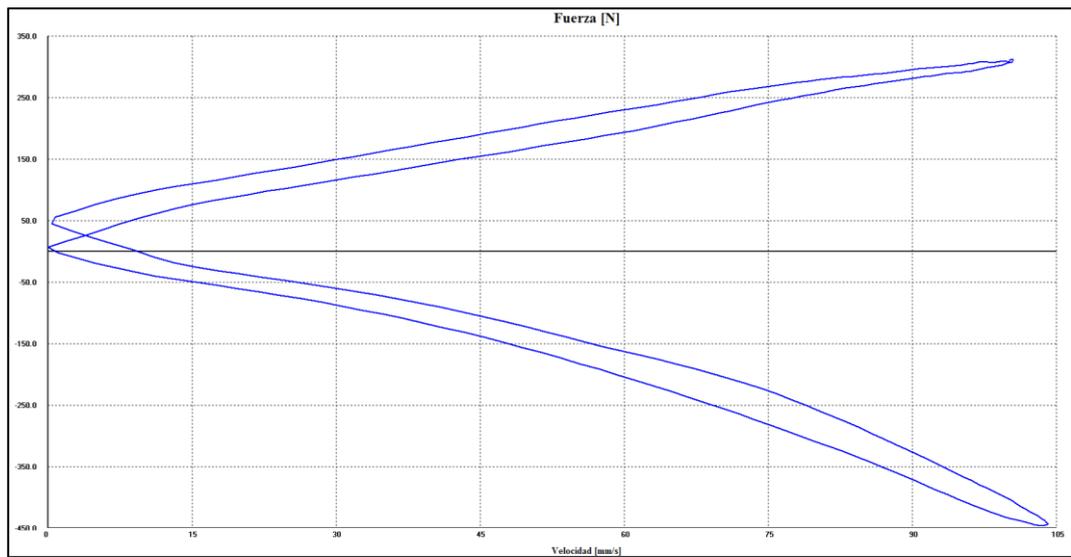




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



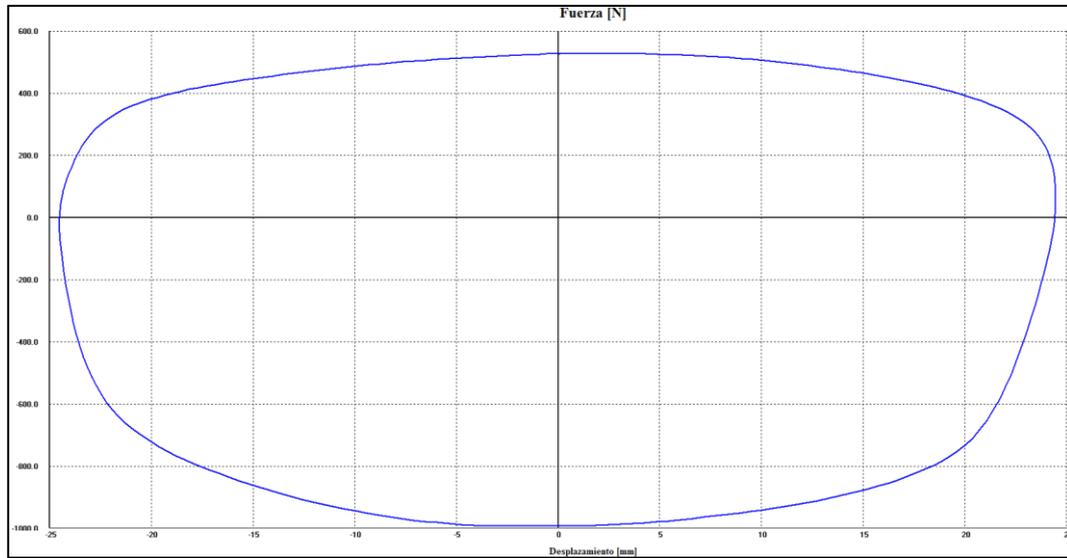
Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	143,69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	315,31 -100,63
Pk.Estens.	-451,02 104,83
Temp.Mediana	20,5

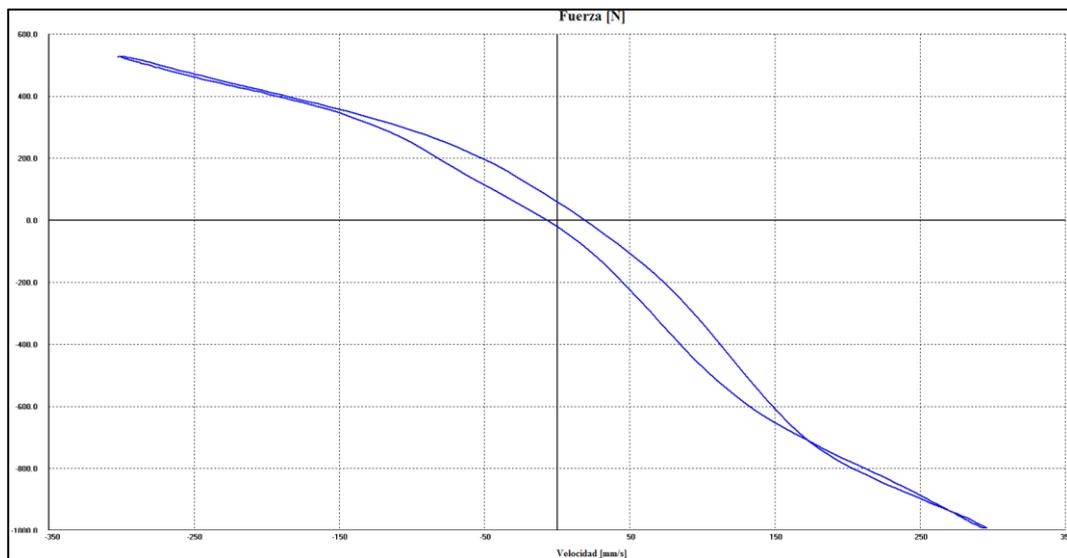


Prueba EAA 03-2.300: Velocidad Fija 300 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

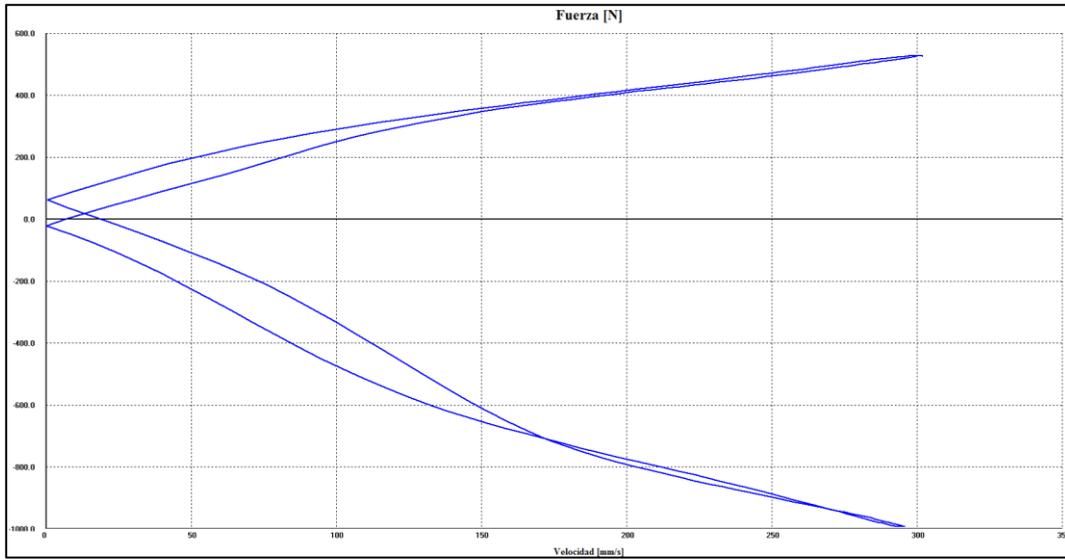


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

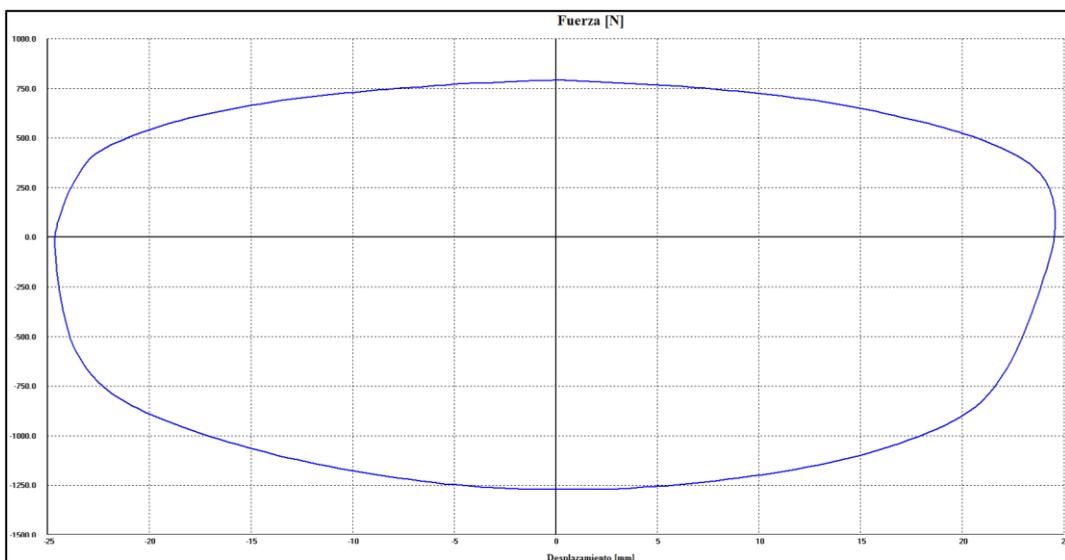


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	155,66
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	530,84 -300,18
Pk. Estens.	-997,83 296,92
Temp. Mediana	20,5

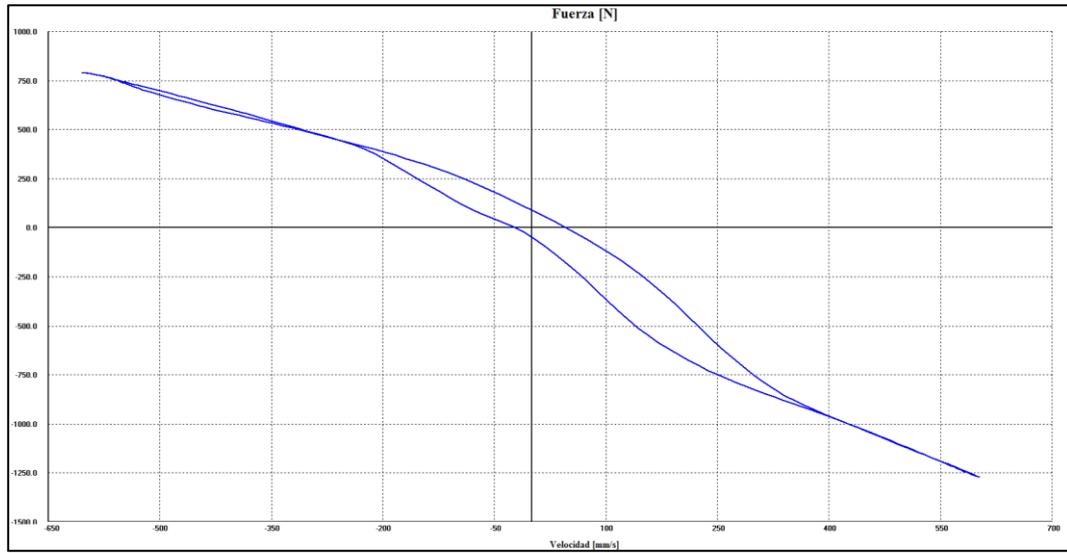
Prueba EAA 03-2.600: Velocidad Fija 600 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

