



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL
COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS
COILOVERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE
TRABAJO.**

AUTORA: MAYORGA SANTANA, MARÍA GABRIELA

DIRECTOR: ING. IZA TOBAR, HENRY HERIBERTO

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS COILOVERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE TRABAJO”*** fue realizado por la señora ***Mayorga Santana, María Gabriela*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 04 de Febrero del 2019

ING. IZA TOBAR, HENRY HERIBERTO

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Mayorga Santana, María Gabriela*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS COILOVERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE TRABAJO”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 04 de Febrero del 2019

MAYORGA SANTANA, MARÍA GABRIELA

C.C. 1804612495



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

*Yo, **Mayorga Santana, María Gabriela** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS COILOVERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE TRABAJO**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Latacunga, 04 de Febrero del 2019

.....
MAYORGA SANTANA, MARÍA GABRIELA

C.C. 1804612495

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que siempre me han apoyado y confiado en mí, a mi hija Sofía y esposo que son las personas más importantes en mi vida.

También lo dedico a mis queridos docentes que formaron parte de mi vida universitaria y apoyaron con sus conocimientos en cada etapa de éste camino.

Gabriela M.

AGRADECIMIENTO

Agradezco con todo mi corazón a mis padres que son las personas que me apoyaron con amor y económicamente durante todo el trascurso de mi vida, a ellos que me inculcaron con los mejores valores morales para caminar por la vida honestamente y me enseñaron a ser perseverante y cumplir con éxito todas mis metas. En especial a mi padre Rodrigo Mayorga por todo su sacrificio para darme todo lo necesario y su amor incondicional.

A mi hija Sofía y esposo Fernando que son las personas que ahora me impulsan a seguir esforzándome en mi vida profesional e inspiran a ser un ser humano exitoso.

A mis docentes que contribuyeron con sus conocimientos a terminar mi carrera y día a día se convirtieron también en personas importantes que guiaron y compartieron su amistad desinteresada. Agradezco de manera especial a mi director de tesis que me guío en la elaboración de este proyecto de investigación, director de carrera y demás personas que aportaron con sus conocimientos y ayuda en diferentes etapas y fueron un apoyo importante para la culminación de mi trabajo de titulación.

También agradezco a mis amigos July, Adrián, Edwin y Santiago con los cuales compartimos momentos gratos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDADii

AUTORIZACIÓN..... iii

DEDICATORIA1

AGRADECIMIENTO2

ÍNDICE DE CONTENIDOS3

ÍNDICE DE TABLAS.....5

ÍNDICE DE FIGURAS.....6

RESUMEN.....10

ABSTRACT11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes..... 12

1.2. Planteamiento del problema..... 12

1.3. Descripción resumida del proyecto..... 14

1.4. Justificación e importancia. 15

1.5. Objetivos 16

1.5.1. Objetivo general..... 16

1.5.2. Objetivos específicos 16

1.6. Metas del proyecto..... 17

1.7. Hipótesis 18

1.8. Variables de la investigación 18

1.8.1. Variable independiente 18

1.8.2. Variable dependiente 19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Caracterización de los amortiguadores 20

2.2. Rangos de funcionamiento del amortiguador 21

2.3. Banco de pruebas de amortiguadores soft-engine shock 22

2.3.1. Descripción del software..... 22

	4
2.3.2. Magnitudes medidas	22
2.3.3. Pruebas.....	23

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Construcción del utillaje para el montaje de los amortiguadores en el banco de pruebas.	25
3.2. Ensayos	29
3.2.1. Selección de los amortiguadores para ensayos comparativos.....	29
3.2.2. Protocolo de pruebas.....	30
3.2.3. Pruebas amortiguador original.....	36
3.2.4. Amortiguador alternativo 1.....	62
3.2.5. Amortiguador alternativo 2.....	83
3.3. Análisis de resultados	101
3.3.1. Prueba de la fuerza característica de amortiguación.....	101
3.3.2. Prueba de resistencia al deslizamiento.....	115
3.3.3. Prueba de ruido de trabajo	118

CAPÍTULO IV

MARCO ADMINISTRATIVO

4.1. Recursos.....	123
4.1.1. Recursos humanos	123
4.1.2. Recursos tecnológicos.....	123
4.1.3. Recursos materiales	124
4.2. Presupuesto	125

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	126
5.2. Recomendaciones	128

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
---	------------

ANEXOS	131
---------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Parámetros de caracterización de los amortiguadores.</i>	18
Tabla 2	<i>Tipo de amortiguador.</i>	19
Tabla 3	<i>Materiales empleados para la construcción de los utillajes.</i>	25
Tabla 4	<i>Matriz de comportamiento para el vehículo CHEVROLET VITARA.</i>	29
Tabla 5	<i>Modelos de vehículos participantes en la I y II etapa de la Vuelta a la República Categoría TT 2017.</i>	30
Tabla 6	<i>Tabla de forma y dimensiones del cuerpo del puntal.</i>	32
Tabla 7	<i>Dimensiones Amortiguador Original.</i>	33
Tabla 8	<i>Dimensiones Amortiguador alterno 1.</i>	33
Tabla 9	<i>Dimensiones Amortiguador Alterno 2.</i>	34
Tabla 10	<i>Determinación de la carrera de las muestras.</i>	34
Tabla 11	<i>Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 50mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).</i>	101
Tabla 12	<i>Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 100mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).</i>	103
Tabla 13	<i>Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 300mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).</i>	105
Tabla 14	<i>Comparación de Fuerzas en extensión obtenida de las pruebas de ensayo.</i>	106
Tabla 15	<i>Comparación de Fuerzas en compresión obtenida de las pruebas de ensayo.</i>	107
Tabla 16	<i>Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 600mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).</i>	107
Tabla 17	<i>Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 1000mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).</i>	109
Tabla 18	<i>Valores de las cargas laterales a una velocidad de 18mm/s.</i>	115
Tabla 19	<i>Comparación de los niveles de ruido de los amortiguadores y ruido de fondo.</i>	120
Tabla 20	<i>Tabla comparativa de funcionamiento de las muestras de amortiguadores después de las pruebas de ensayo.</i>	121
Tabla 21	<i>Recursos Humanos.</i>	123
Tabla 22	<i>Recursos Tecnológicos.</i>	124
Tabla 23	<i>Egresos del proyecto de investigación.</i>	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Problemas	13
Figura 2. Diagrama Fuerza/Desplazamiento	20
Figura 3. Diagrama Fuerza/Velocidad	21
Figura 4. Perforación de los agujeros en el tubo cuadrado.....	26
Figura 5. Perforación del eje de transmisión y roscado.	26
Figura 6. Soldado del eje de transmisión el tubo rectangular.....	26
Figura 7. Soldado del tubo rectangular y cuadrado.....	27
Figura 8. Perforación de los agujeros en el eje de transmisión.	28
Figura 9. Soldadura del eje de transmisión.	28
Figura 10. Soldadura del bocín.	28
Figura 11. Cuerpo del puntal del tipo que atornilla el nudillo a través de un soporte.....	31
Figura 12. Estado mostrando la longitud máxima y mínima.....	31
Figura 13. Forma y dimensiones del Cuerpo del Puntal.	32
Figura 14. Equipo de prueba para características de fuerza de amortiguación.	35
Figura 15. Banco de Prueba de amortiguadores.....	35
Figura 16. Figura de Lissajous.	36
Figura 17. Diagrama de operación de las pruebas de ensayo.....	38
Figura 18. Colocación del amortiguador original en el banco de pruebas.	39
Figura 19. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.	40
Figura 20. Temperatura de inicio a 50mm/s.....	40
Figura 21. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.	41
Figura 22. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).	41
Figura 23. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.	42
Figura 24. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).	42
Figura 25. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.	43
Figura 26. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).	43
Figura 27. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.	44
Figura 28. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).	44
Figura 29. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.	45
Figura 30. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).	45
Figura 31. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.....	46
Figura 32. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.	46
Figura 33. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.	47
Figura 34. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2.....	47
Figura 35. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.	48
Figura 36. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2.....	48
Figura 37. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.	49
Figura 38. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2.....	49
Figura 39. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.	50
Figura 40. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2.....	50