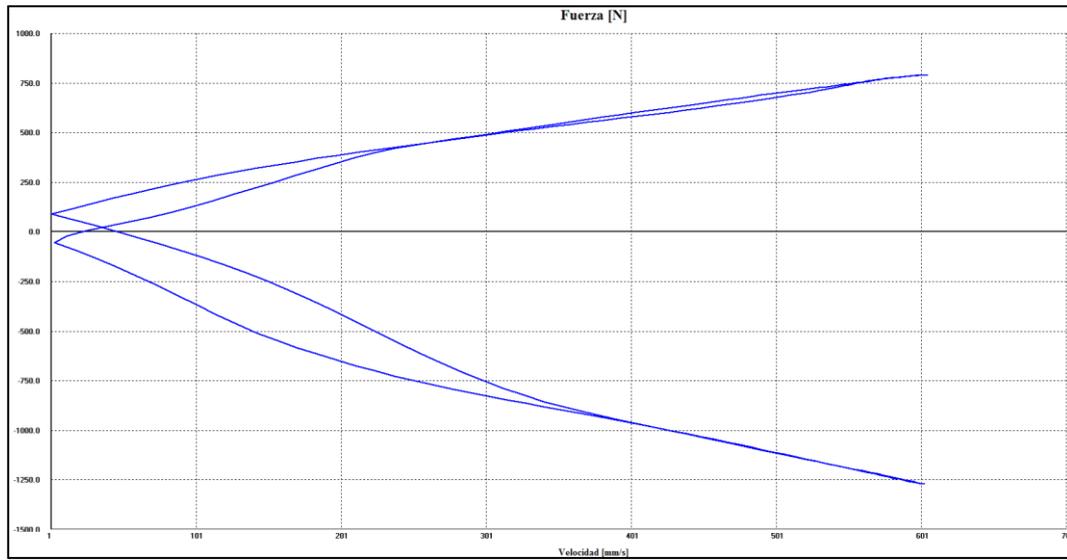




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



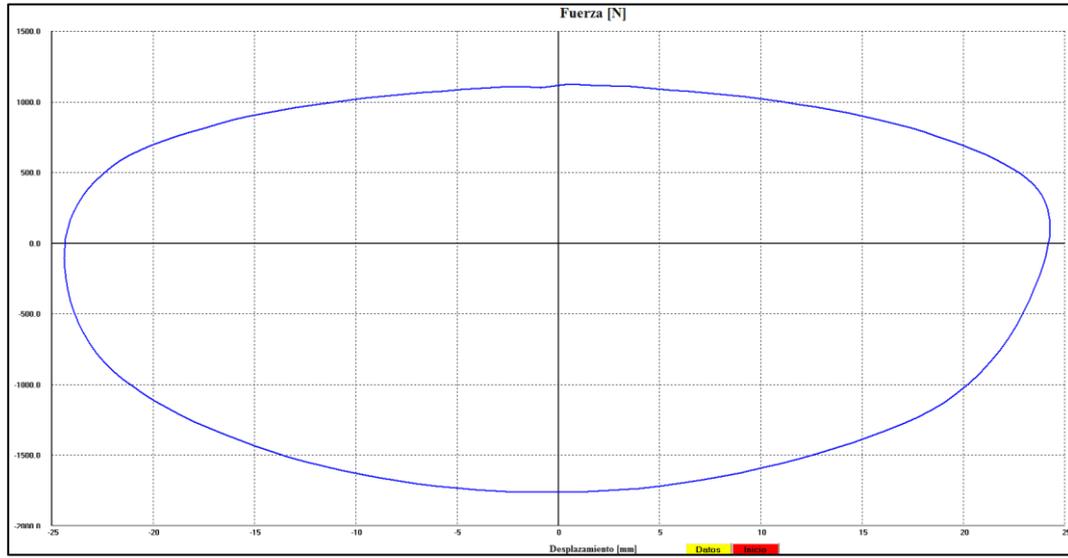
Datos de prueba

Excursión [mm]	50.15
Precarga [N]	143.69
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	600.0
	Fuerza [N] Velocidad [mm/s]
Pk.Compres.	730.28 -604.71
Pk.Estens.	-1273.23 604.81
Temp. Mediana	20.8

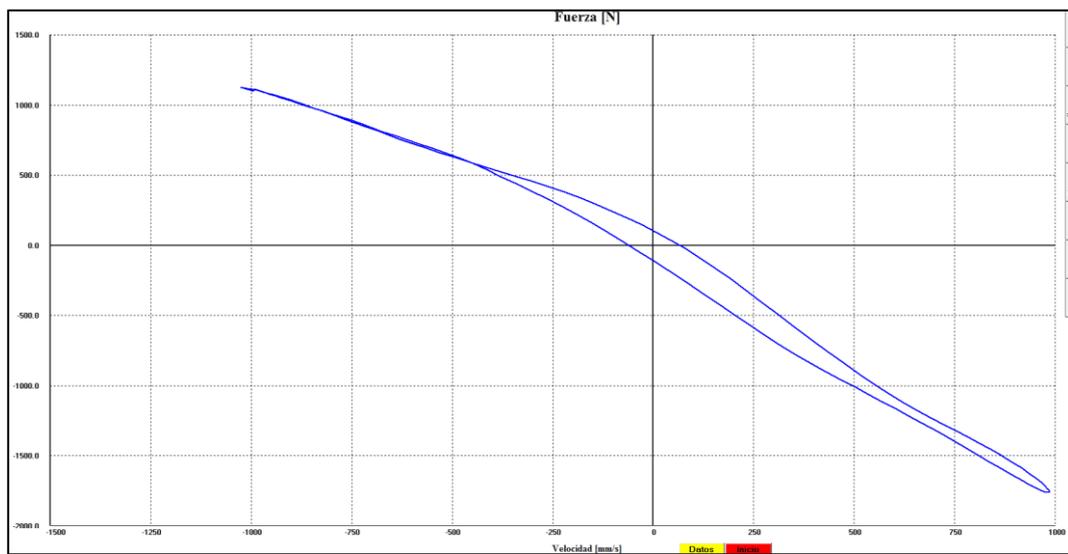


Prueba EAA 03-2.1000: Velocidad Fija 1000 mm/s

Fuerza/Desplazamiento

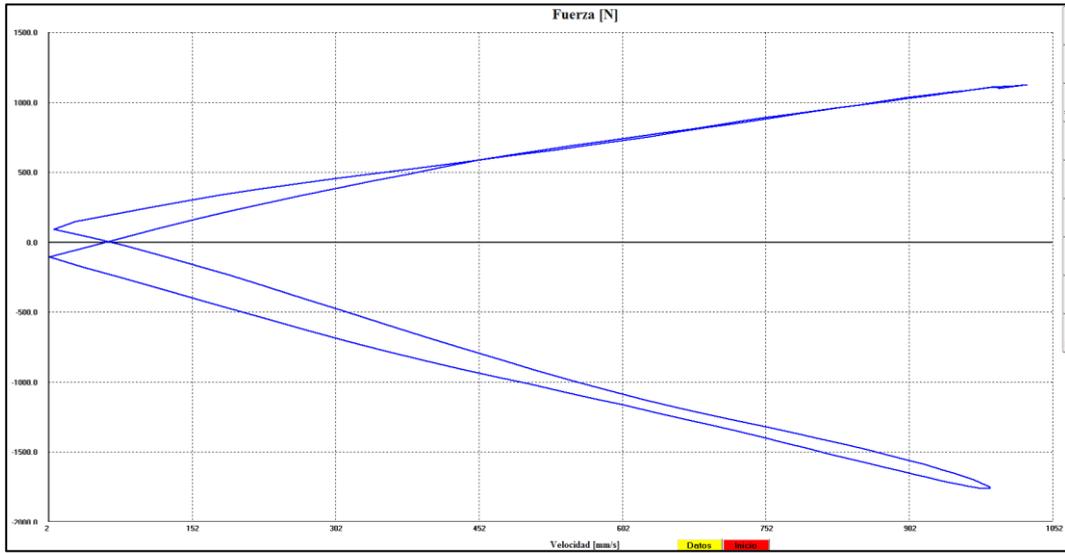


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta

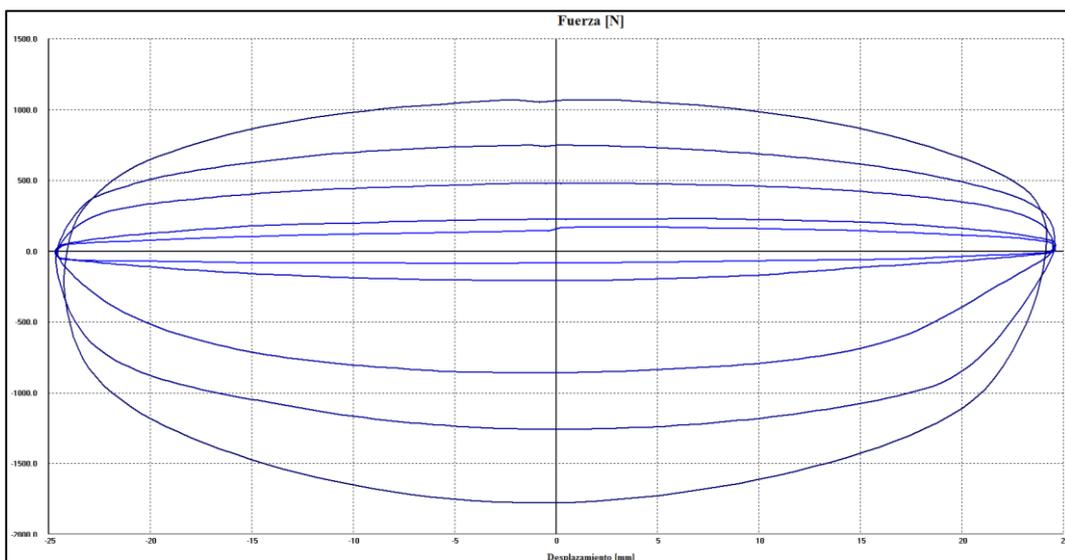


Datos de prueba

Excursión [mm]	50,11
Precarga [N]	131,71
Roce Despego [N]	0
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]	
Pk. Compres.	1125,55 -996,42
Pk. Estens.	-1776,13 995,05
Temp. Mediana	22,6

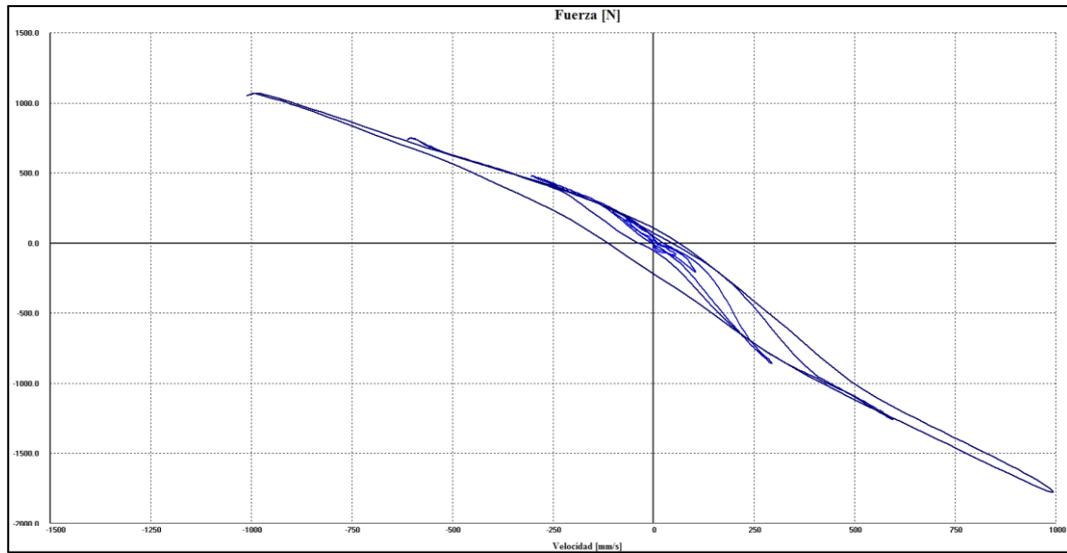
Prueba EAA 03-2.V: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

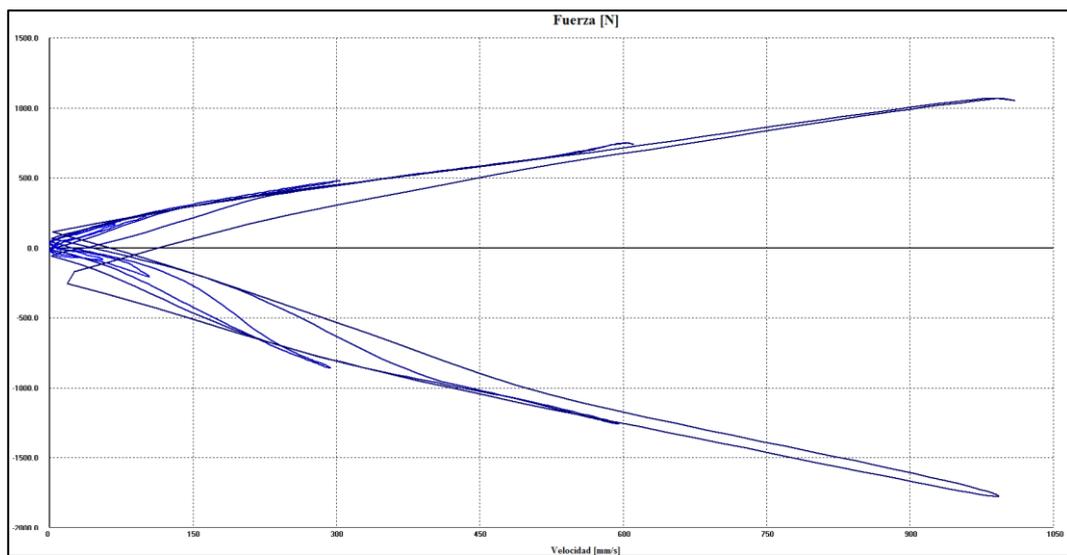




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de prueba

Prueba 1		Run 1	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,15		
Precarga [N]	155,66		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	175,62	-57,01	
Pk.Estens.	-87,81	55,85	
Temp.Mediana	22,4		

Prueba 1		Run 2	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,15		
Precarga [N]	155,66		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	231,49	-100,44	
Pk.Estens.	-215,53	105,2	
Temp.Mediana	22,6		

Prueba 1		Run 3	
Next		Next	
Excursión [mm]	50,15		
Precarga [N]	155,66		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
	Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]	
Pk.Compres.	482,95	-303,28	
Pk.Estens.	-866,11	294,85	
Temp.Mediana	22,7		



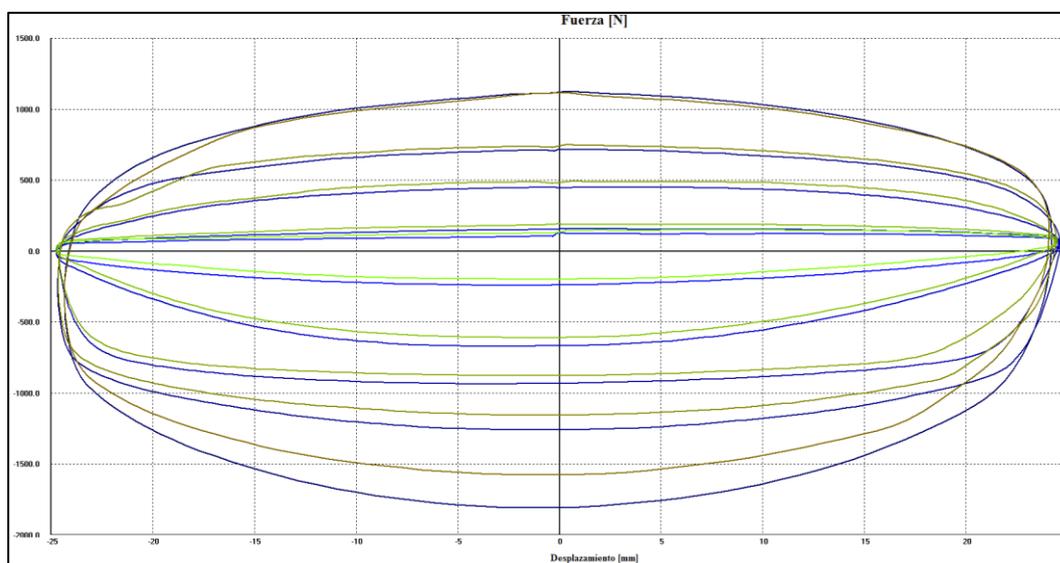
Prueba 1		Next		Run 4		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	155,66						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0						
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]			
Pk. Compres.	754,36				-602,76		
Pk. Estens.	-1261,26				597,62		
Temp. Mediana	22,8						

Prueba 1		Next		Run 5		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	155,66						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0						
		Fuerza [N]		Velocidad [mm/s]			
Pk. Compres.	1073,66				-994,73		
Pk. Estens.	-1796,09				1004,08		
Temp. Mediana	28,6						

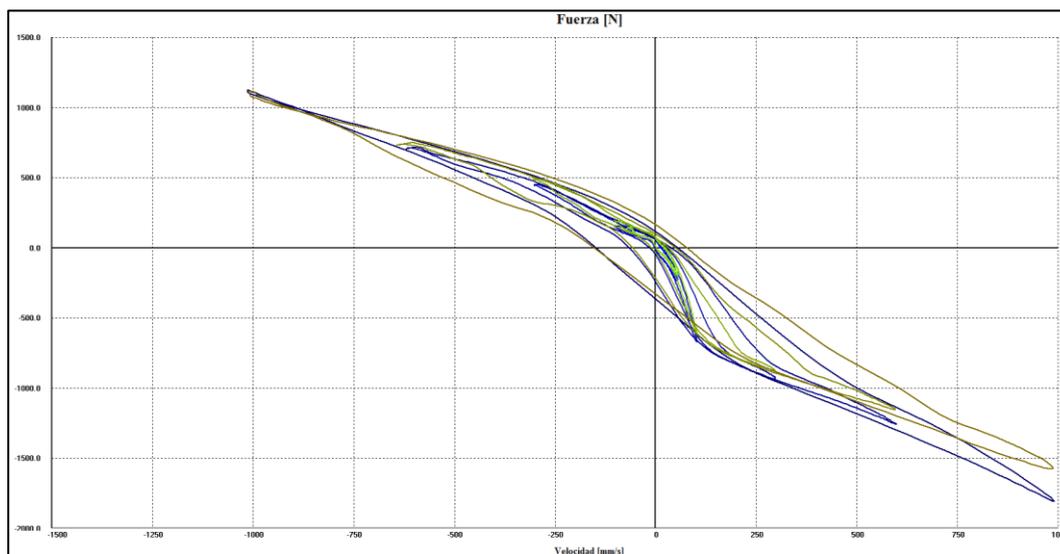
Resultado de comparación:

180450403120190108-EAA 01-1 (-----) Vs. 180450403120190108-EAA 01-2(-----)