Figura 41. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.	51
Figura 42. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2.....	51
Figura 43. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable – Prueba 2.....	52
Figura 44. Resistencia al Deslizamiento.	53
Figura 45. Equipo de prueba para medir la resistencia al deslizamiento.	53
Figura 46. Dinamómetro para aplicación de carga lateral en la prueba de resistencia al deslizamiento...	54
Figura 47. Aplicación de carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal.....	55
Figura 48. Registro de carga lateral de 50N.....	56
Figura 49. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N.....	56
Figura 50. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N.....	56
Figura 51. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.....	57
Figura 52. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N.....	57
Figura 53. Equipo de prueba para medir el Ruido de Trabajo.	58
Figura 54. Sonómetro.....	59
Figura 55. Prueba Ruido de Trabajo A. Original	60
Figura 56. Registro del nivel máximo de presión sonora A. Original.....	60
Figura 57. Prueba Ruido de Fondo Banco de Pruebas.....	61
Figura 58. Registro del nivel de sonido de fondo.....	61
Figura 59. Registro del nivel de sonido de fondo en Excel.....	61
Figura 60. Colocación del amortiguador Alterno 1 en el banco de pruebas.	63
Figura 61. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.	64
Figura 62. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.	64
Figura 63. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).	65
Figura 64. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.	65
Figura 65. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).	66
Figura 66. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.	66
Figura 67. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).	67
Figura 68. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.	67
Figura 69. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).	68
Figura 70. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.	68
Figura 71. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).	69
Figura 72. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.....	69
Figura 73. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.	70
Figura 74. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.	70
Figura 75. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2.....	71
Figura 76. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.	71
Figura 77. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2.....	72
Figura 78. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.	72
Figura 79. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2.....	73
Figura 80. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.	73
Figura 81. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2.....	74
Figura 82. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.	74
Figura 83. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2.....	75

Figura 84. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.....	75
Figura 85. Aplicación de carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal.....	77
Figura 86. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N.....	78
Figura 87. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N.....	78
Figura 88. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.....	79
Figura 89. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N.....	79
Figura 90. Prueba Ruido de Trabajo A. Alterno 1.....	81
Figura 91. Registro del nivel máximo de presión sonora.....	82
Figura 92. Registro del nivel máximo de presión sonora en Excel.....	82
Figura 93. Colocación del amortiguador alterno 2 en el banco de pruebas.....	84
Figura 94. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.....	84
Figura 95. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.....	85
Figura 96. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).....	85
Figura 97. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.....	86
Figura 98. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).....	86
Figura 99. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.....	87
Figura 100. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).....	87
Figura 101. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.....	88
Figura 102. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).....	88
Figura 103. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.....	89
Figura 104. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).....	89
Figura 105. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.....	90
Figura 106. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.....	90
Figura 107. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.....	91
Figura 108. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2.....	91
Figura 109. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.....	92
Figura 110. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2.....	92
Figura 111. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.....	93
Figura 112. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2.....	93
Figura 113. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.....	94
Figura 114. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2.....	94
Figura 115. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.....	95
Figura 116. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2.....	95
Figura 117. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.....	96
Figura 118. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N.....	98
Figura 119. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N.....	98
Figura 120. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.....	98
Figura 121. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N.....	99
Figura 122. Prueba Ruido de Trabajo A. Alterno 2.....	100
Figura 123. Registro del nivel máximo de presión sonora.....	101
Figura 124. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 50 mm/s.....	102

Figura 125. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 100 mm/s.....	104
Figura 126. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 300 mm/s.....	105
Figura 127. Rango de fuerzas en extensión a 300mm/s.....	106
Figura 128. Rango de fuerzas en compresión a 300mm/s.....	107
Figura 129. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 600 mm/s.....	108
Figura 130. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 1000 mm/s.....	110
Figura 131. Comportamiento del amortiguador original a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.....	111
Figura 132. Comportamiento del amortiguador alterno 2 a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.....	112
Figura 133. Comportamiento del amortiguador alterno 1 a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.....	113
Figura 134. Comparación de Curva Fuerza Vs. Velocidad de las muestras de amortiguadores.....	114
Figura 135. Comportamiento del A. Original con cargas laterales.....	115
Figura 136. Comportamiento del A. Alterno 1 con cargas laterales.....	116
Figura 137. Comportamiento del A. Alterno 2 con cargas laterales.....	117
Figura 138. Niveles de Ruido de Trabajo A. Original.....	118
Figura 139. Niveles de Ruido de Trabajo A. Alterno 1.....	118
Figura 140. Niveles de Ruido de Trabajo A. Alterno 2.....	119
Figura 141. Comparación de ruido de trabajo de las muestras de amortiguadores.....	120
Figura 142. Ruido de Fondo del Banco de Pruebas.....	120

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consta de una parte bibliográfica para la recolección de información necesaria para la caracterización de amortiguadores, normas para el desarrollo del procedimiento de ensayos a efectuarse y manejo del banco de pruebas de amortiguadores y del software de Dyno Shock. En la parte experimental se realizó las pruebas de ensayo, las cuales se desarrollaron en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de acuerdo a los lineamientos y condiciones especificadas en la norma JASO C611 que trata de los cuerpos de puntal de la suspensión para automóviles a tres muestras de amortiguadores a gas uno original y dos alternas, proporcionadas por el gerente de la empresa MAXMOTOR. Se realizó pruebas no destructivas de fuerza de amortiguación, Resistencia al deslizamiento y Prueba de ruido de trabajo a cada una de las muestras. Con las curvas y datos obtenidos como son las Fuerzas de amortiguación, amplitud de desplazamiento y velocidades máximas alcanzadas en las carreras de compresión y extensión poder realizar las tabulaciones respectivas mediante el software EXCEL para realizar un análisis comparativo de sus características y bajo la norma determinar la evaluación de conformidad de acuerdo a sus dimensiones y desempeño de trabajo.

PALABRAS CLAVE:

- **AMORTIGUADORES A GAS**
- **AMORTIGUADORES – NORMAS TÉCNICAS**
- **AMORTIGUADORES - CAVITACIÓN**

ABSTRACT

The present research project consists of a bibliographic part, in which all the information was obtained for the characterization of shock absorbers, standards for the development of the test procedure to be carried out and management of the shocks test bench and the Dyno Shock software. In the experimental part you have the test tests, which were developed in the Metalworking Mechanic Productive Development Center according to the guidelines and conditions specified in the JASO C611 standard that deals about the strut bodies of the car suspension to three samples of gas shock absorbers one original and two alternate, provided by the manager of the company MAXMOTOR. Non-destructive tests of damping force, slip resistance and work noise test were performed on each of the samples. With the curves and data obtained such as the damping forces, displacement amplitude and maximum speeds reached in the compression and extension races, the respective tabulations were made using the EXCEL software to perform a comparative analysis of their characteristics and under the norm determine the conformity assessment according to its dimensions and work performance.

KEY WORDS:

- **GAS SHOCK ABSORBERS**
- **SHOCK ABSORBER – TECHNICAL STANDARDS**
- **SHOCK ABSORBER - CAVITATION**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