Fuerza/Desplazamiento

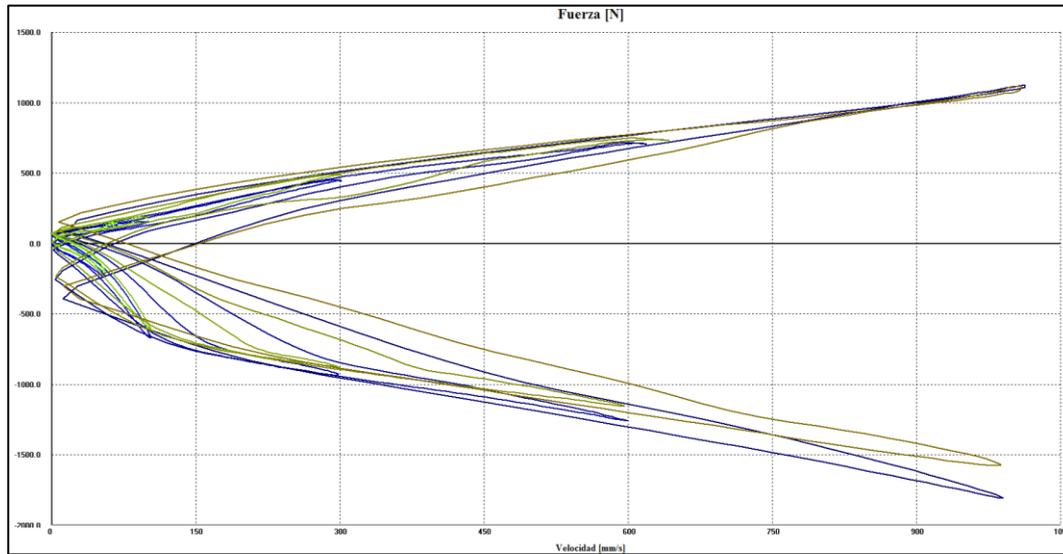


Fuerza/Velocidad



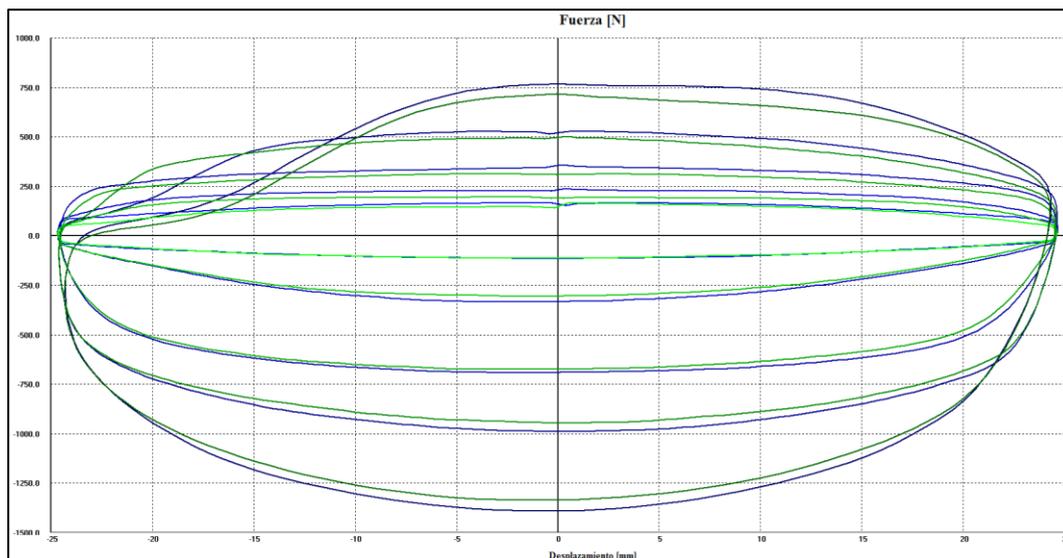


Fuerza/Velocidad Absoluta



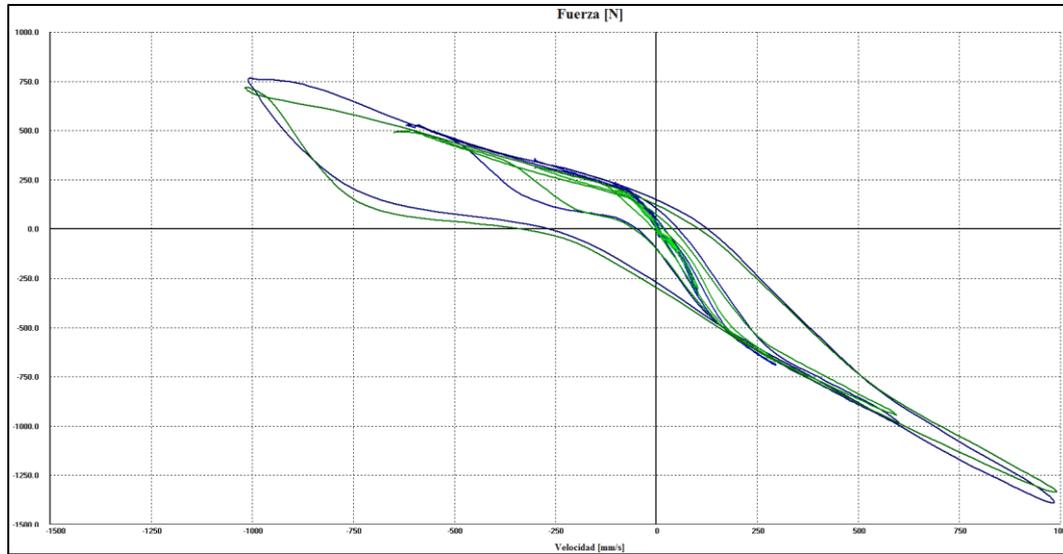
180450403120190108-EAA 02-1 (-----) Vs. 180450403120190108-EAA 02-2 (-----)

Fuerza/Desplazamiento

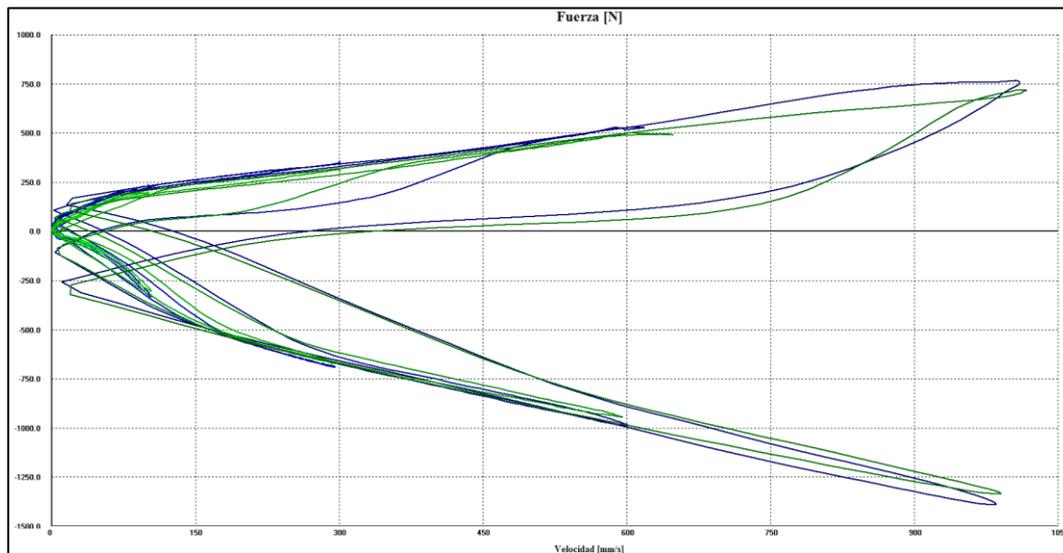




Fuerza/Velocidad



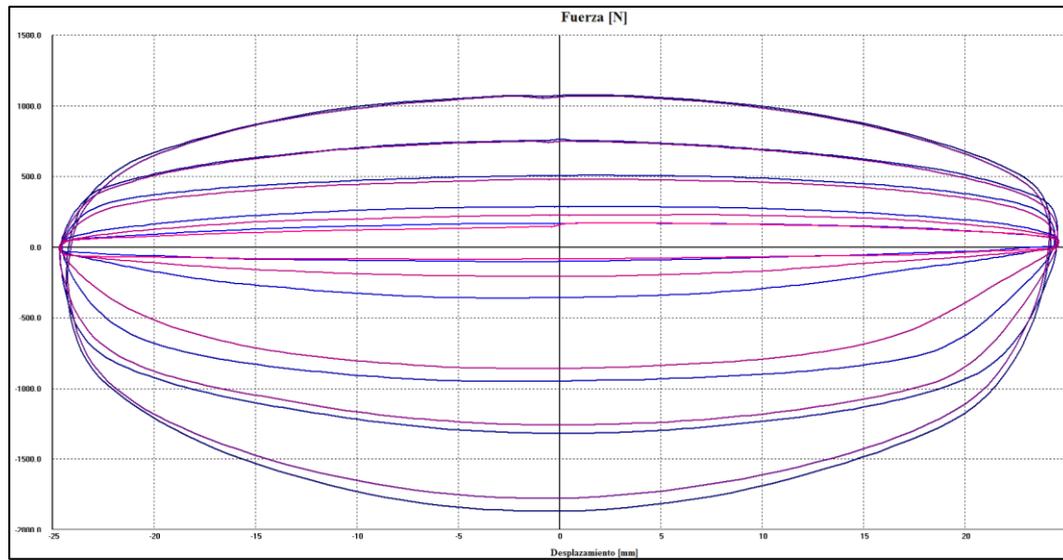
Fuerza/Velocidad Absoluta



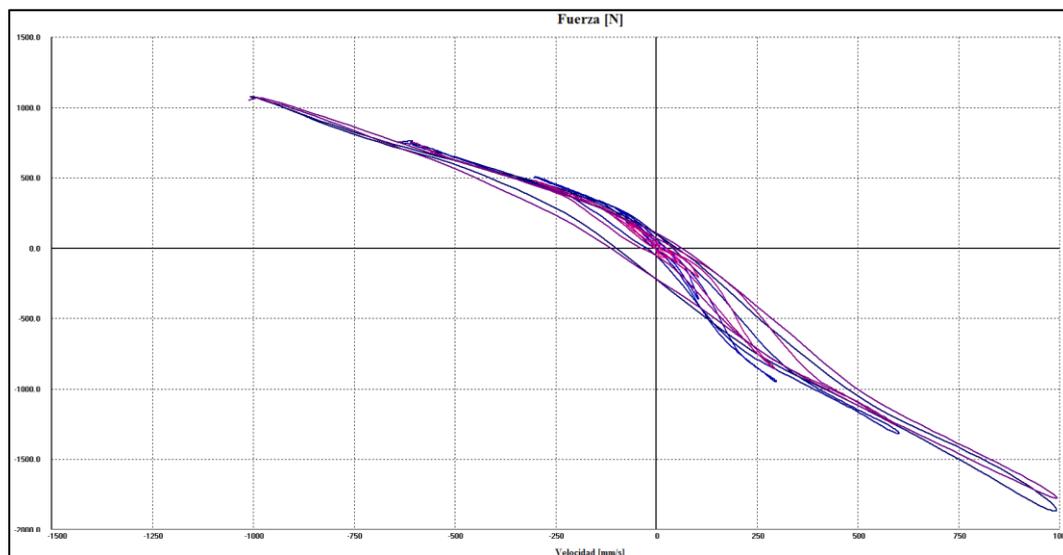


180450403120190108-EAA 03-1 (-----) Vs. 180450403120190108-EAA 03-2 (-----)