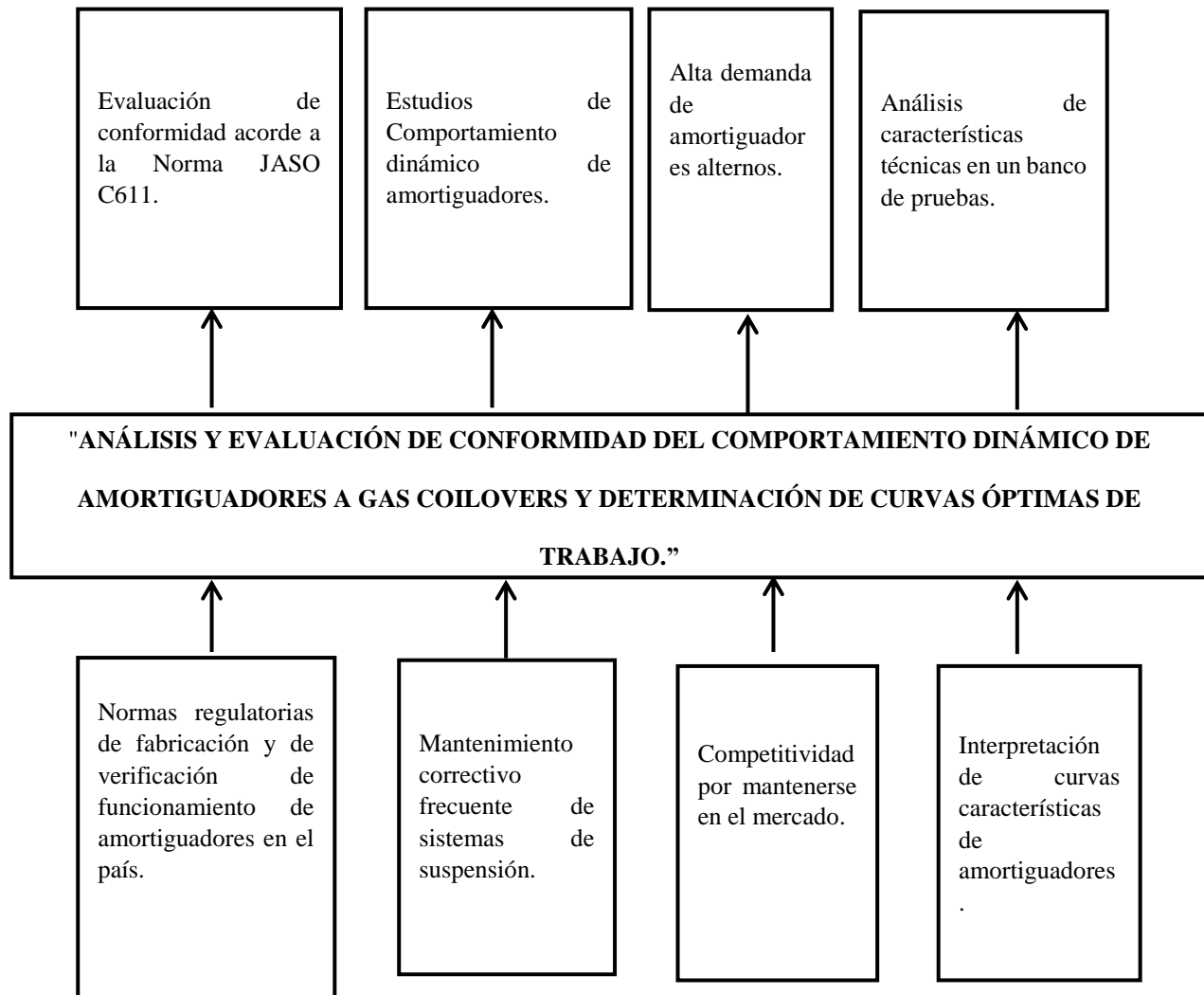
En la actualidad se encuentra en el mercado diferentes tipos de amortiguadores como hidráulicos, neumáticos, ajustables electrónicamente, a gas, entre otros.

La línea de investigación se centra en los amortiguadores a gas, debido a sus ventajas como: mayor velocidad de retorno al conducir por terrenos de constante superficie irregular, minimizan la formación de burbujas, brindan mayor control sobre la dirección y frenos, también mejoran la adherencia de los neumáticos al asfalto.

La investigación tiene como objetivo general determinar un marco de referencia que permita verificar el funcionamiento de este tipo de amortiguadores, a partir de la evaluación de la conformidad del producto de acuerdo a las Norma JASO 611-93.

1.2. Planteamiento del problema.

La investigación parte de la necesidad de la empresa MAXMOTOR DEL ECUADOR de verificar las características de funcionamiento de amortiguadores a gas, que permitan conocer si el desempeño del amortiguador cubrirá las expectativas de sus clientes respecto a la calidad, durabilidad y funcionamiento de trabajo respecto a otra marca de amortiguadores, al realizar un análisis de su comportamiento dinámico y evaluación de conformidad. Para ello, se someterán muestras a diferentes frecuencias de trabajo que serán validados con repeticiones para comprobar la precisión de los resultados.



*Figura 1.*Árbol de Problemas

En la figura 1 se muestra las problemáticas y soluciones que se desarrollará mediante la investigación de: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS COILOVERTERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE TRABAJO.

Gracias a los avances tecnológicos, actualmente se tiene acceso a bancos de prueba como SOFT-ENGINE SHOCK que permite realizar pruebas dinámicas del comportamiento de amortiguadores sometidos a diferentes condiciones de funcionamiento, lo que da a conocer las características propias y las limitaciones que pueden poseer éstos amortiguadores uno original y dos alternos.

La fabricación de amortiguadores en el país es escasa, sin embargo con sistemas de evaluación de conformidad se puede establecer normas regulatorias de producción con estándares validados que permitan impulsar el sector industrial de nuestro país.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

La investigación ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES A GAS COILOVERS Y DETERMINACIÓN DE CURVAS ÓPTIMAS DE TRABAJO, se conforma de lo siguiente:

Recopilación de información de fuentes confiables en libros, tesis, fichas técnicas, normas y publicaciones que sirvan de fundamento al desarrollo del análisis.

El estudio de comportamiento de trabajo de los amortiguadores a gas cuyos resultados deberán ser verificados se desarrollará en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Gobierno Provincial de Tungurahua.

El estudio se desarrollará con muestras de amortiguadores uno original y dos alternos para obtener los parámetros que permitan verificar las características como son: curvas estándar de fuerza/desplazamiento y fuerza/velocidad, éstas serán sometidas a diferentes condiciones como son: normal y crítica.

A través del software Soft-Engine se podrá realizar las tabulaciones para posteriormente comparar los datos característicos mencionados y realizar el análisis de resultados.

1.4. Justificación e importancia.

El sector automotor del país se compone de 5 ensambladoras y más de 40 empresas autopartistas. (CINAE, 2017, pág. 9) .

En el 2016 Fisum confirma convenio de ensamblaje con la marca Volkswagen, lo que da inicio al proyecto que ensamblará vehículos de la marca Volkswagen en el país y buscará desarrollarse para llegar a niveles de exportación en toda la región. Fisum, en la planta de Aymesas producirá en una primera fase, el modelo Amarok, disponible a partir del 2017 con 2.000 unidades anuales. (CINAE, 2017, pág. 9)

En lo que se refiere al vínculo del sector metalmecánico con la industria automotriz ecuatoriana, es fundamental que muchas empresas como Metaltronic, Metalcar, Amortipartes, Dana, Vanderbilt, Faesa, entre otras, produzcan partes y piezas para el ensamblaje de vehículos en el país. Este es un sector en constante crecimiento, que está ligado al desarrollo de industrias como la automotriz. En Ecuador se produce en la actualidad: ejes, diferenciales, cardanes, fabricación de piso completo y balde de camioneta, brackets, estampados metálicos, amortiguadores, tubos de escape, barra de tablero de instrumentos, guardachoques metálicos, protector del tanque de combustible, estructuras de asientos, todos derivados del sector metalmecánico. (CINAE, 2017, pág. 10)

La empresa MAXMOTOR DEL ECUADOR está ubicada en la ciudad de Ambato y se dedica a la distribución de componentes automotrices y equipamiento de vehículos 4x4, su misión es

distribuir productos de calidad. Entre éstos productos se encuentran amortiguadores a gas, los cuales están siendo introducidos en el mercado y el gerente de la empresa manifiesta su interés por conocer si el amortiguador alternativo brinda mejores prestaciones con respecto al original. Éste amortiguador es importado dado que actualmente en el país no se encuentra con una empresa que fabrique éste tipo de amortiguador.

En este punto la investigación proporcionará los parámetros característicos que permitan la evaluación de conformidad y determinar el desempeño de trabajo de aquellos que se importen para su distribución y ensamblaje en los vehículos e impulsar la industria automotriz del país.

Los beneficiarios directos de la investigación son empresa MAXMOTOR DEL ECUADOR, estudiantes y docentes del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero y el Sector Automotriz de la zona 3.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar el análisis y evaluación de conformidad del comportamiento dinámico de amortiguadores a gas coilovers y determinar las curvas óptimas de trabajo de muestras de amortiguadores uno original y dos alternos.

1.5.2. Objetivos específicos

- Recopilar información bibliográfica correspondientes a: la ficha técnica y manuales que permitan una utilización correcta del banco de pruebas de amortiguadores Soft-Engine Shock;

estudio de las partes, características; funcionamiento y curvas de caracterización de los amortiguadores a gas.