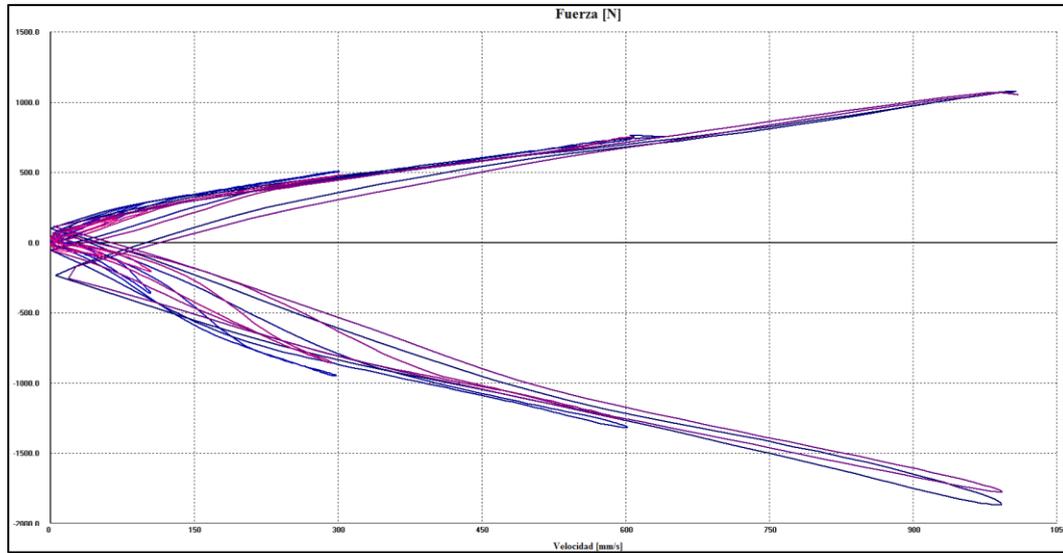
Fuerza/Desplazamiento



Fuerza/Velocidad



Fuerza/Picos de Velocidad

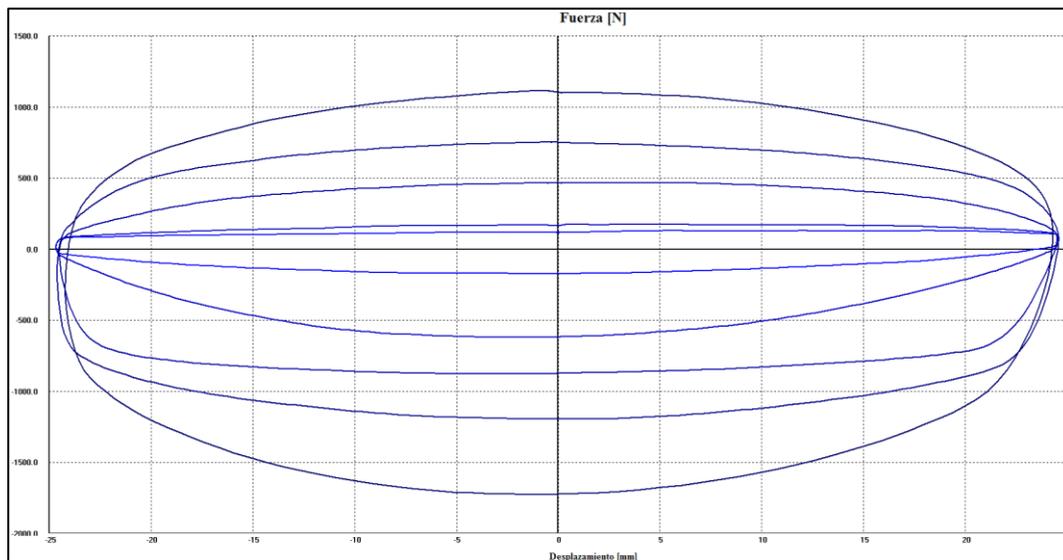


Graficas de resultados luego del ensayo de durabilidad de Amortiguadores:

Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 01-1

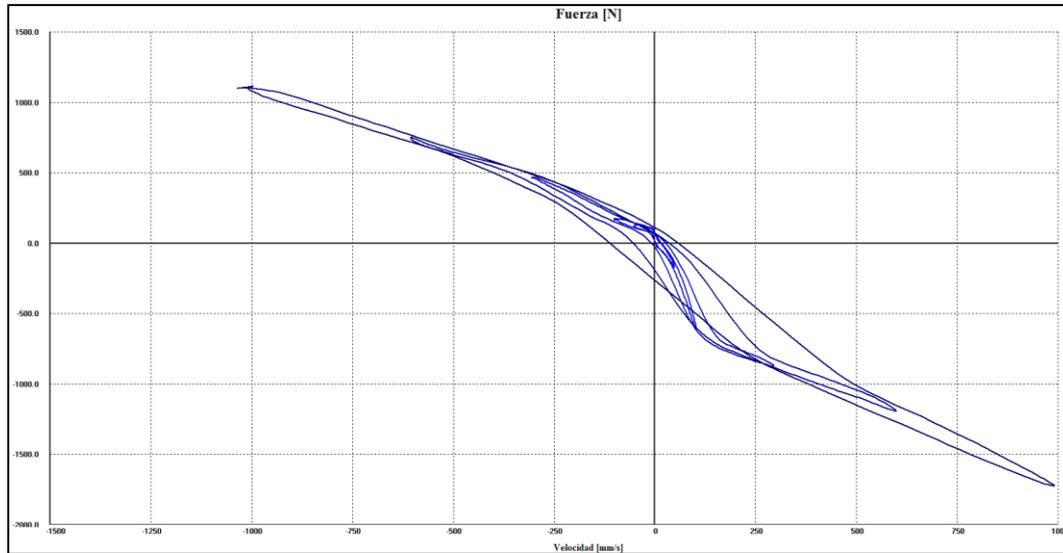
Prueba EAA 01-1.D.V.AF3: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

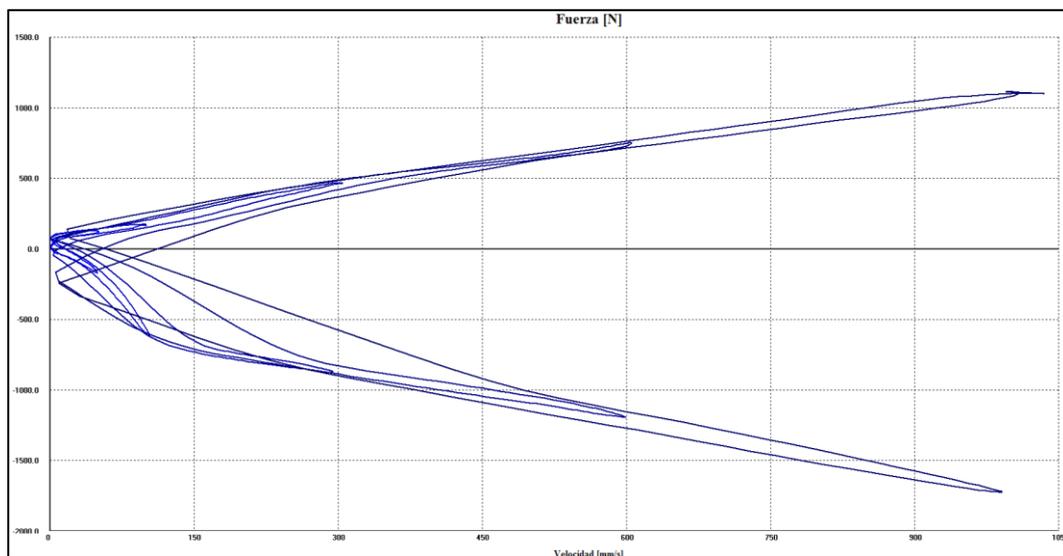




Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de Prueba

Prueb ₁		Next		Run 1		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	119,74						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0						
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]				
Pk.Compress.	131,74	-50,63					
Pk.Estens.	-175,62	49,81					
Temp.Mediana	20,6						

Prueb ₁		Next		Run 2		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	119,74						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0						
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]				
Pk.Compress.	179,61	-99,81					
Pk.Estens.	-622,64	104,18					
Temp.Mediana	20,7						

Prueb ₁		Next		Run 3		Next	
Excursión [mm]	50,15						
Precarga [N]	119,74						
Roce Despego [N]	0						
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0						
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]				
Pk.Compress.	466,96	-303,36					
Pk.Estens.	-882,08	295,43					
Temp.Mediana	20,8						



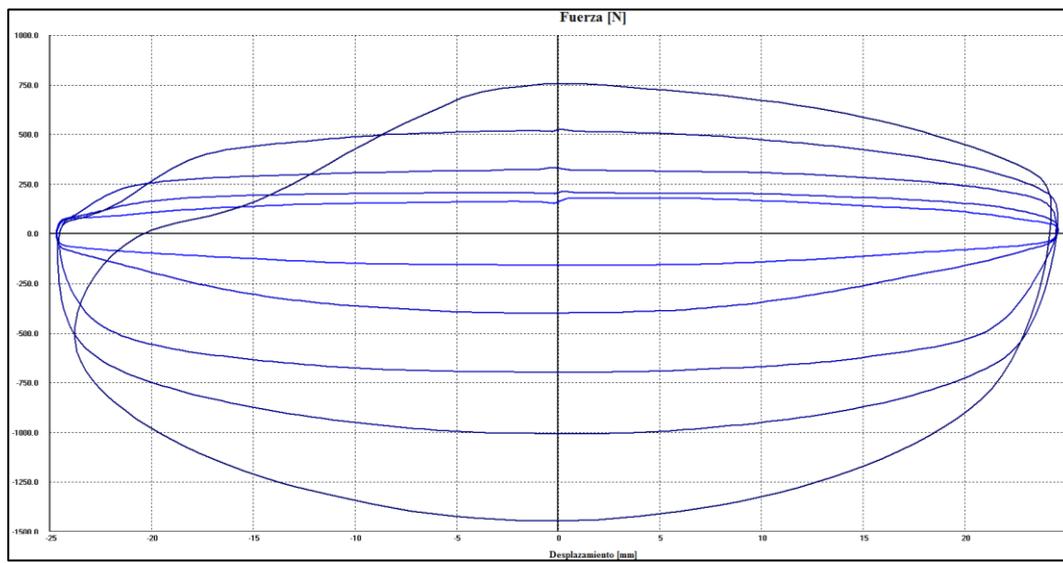
Prueba 1		Next	Run 4	Next
Excursión [mm]	50,15			
Precarga [N]	119,74			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0			
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]				
Pk. Compres.	754,36	-602,54		
Pk. Estens.	-1205,38	601,27		
Temp. Mediana	20,8			

Prueba 1		Next	Run 5	Next
Excursión [mm]	50,15			
Precarga [N]	119,74			
Roce Despego [N]	0			
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0			
Fuerza [N] Velocidad [mm/s]				
Pk. Compres.	1117,57	-996,05		
Pk. Estens.	-1748,2	1001,91		
Temp. Mediana	21,1			