- Establecer los parámetros de programación del software y construcción del utillaje para la colocación del amortiguador en el banco de pruebas.
- Realizar los ensayos no destructivos respectivos en el banco de pruebas obteniendo curvas características de las muestras proporcionadas por la empresa MAXMOTOR DEL ECUADOR.
- Analizar los resultados obtenidos de las pruebas de ensayo realizadas a las muestras respectivas.

1.6. Metas del proyecto

- Recopilar información, artículos involucrados en los temas a investigar, norma para evaluación de conformidad de amortiguadores, y curvas características de amortiguadores en dos semanas.
- Estudiar las partes, características y funcionamiento de los amortiguadores a gas en una semana.
- Establecer parámetros de programación del software como: tipo de ensayo, temperatura para la realización de las pruebas, así como el valor de velocidades y frecuencias en una semana.
- Construir el utillaje que servirá de soporte para colocar los amortiguadores a gas en dos semanas.
- Desarrollar el procedimiento de ensayo de acuerdo a los lineamientos de la norma JASO 611-93 en un mes.
- Realizar los ensayos y diferentes pruebas comparativas de las muestras en un mes.
- Tabular datos para generar una tabla de contenido de cada una de las muestras con las características de trabajo de cada uno de ellos de acuerdo a las condiciones de trabajo sometidas en dos semanas.
- Analizar los resultados obtenidos de amortiguadores a gas en un mes para continuar con el desarrollo de la redacción del capítulo de conclusiones y recomendaciones en dos semanas.

1.7. Hipótesis

¿El análisis del comportamiento dinámico de los amortiguadores evaluados, permitirán determinar la conformidad del producto e identificar el producto que tiene mejores prestaciones?

1.8. Variables de la investigación

1.8.1. Variable independiente

Tabla 1

Parámetros de caracterización de los amortiguadores.

Concepto	Categorías	Variables	Unidades	Sistema	Instrumentos
Son datos de entrada para la realización de las diferentes pruebas y control de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el fabricante del tipo de amortiguador que será sometido al experimento.	Datos termopar	Temperatura		Programación	Soft-Engine
			°C		Shock 3.0
	Datos de parámetros característicos del software	Temperatura		Hoja de control de programación	Soft-Engine
		Desplazamiento	mm		Shock 3.0
		Frecuencia	Hz		
		Velocidad constante	mm/s		
		Velocidad variable	mm/s		

1.8.2. Variable dependiente

Tabla 2*Tipo de amortiguador.*

Concepto	Categorías	Variables	Unidades	Sistema	Instrumentos
		Original		Estadística	-----
Son los elementos a ser sometidos a pruebas de ensayo no destructivos para su posterior análisis.	Muestras de Análisis	Alternativo 1			
		Alternativo 2	-----		

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Caracterización de los amortiguadores

Existen tres formas diferentes de caracterizar el comportamiento del amortiguador. La primera consiste en dar a saber el coeficiente de amortiguamiento, la segunda en graficar la fuerza generada con respecto a la posición y la tercera consiste en presentar la fuerza con la velocidad relativa de sus partes. (Baez, 2016, pág. 36)

En la curva Fuerza Vs. Desplazamiento como se muestra en la figura 2 se puede ver las fuerzas obtenidas con respecto a cada uno de los puntos de desplazamiento, teniendo en cuenta que en la parte positiva tenemos la carrera de compresión y en la parte negativa la carrera de extensión.

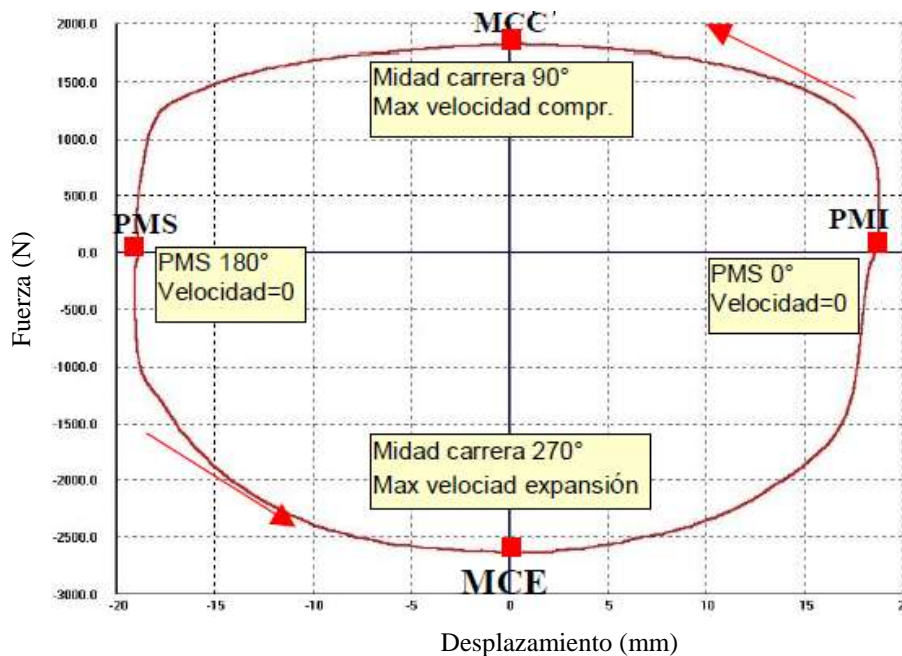


Figura 2. Diagrama Fuerza/Desplazamiento

Fuente: (Soft-Engine, 2015)

PMI: el amortiguador está totalmente extendido, por lo tanto no opone alguna resistencia. MCC: el amortiguador es comprimido ofrece la máxima resistencia.

PMS: el amortiguador está completamente comprimido y de nuevo firme, por lo tanto no opone resistencia.

MCE: el amortiguador es extendido y ofrece la mínima resistencia. Así, sucesivamente empieza un nuevo ciclo: resultando un diagrama de forma elíptica. (Engine-Soft, 2015, pág. 19)

En la curva Fuerza Vs. Velocidad se observa las fuerzas máximas alcanzadas en la carrera de compresión y extensión de acuerdo a las velocidades de trabajo que ha sido sometido el amortiguador. El registro de la curva se tiene en la Figura 3.

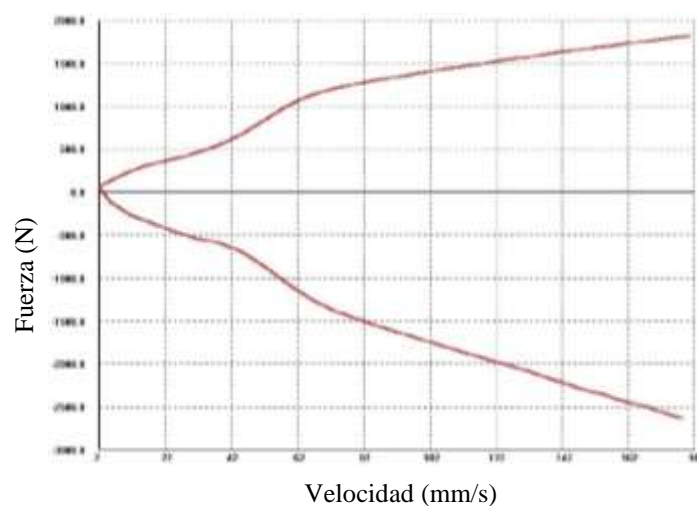


Figura 3. Diagrama Fuerza/Velocidad
Fuente: (Soft-Engine, 2015)

2.2. Rangos de funcionamiento del amortiguador

Normalmente el amortiguador opera dentro de rangos determinados tanto de desplazamiento como de velocidad. Conocer los límites de actuación es primordial dado que si no fuera así se podría someter el amortiguador a velocidades elevadas hasta causar su rotura o daños en el mismo.

Se considera rangos de funcionamiento a los desplazamientos y velocidades de trabajo. (Báez, 2016)

2.3. Banco de pruebas de amortiguadores soft-engine shock

2.3.1. Descripción del software

El potente software de adquisición por el banco de prueba de amortiguadores permite realizar muchos tipos de pruebas. El uso del software es particularmente simple, siendo planeado para trabajar con un sistema WINDOWS (todas las versiones).

El software debe programarse el tipo de prueba.

2.3.2. Magnitudes medidas

El software provee resultados acerca del esfuerzo del amortiguador bajo forma de gráficos y tableros, éstos miden las siguientes magnitudes:

Fuerza en función:

- Fuerza vs. Desplazamiento, Velocidad, Tiempo de adquisición
- Fuerza de punta vs. velocidad absoluta; Fuerza absoluta vs. Velocidad absoluta
- Fuerza Gas vs. ángulo de motor eléctrico
- Fuerza, Desplazamiento y Velocidad vs. tiempo
- Temperatura vs. Tiempo

Es posible además precargar el amortiguador antes de iniciar la prueba.

Las características generales del software son:

- Pruebas comparativas
- Tablero de los datos adquiridos

- Unidad de medida
- Invertir la lectura de los gráficos (extensión en alto y compresión en bajo o viceversa);
- Prensa personalizable
- Exportación de los datos en formato texto, para realizar la compatibilidad con programas como Excel

- Página de los diagramas con:

Lector curva

Valor de punta

Personalización de la escalera horizontal y vertical. (Engine-Soft, 2015)

2.3.3. Pruebas

- **A VELOCIDAD CONSTANTE:** permite la adquisición sólo de datos por uno ciclo a una velocidad programada (velocidad en Hz o en m/s). (Engine-Soft, 2015)
- **A VELOCIDAD VARIABLE:** es posible probar el amortiguador imponiendo una progresión de frecuencias o velocidad, seleccionada por el software. (Engine-Soft, 2015)
- **WARM-UP:** para hacer que el aceite del amortiguador alcance la temperatura de trabajo optima cuando se inicia la prueba. (Engine-Soft, 2015)
- **GAS TEST:** sirve para valorar la influencia del gas en el amortiguador a una velocidad reducida, la captación de fuerza medida que dependerá de la inercia del gas. Este hecho aparecerá en gráficos y tableros en función del rincón de manivela del motor eléctrico. (Engine-Soft, 2015)
- **SEAL DRAG TEST:** Es una prueba semi-estática para valorar los efectos del roce en el cuerpo del amortiguador.

- Sirve para valorar la influencia del roce de primera separación del pistón del amortiguador. (Engine-Soft, 2015)
- **PRUEBA A FUERZA LIMIDADA:** se impone una fuerza (de límite) a cierta velocidad. Si durante la prueba preliminar, o durante la prueba, el amortiguador desarrolla una fuerza mayor de aquél programado, el software interrumpe la prueba. Es útil para evitar roturas indeseadas del amortiguador durante sesiones de pruebas particularmente intensivas. (Engine-Soft, 2015)

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Construcción del utillaje para el montaje de los amortiguadores en el banco de pruebas.

Para el montaje de los amortiguadores en el banco de pruebas se construyó dos utillajes, una para la parte superior y otro para la parte inferior con materiales que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

Materiales empleados para la construcción de los utillajes

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES
Eje de transmisión	1018	250x32mm
Tubo rectangular	Acero negro laminado caliente	80x40x3mm
Tubo cuadrado	Acero negro laminado caliente	30x30x1.2

El procedimiento de construcción se detalla a continuación:

Utillaje Inferior:

1. Se cortó del tubo rectangular una pieza de 103mm y se soldó en sus extremos placas del mismo material para conseguir una pieza cerrada.
2. Se realizó un corte de 130mm del tubo cuadrado y se realizó perforaciones de 12mm con un taladro de pedestal como se muestra en la figura 4.
3. Se realizó un corte de 70mm del eje de transmisión y una perforación de 18mm con un roscado de paso de 1.5mm como se muestra en la figura 5.
4. Se realizó perforaciones de 32mm en los extremos del tubo rectangular con taladro de pedestal.
5. Se soldó el eje de transmisión de 70mm en el tubo rectangular y también el tubo rectangular con el tubo cuadrado como se muestra en las figuras 6 y 7.



Figura 4. Perforación de los agujeros en el tubo cuadrado.



Figura 5. Perforación del eje de transmisión y roscado.



Figura 6. Soldado del eje de transmisión el tubo rectangular.



Figura 7. Soldado del tubo rectangular y cuadrado.

Utillaje Superior:

1. Se cortó 65mm del tubo rectangular y se soldó en sus extremos placas del mismo material para conseguir una pieza cerrada.
2. Se cortó 70mm del eje de transmisión de y una perforación de 18mm con un roscado de paso de 1.5mm.
3. Se realizó perforaciones de 32mm en los extremos del tubo rectangular con taladro de pedestal.
4. Se cortó 40mm del eje de transmisión y una perforación de 17mm con una profundidad de 20mm y adicional una perforación de 14mm con una profundidad de 20mm roscado con un paso de 1.5mm como se muestra en la figura 8.
5. Se soldó el eje de transmisión de 70mm y el de 40mm en el tubo rectangular como se muestra en las figuras 9 y 10.



Figura 8. Perforación de los agujeros en el eje de transmisión.



Figura 9. Soldadura del eje de transmisión.



Figura 10. Soldadura del bocín.

3.2. Ensayos

3.2.1. Selección de los amortiguadores para ensayos comparativos.

- **Entrevista**

Para el estudio de investigación y los ensayos comparativos los amortiguadores fueron seleccionados de acuerdo a los modelos con mayor demanda de mantenimiento dentro de la empresa MAXMOTOR, en la cual se consideró el vehículo Chevrolet vitara y se elaboró una matriz de comportamiento de amortiguadores original y alterno como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Matriz de comportamiento para el vehículo CHEVROLET VITARA.

AMORTIGUADORES	CONDICIONES	COMPORTAMIENTO	
ALTERNO	Vías Rápidas	Balanceo Alta velocidad	Inapreciable
		Balanceo Baja velocidad	No existe balanceo
ORIGINAL		Balanceo Alta velocidad	Casi inapreciable
ORIGINAL		Balanceo Baja velocidad	Inapreciable
ALTERNO	Curvas	Balanceo Alta velocidad	El coche se mantiene firme y menor balanceo
		Balanceo Baja velocidad	Muy firme sin balanceos
ORIGINAL		Balanceo Alta velocidad	Menor firmeza y mayor balanceo
ORIGINAL		Balanceo Baja velocidad	Mayor firmeza y menor balanceo
ALTERNO	Frenado	Emergencia	Mejor adherencia
		Antes de Curvas	Mantiene estabilidad
ORIGINAL		Emergencia	Aumento de distancia de frenado
ALTERNO		Antes de Curvas	Menor estabilidad
ORIGINAL	Pista firme irregular	Giro Brusco	Absorbe irregularidades y un poco duro en la parte posterior.
		Saltos	Mantiene adherencia al piso.
		Giro Brusco	Menor confort
		Saltos	Menor adherencia y comportamiento duro en el eje trasero.

CONTINÚA

ALTERNO	Calentamiento del Amortiguador	Tras 20 minutos	Mejora el confort y comportamiento.
ORIGINAL		Tras 20 minutos	-----

Esta matriz de comportamiento de amortiguadores ha sido contestada por el Sr. Paúl Lara Gerente Propietario de la empresa MAXMOTOR en base a la experiencia laboral y manifestaciones expuestas por los clientes.

Tomando de la categoría Todoterreno de los resultados de la primera y segunda etapa de la vuelta a la república del año 2017 tenemos al modelo de vehículo CHEVROLET VITARA.

Tabla 5

Modelos de vehículos participantes en la I y II etapa de la Vuelta a la República Categoría TT 2017.

MODELO	MARCA	ETAPA I	ETAPA II
VITARA	CHEVROLET	X	X
VITARA	CHEVROLET	X	X
VITARA	CHEVROLET	X	X
VITARA	CHEVROLET	X	X
VITARA	CHEVROLET	X	X
VITARA	SUZUKI	X	X

Fuente: (Yasbeck, 2017)

3.2.2. Protocolo de pruebas

Para elaborar este proyecto de investigación es necesario determinar ciertos parámetros mediante ensayos de caracterización. Para ello, se seguirá los parámetros y procedimiento encontrados en la norma JASO C611-93.

- Conforme a las características de las muestras del amortiguador tendremos un cuerpo de puntal del tipo que atornilla el nudillo a través de un soporte como se muestra en la figura 11.