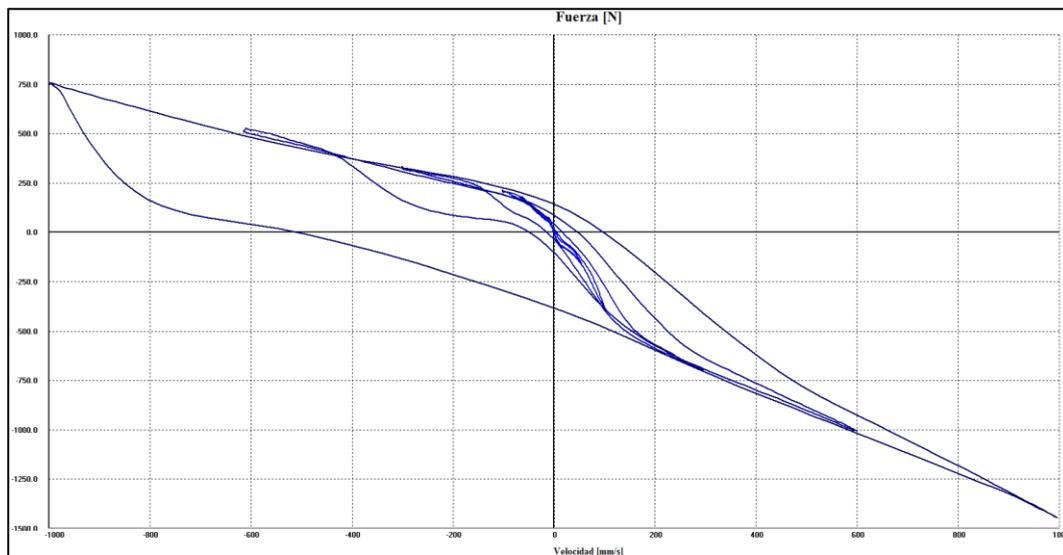
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 02-1

Prueba EAA 02-1.D.V.AF.1: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

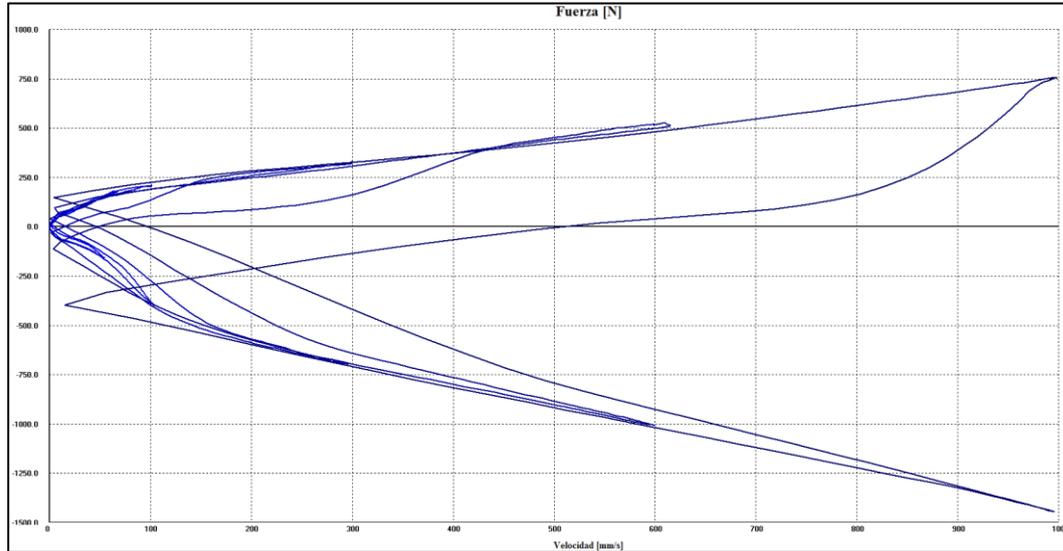


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de Prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,19		
Precarga [N]	23,95		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	179,61	-56,55	
Pk.Estens.	-159,65	55,11	
Temp.Mediana	19,7		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,19		
Precarga [N]	23,95		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	215,53	-101,05	
Pk.Estens.	-403,12	104,46	
Temp.Mediana	19,7		

Prueba 1		Run 3	
Excursión [mm]	50,19		
Precarga [N]	23,95		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	335,27	-300,04	
Pk.Estens.	-702,47	297,06	
Temp.Mediana	19,7		

Prueba 1		Run 4	
Excursión [mm]	50,19		
Precarga [N]	23,95		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	526,85	-599,57	
Pk.Estens.	-1009,8	601,83	
Temp.Mediana	19,7		

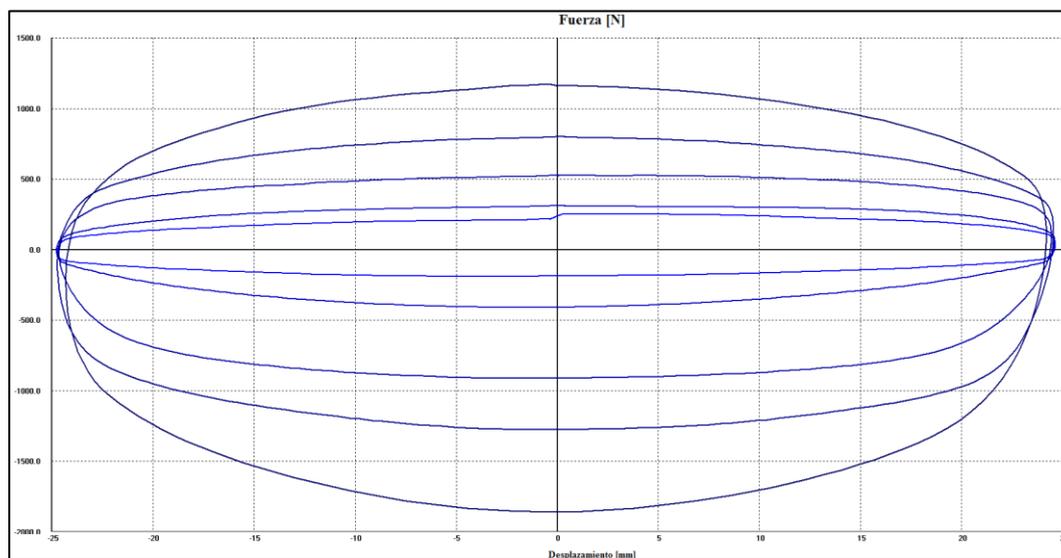
Prueba 1		Run 5	
Excursión [mm]	50,19		
Precarga [N]	23,95		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	758,35	-995,91	
Pk.Estens.	-1464,81	1004,61	
Temp.Mediana	19,8		



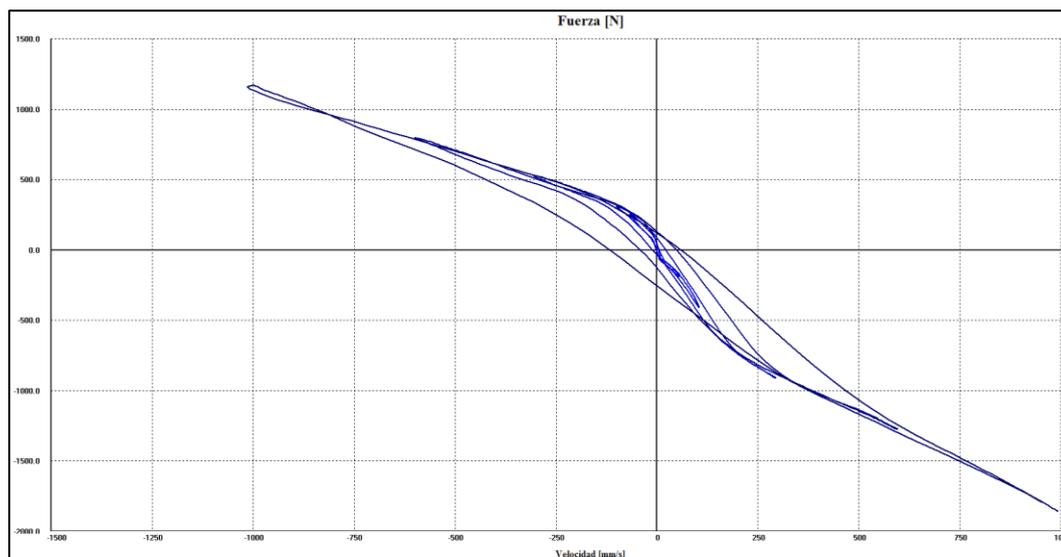
Identificación de la probeta: 180450403120190108-EAA 03-2

Prueba EAA 03-2.D.V.AF1: Velocidad Variable (50, 100, 300, 600, 1000) mm/s

Fuerza/Desplazamiento

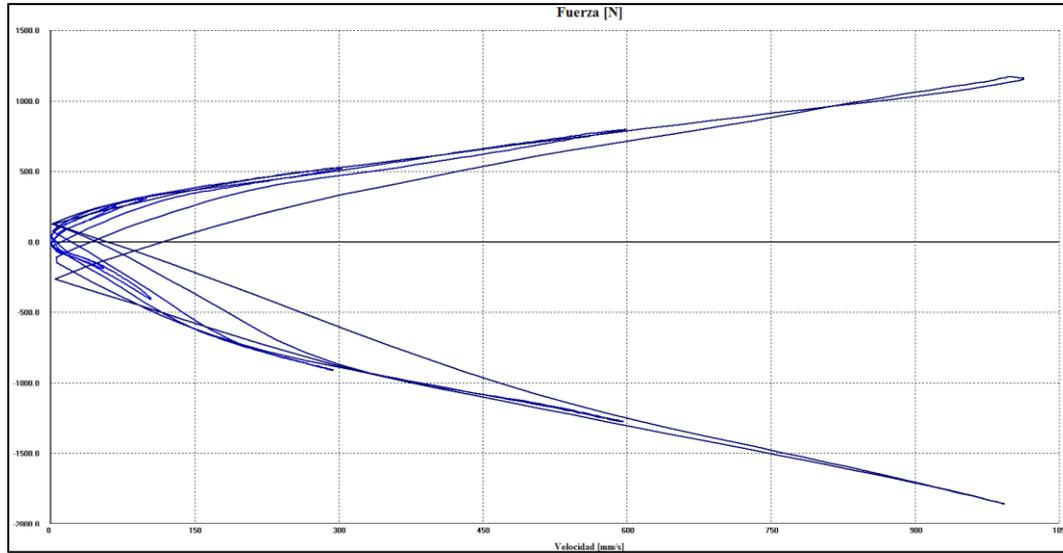


Fuerza/Velocidad





Fuerza/Velocidad Absoluta



Datos de Prueba

Prueba 1		Run 1	
Excursión [mm]	50,3		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	50,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	251,45	-56,38	
Pk.Estens.	-191,58	55,26	
Temp. Mediana	22,3		

Prueba 1		Run 2	
Excursión [mm]	50,3		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	100,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	311,32	-99,14	
Pk.Estens.	-415,09	104,92	
Temp. Mediana	22,4		

Prueba 1		Run 3	
Excursión [mm]	50,3		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	300,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	530,84	-303,05	
Pk.Estens.	-921,99	294,94	
Temp. Mediana	22,5		