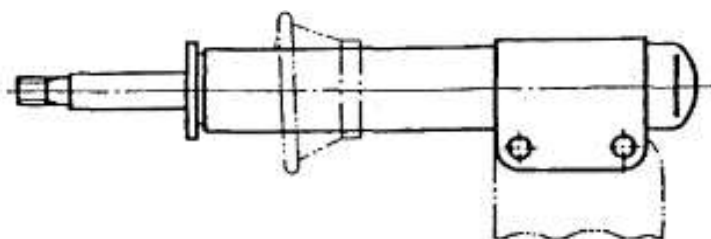


Figura 11. Cuerpo del puntal del tipo que atornilla el nudillo a través de un soporte.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

- Para determinar la carrera de cada una de las muestras de amortiguadores la obtendremos de la diferencia entre la longitud máxima y la longitud mínima como se muestra a continuación:

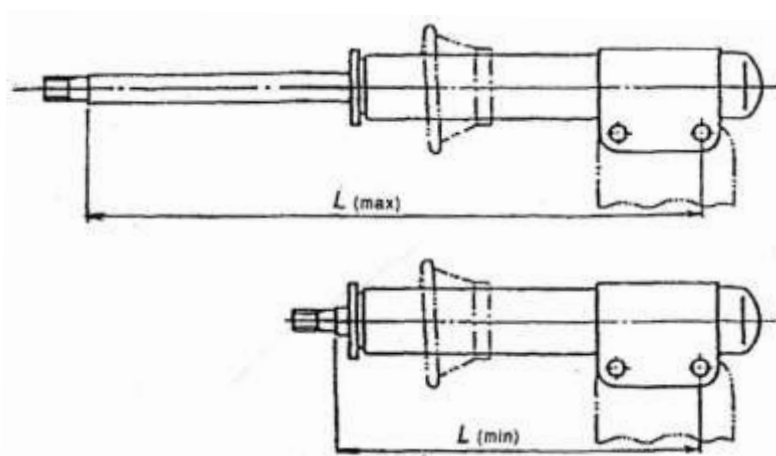


Figura 12. Estado mostrando la longitud máxima y mínima.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

- La forma y dimensiones del cuerpo del puntal deben cumplir con la Tabla 6 cuyos valores son tomados de la norma JASO C611-93. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

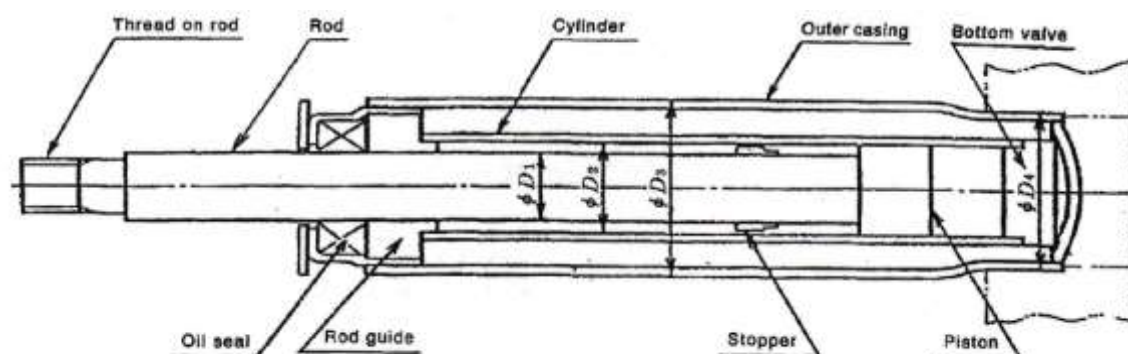


Figura 13. Forma y dimensiones del Cuerpo del Puntal.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 6

Tabla de forma y dimensiones del cuerpo del puntal.

Designación del Cuerpo del Puntal	Diámetro exterior del pistón, ϕ_1	Diámetro interior de la varilla, ϕ_2	Diámetro exterior de la carcasa exterior, ϕ_3	Diámetro apropiado de nudillo, ϕ_4 (por referencia)	Paso de Rosca
ST16-25-45	16	25	45	44.7	M10x1.25
ST18-25-45	18				M10x1.25
ST18-25-48.6			48.6	48.3	M12x1.25
ST18-28-45		28	45	44.7	
ST18-28-48.6			48.6	48.3	
ST20-28-45	20		45	44.7	M12x1.25
ST20-28-48.6			48.6	48.3	M14x1.5
ST20-28-50.8			50.8	50.5	
ST20-30-45		30	45	44.7	
ST20-30-48.6			48.6	48.3	
ST20-30-50.8			50.8	50.5	
ST22-32-50.8	22	32			
ST22-32-54			54	53.6	
ST25-35-54	25	35			

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 3)

Se midió el pistón del amortiguador (ϕ_1) y diámetro exterior de la carcasa exterior (ϕ_3) de cada una de las muestras para determinar la designación del cuerpo del puntal utilizando un pie de rey digital.

Se realizaron cinco mediciones debido a la existencia de errores aleatorios o indeterminados que causan incertidumbre en la medición.

Los errores aleatorios o indeterminados surgen debido a la suma de un sin número de perturbaciones fluctuantes que se combinan para hacer que la repetición de una medida realizada, en principio bajo las mismas condiciones de trabajo, genere resultados diferentes. (Lecumberry, 2005, pág. 17)

Tabla 7

Dimensiones Amortiguador Original

MEDICIONES	\varnothing_1 (mm)	\varnothing_3 (mm)
1	22,03	54.19
2	22,01	54.29
3	22,00	54.24
4	22,03	54.45
5	22,04	54.47
	$\bar{X} = 22,022$	$\bar{X} = 54,328$

De acuerdo a la tabla 6 la designación de cuerpo del puntal se expresa mediante la combinación del diámetro exterior del pistón, el diámetro interior del cilindro y el diámetro exterior de la carcasa exterior en este orden después de ST. Así tendremos para este amortiguador: ST 22-32-54; M14x1,5. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 8

Dimensiones Amortiguador alterno 1

MEDICIONES	\varnothing_1 (mm)	\varnothing_3 (mm)
1	19,96	50.99
2	20,01	50.96
3	19,99	51.04
4	20,03	51.03
5	20,03	50.94
	$\bar{X} = 20,004$	$\bar{X} = 50,992$

De acuerdo a la tabla 6 la designación de cuerpo del puntal se expresa mediante la combinación del diámetro exterior de la varilla, el diámetro interior del cilindro y el diámetro exterior de la carcasa exterior en este orden después de ST. Así tendremos para este amortiguador: ST 20-28-50.8; M14x1,5. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 9

Dimensiones Amortiguador Alterno 2

MEDICIONES	Ø_1 (mm)	Ø_3 (mm)
1	21,98	50.84
2	21,97	50.67
3	21,96	50.62
4	21,97	50.64
5	21,96	50.55
	$\bar{X} = 21,968$	$\bar{X} = 50,664$

De acuerdo a la tabla 6 la designación de cuerpo del puntal se expresa mediante la combinación del diámetro exterior de la varilla, el diámetro interior del cilindro y el diámetro exterior de la carcasa exterior en este orden después de ST. Así tendremos para este amortiguador: ST 22-32-50.8; M14x1,5. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

- La tolerancia para la mayor y menor longitud será de $\pm 3\text{mm}$. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 10

Determinación de la carrera de las muestras.

	Longitud Máxima (mm)	Longitud Mínima (mm)	Carrera (mm)
Amortiguador Alterno 1	467	302	165
Amortiguador Original	487	322	165
Amortiguador Alterno 2	500	320	180

- Las pruebas no destructivas a realizarse bajo la Norma JASO C 611-93 son las siguientes:
Prueba de la Fuerza Característica de Amortiguación, Prueba de Resistencia al Deslizamiento y Ruido de Trabajo.
- El equipo de prueba tiene construcción para medir y registrar la fuerza de amortiguación al excitar el extremo inferior del cuerpo del puntal con el extremo superior conectado a un dispositivo de resorte (vea la Fig. 14 que muestra un ejemplo). (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

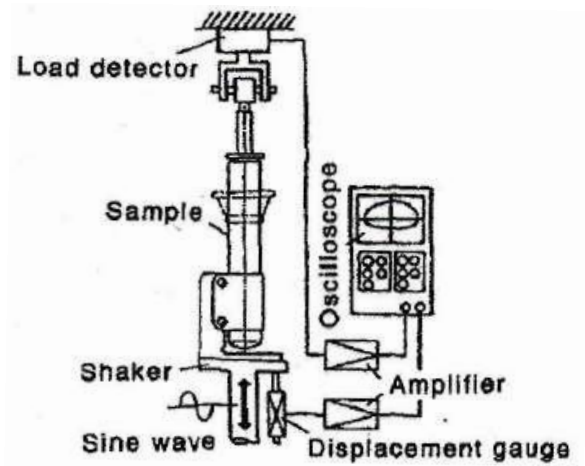


Figura 14. Equipo de prueba para características de fuerza de amortiguación.
Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)



Figura 15. Banco de Prueba de amortiguadores.
Fuente: (Soft-Engine, 2015)

3.2.3. Pruebas amortiguador original

1) Prueba de la fuerza característica de amortiguación

Se medirá la fuerza de amortiguación a la velocidad del pistón para el cuerpo del puntal. Nota: El valor F que se muestra en la figura de Lissajous se define como la fuerza de amortiguación. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 4)

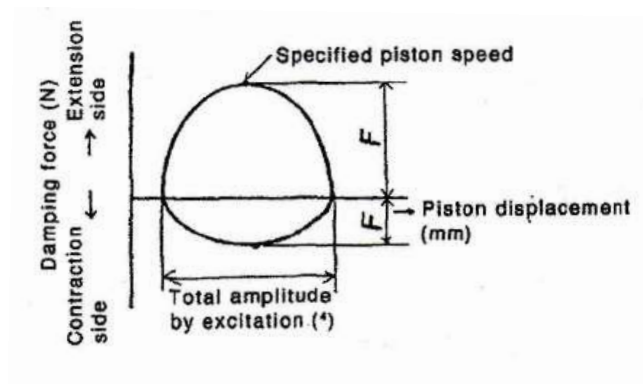


Figura 16. Figura de Lissajous.
Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Condiciones de Prueba

Se aplicarán las siguientes condiciones de prueba como se indica en la norma JASO C611-93:

Temperatura en la sala de pruebas

Temperatura ordinaria. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Temperatura del amortiguador al inicio de la prueba

20 ± 3 ° C. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

La amplitud de desplazamiento.

Este valor numérico se determinará por la consulta entre la parte que entrega y la que recibe.
(Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5).

De acuerdo a la posición de inicio de la prueba y carrera del amortiguador se tomó el valor de 50mm para el desplazamiento que realizará el vástago del amortiguador durante la prueba.

Velocidad del pistón

0,05 m / s, 0,1 m / s, 0,3 m / s, 0,6 m / s y 1,0 m / s. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Posición de inicio de la prueba

Aproximadamente el centro del golpe del cuerpo del puntal. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Dirección de desplazamiento

Condición erecta verticalmente. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Operación

A continuación se presenta un diagrama de flujo de operación para las pruebas de ensayo:

Diagrama de flujo de Operación para las pruebas de ensayo de Amortiguadores

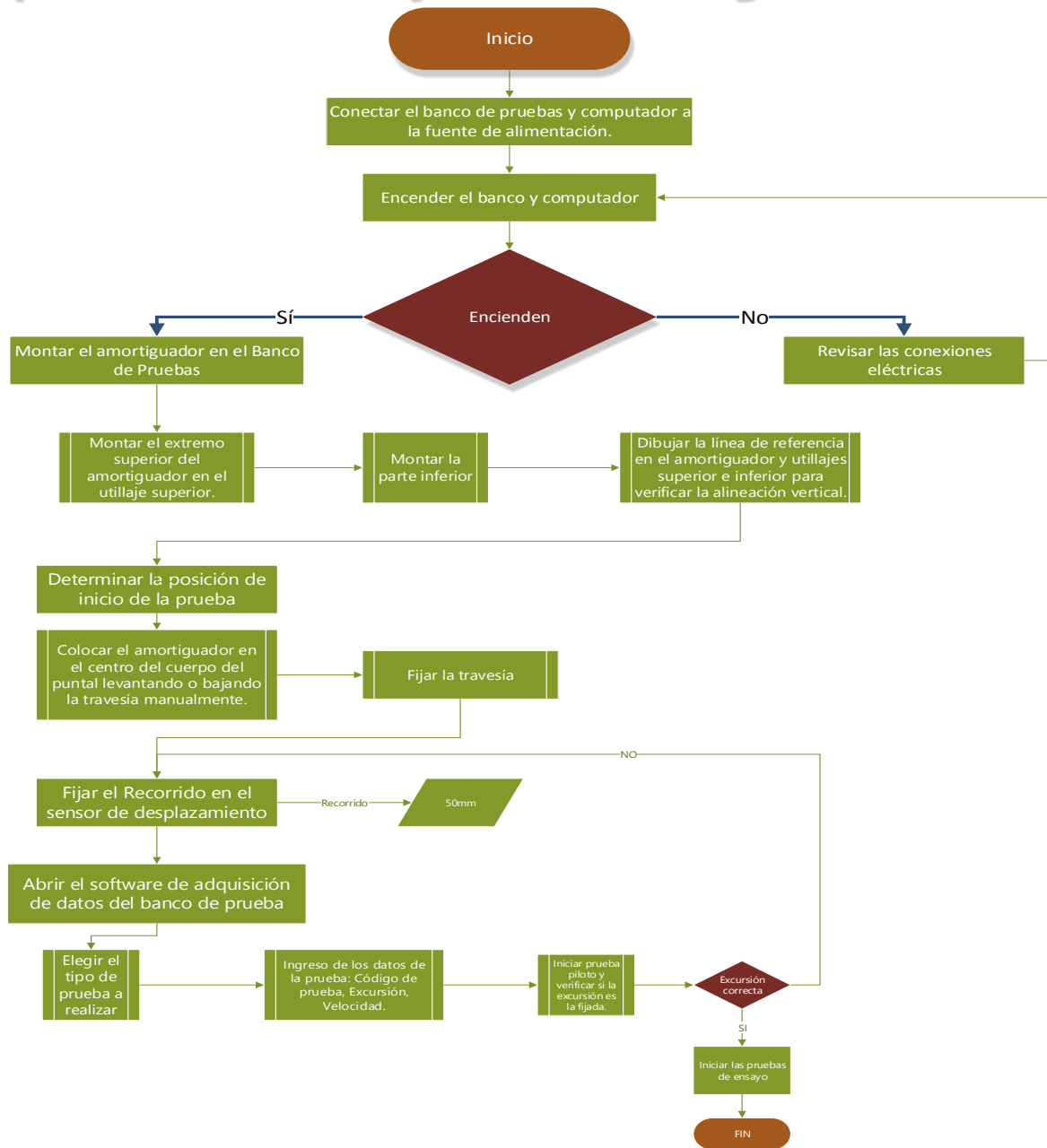


Figura 17. Diagrama de operación de las pruebas de ensayo.

- 1) Colocar el extremo superior del amortiguador teniendo a la temperatura especificada en el equipo de prueba. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

- 2) Colocar la parte inferior. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)
- 3) Dibujar la línea de referencia. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Trazado de las líneas de referencia para alineación vertical del amortiguador en el banco de pruebas.

Este amortiguador tiene una carrera de 165 mm, por lo cual para la posición de desplazamiento se lo coloca en la mitad (82,5 mm).

- 4) Fijar el amortiguador en el inicio del recorrido.
- 5) Fijar la travesía en el banco de pruebas.
- 6) Fijar el recorrido de 50 mm en el sensor de desplazamiento.
- 7) Acoplar la termocupla al amortiguador en prueba.



Figura 18. Colocación del amortiguador original en el banco de pruebas.

- 8) Inicie el ensayo de acuerdo a las condiciones de prueba, y mida y registre la fuerza de amortiguación a las velocidades descrita en la norma JASO C 611-93 después de varias veces de operación.

Prueba 1-Step Fijo Amortiguador Original.

Las condiciones ambientales registradas son de 22.6°C y una humedad del ambiente de 57.6 g/Kg como se observa en la figura 19.



Figura 19. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C como se observa en la figura 20.