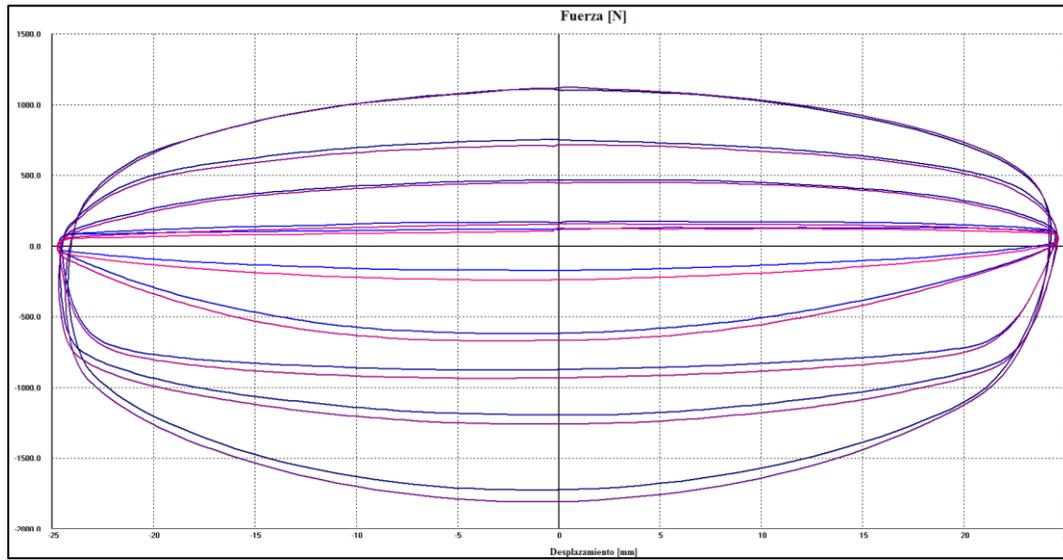
Prueba 1		Run 4	
Excursión [mm]	50,3		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	600,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	802,25	-598,38	
Pk.Estens.	-1281,21	598,0	
Temp. Mediana	22,5		

Prueba 1		Run 5	
Excursión [mm]	50,3		
Precarga [N]	143,69		
Roce Despego [N]	0		
Velocidad Nom. [mm/s]	1000,0		
		Fuerza [N]	Velocidad [mm/s]
Pk.Compress.	1173,45	-997,51	
Pk.Estens.	-1879,91	1002,84	
Temp. Mediana	22,5		

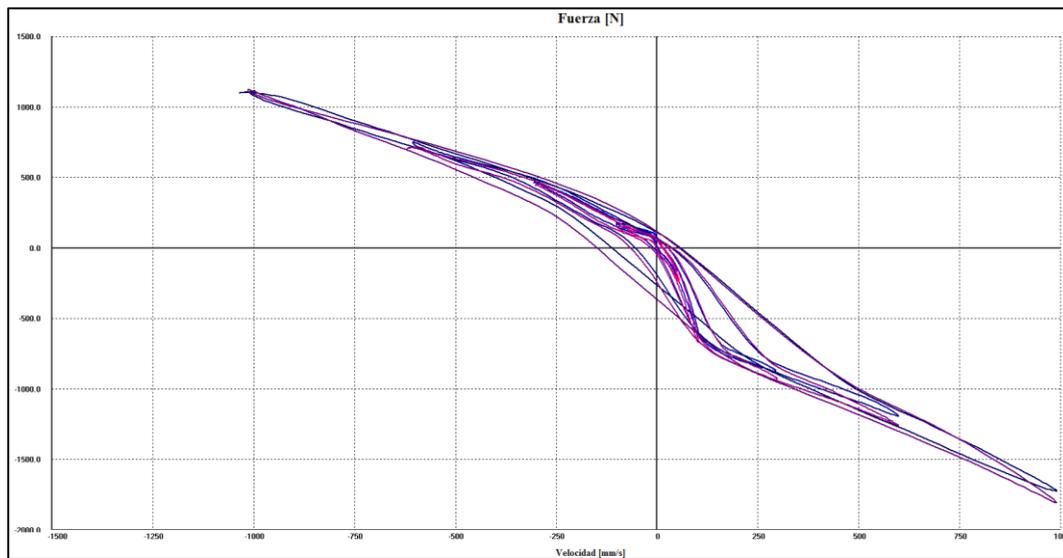
Graficas de comparación antes y luego del ensayo de durabilidad:

180450403120190108-EAA 01-1.V (---) Vs. 180450403120190108-EAA 01-1.D.V.AF3 (---)

Fuerza/Desplazamiento

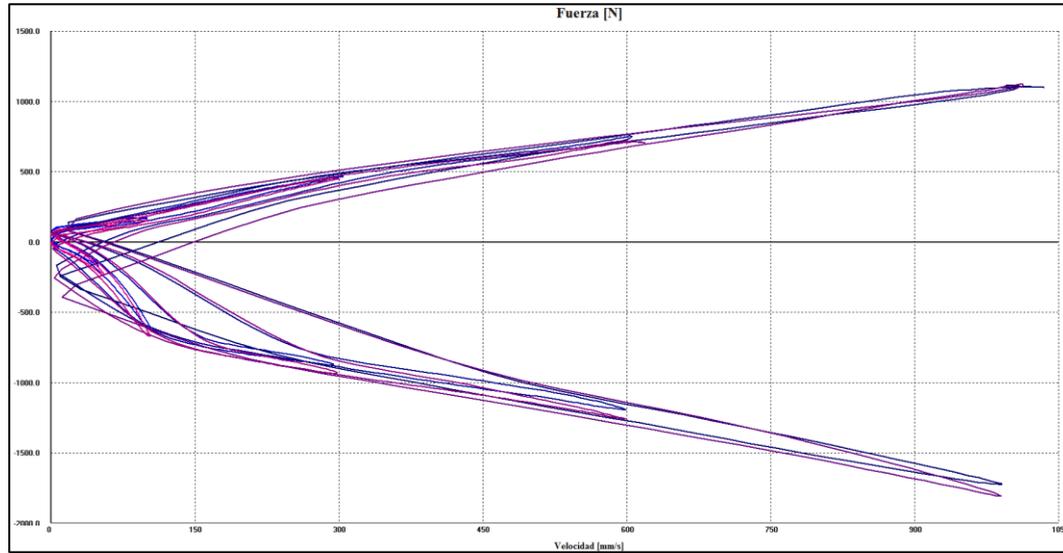


Fuerza/Velocidad



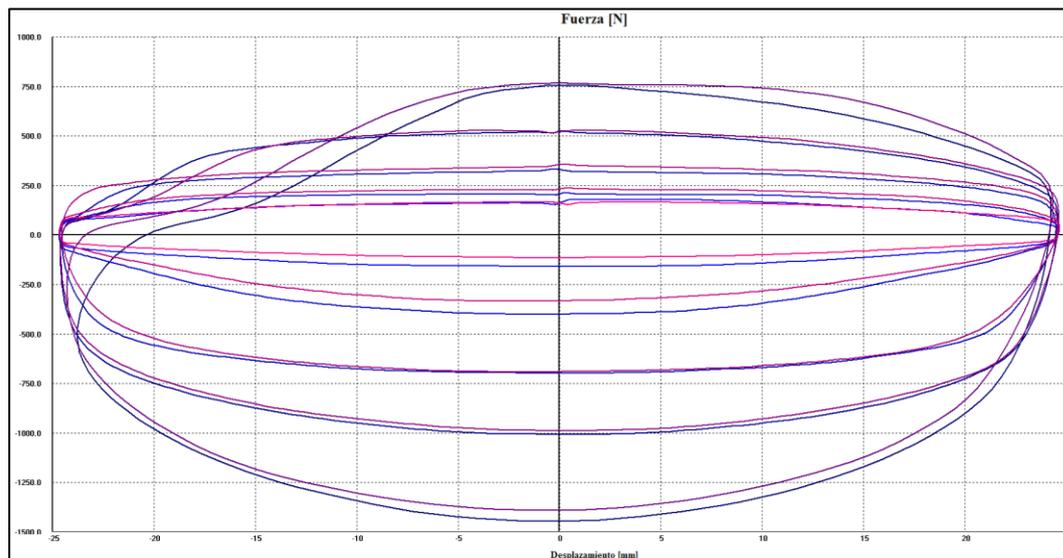


Fuerza/Velocidad Absoluta



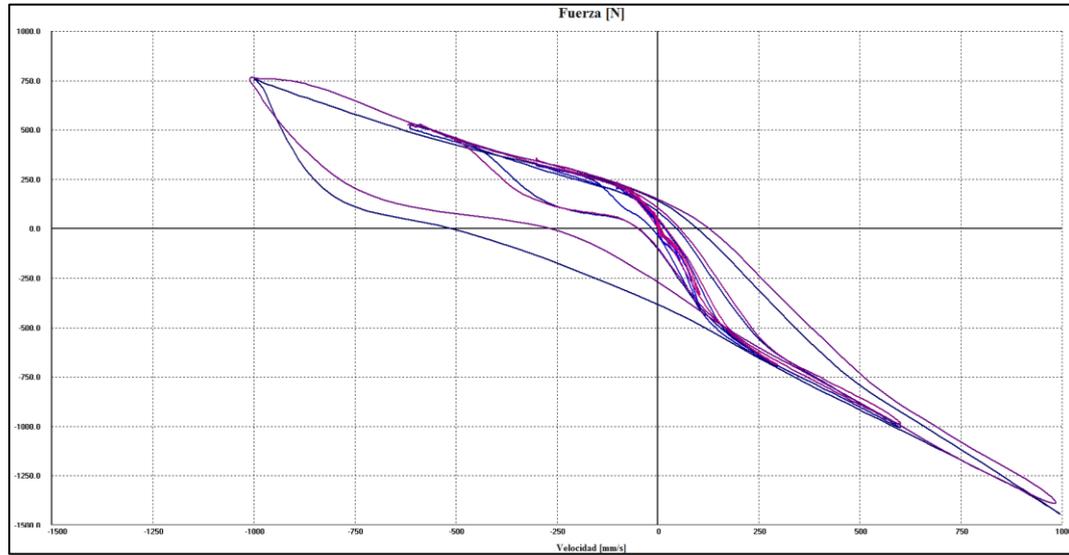
180450403120190108-EAA 02-1.V (---) Vs. 180450403120190108-EAA 02-1.D.V.AF.1 (---)

Fuerza/Desplazamiento

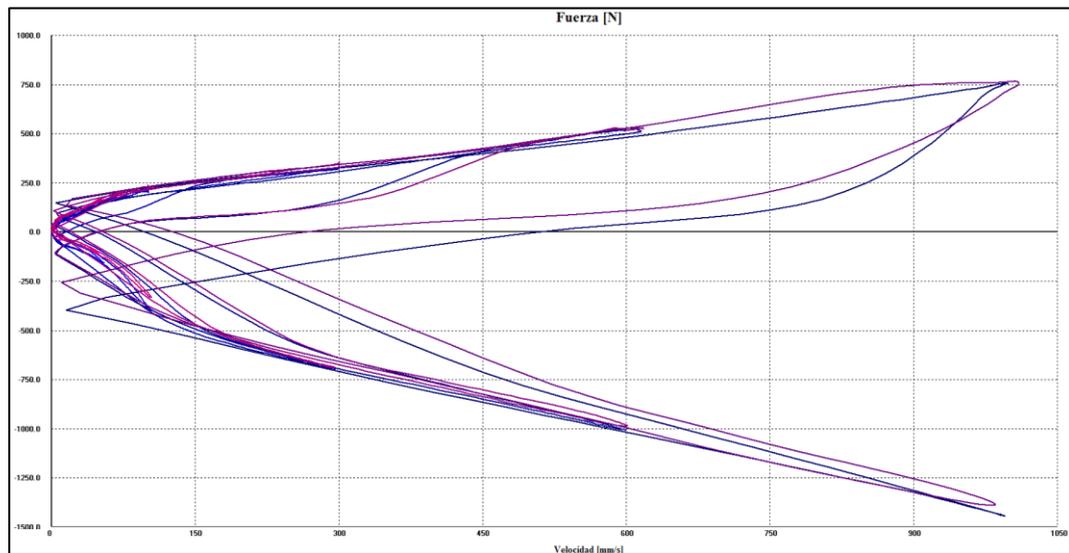




Fuerza/Velocidad



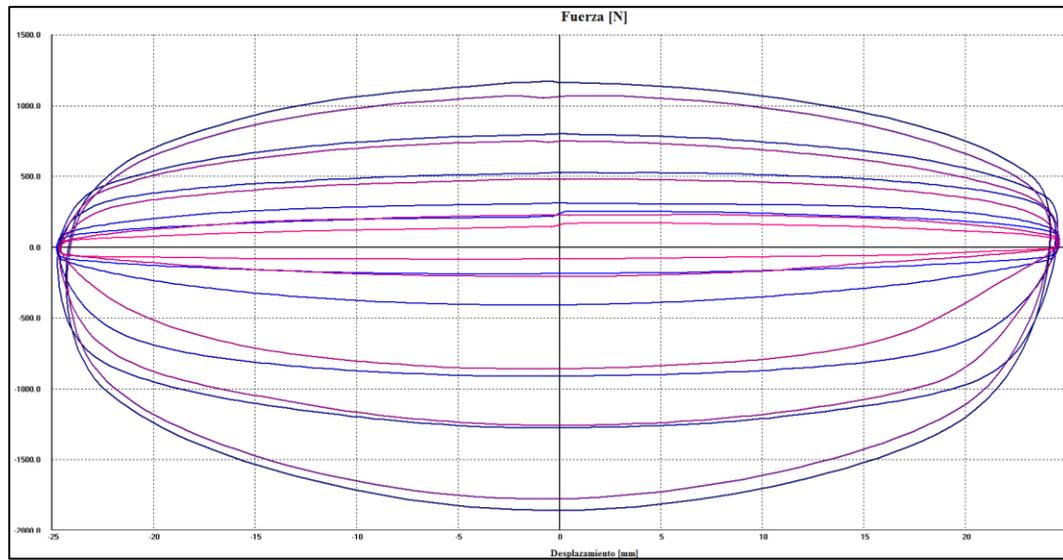
Fuerza/Velocidad Absoluta



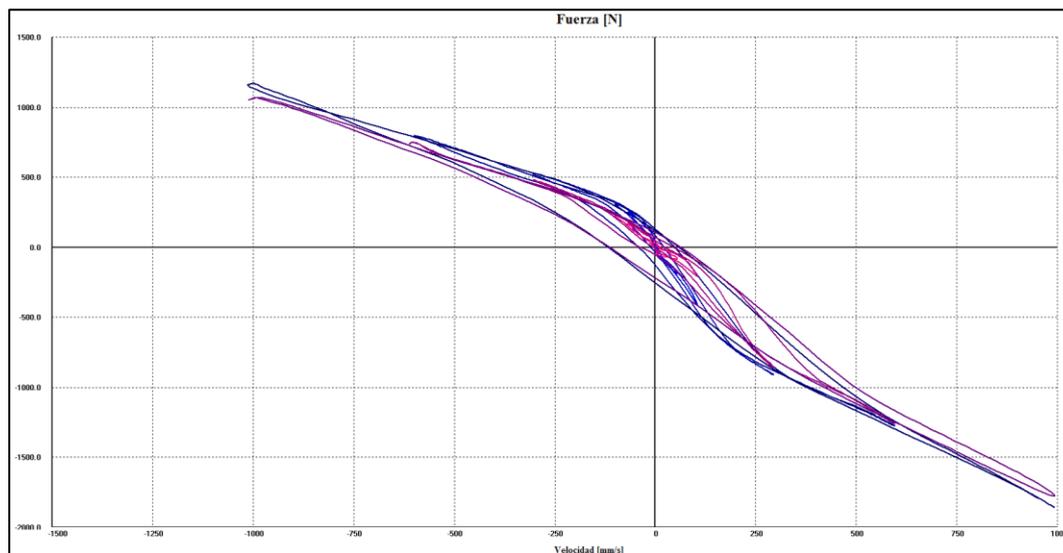


180450403120190108-EAA 03-2.V (---) Vs. 180450403120190108-EAA 03-2.D.V.AF1 (---)

Fuerza/Desplazamiento

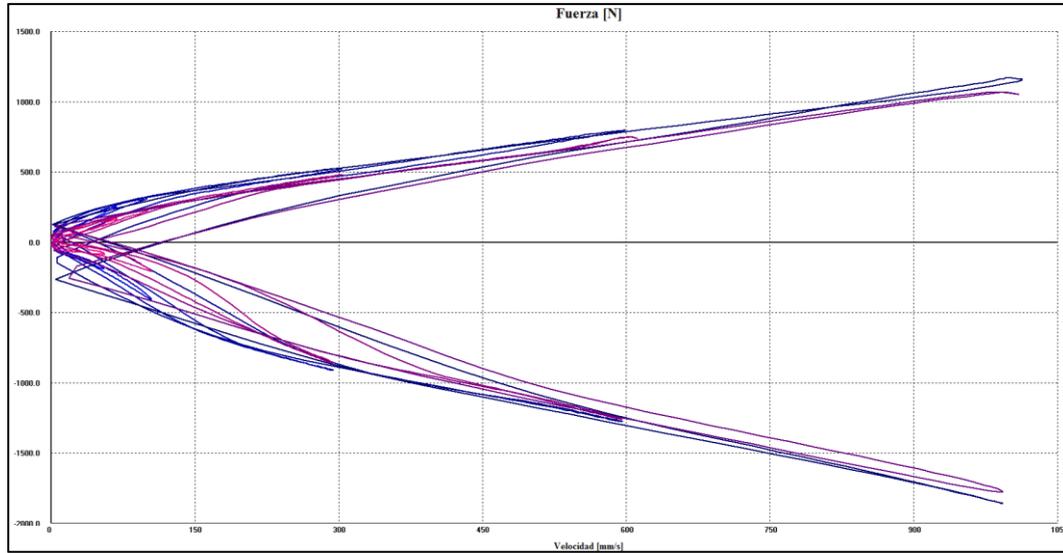


Fuerza/Velocidad



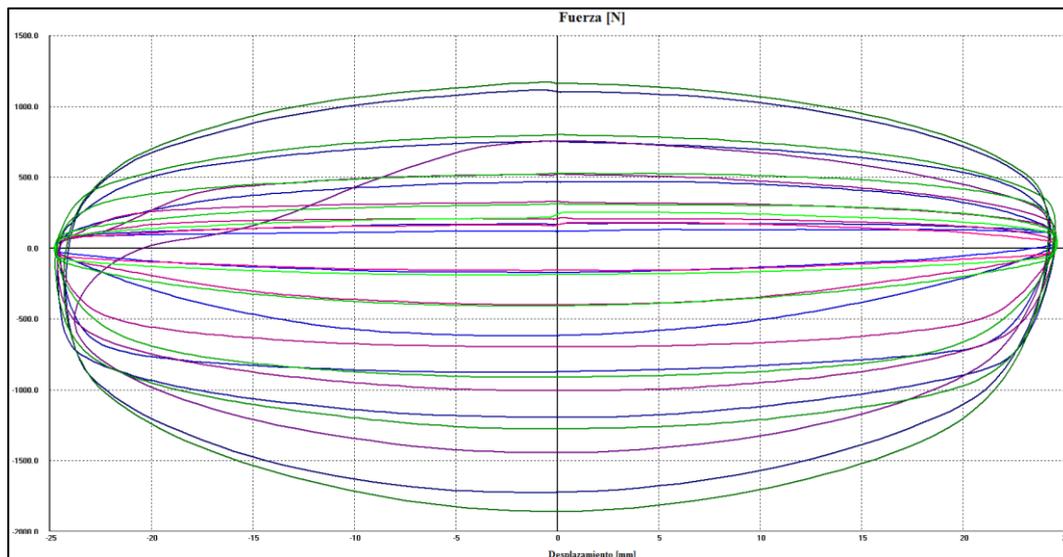


Fuerza/Velocidad Absoluta



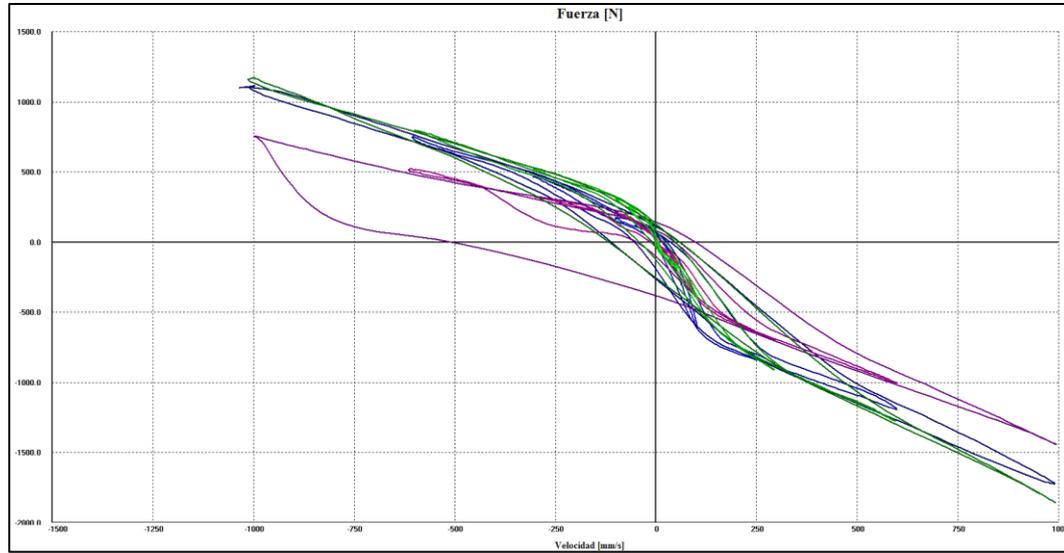
180450403120190108-EAA 01-1.D.V.AF3 (---) Vs.
180450403120190108-EAA 02-1.D.V.AF.1 (---) Vs.
180450403120190108-EAA 03-2.D.V.AF1 (---)

Fuerza/Desplazamiento





Fuerza/Velocidad



Fuerza/Velocidad Absoluta