Datos prueba		
Excursión [mm]	50.0	
	Min	Max
Frecuencia [Hz]	0.320	
Velocidad [mm/s]	50.0	
Step [mm/s]		

Figura 20. Temperatura de inicio a 50mm/s.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

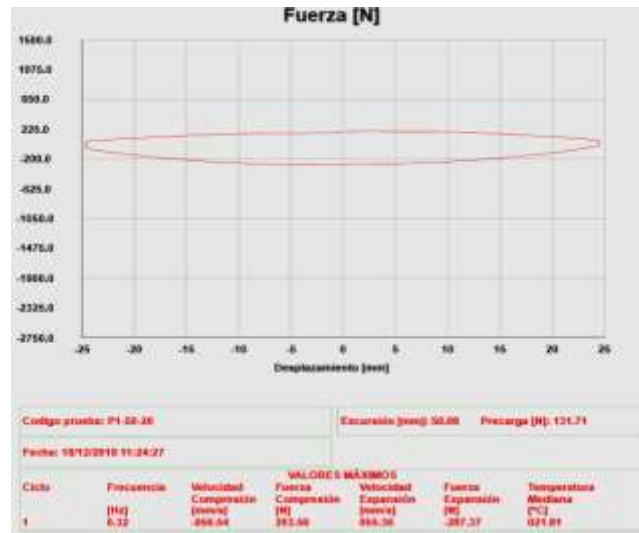


Figura 21. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s. Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

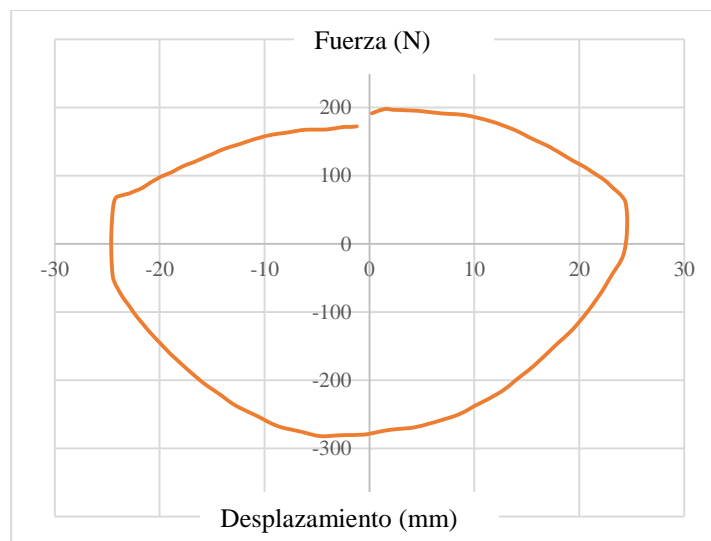


Figura 22. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

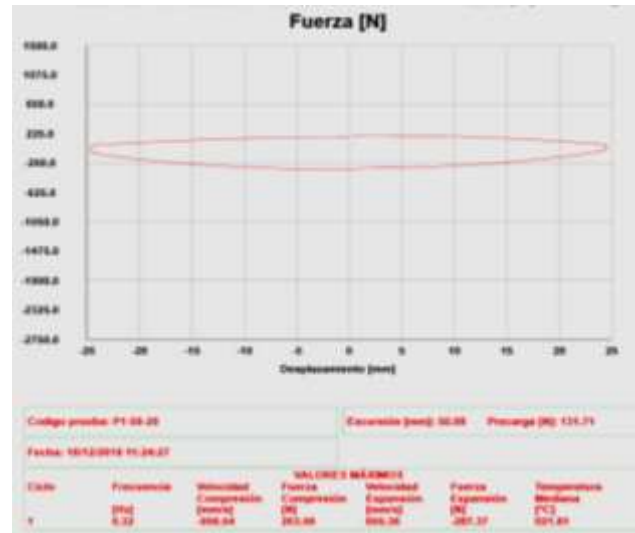


Figura 23. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

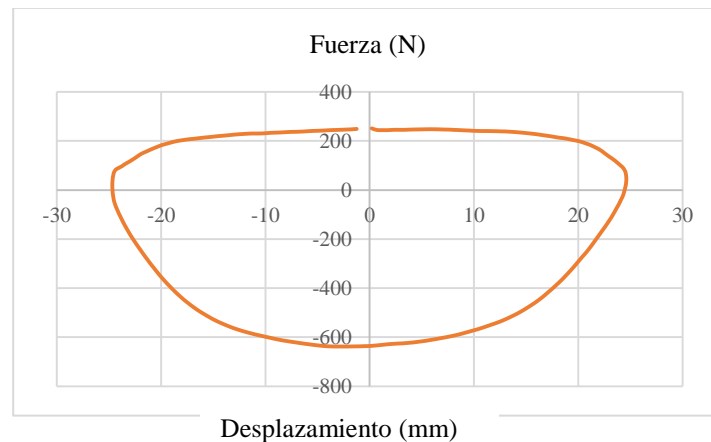


Figura 24. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

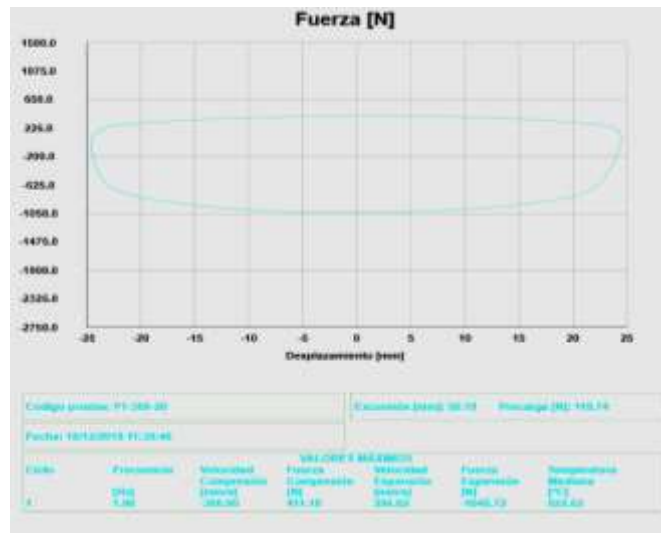


Figura 25. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

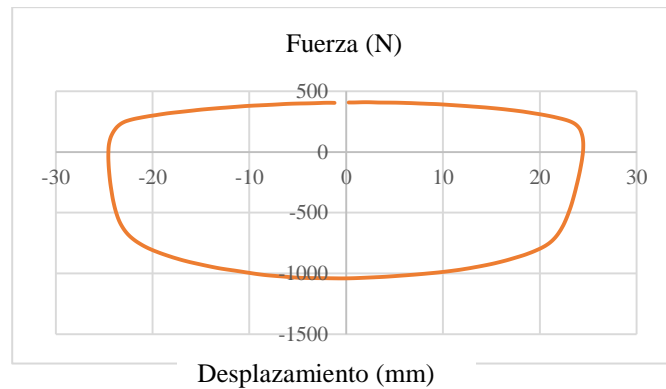


Figura 26. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

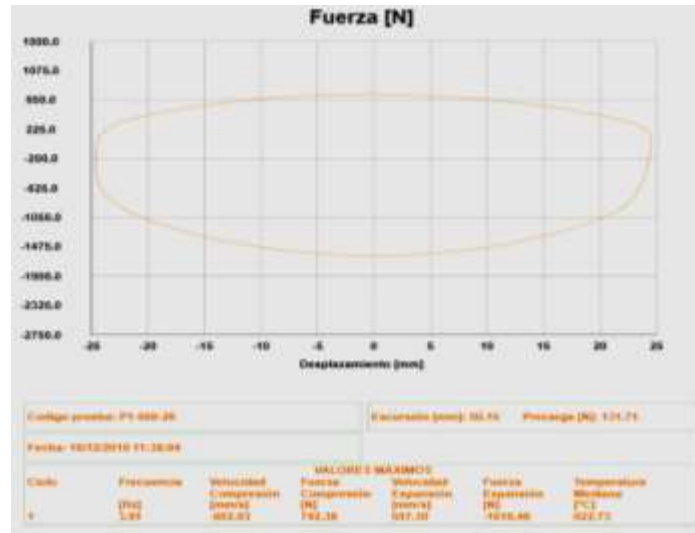


Figura 27. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

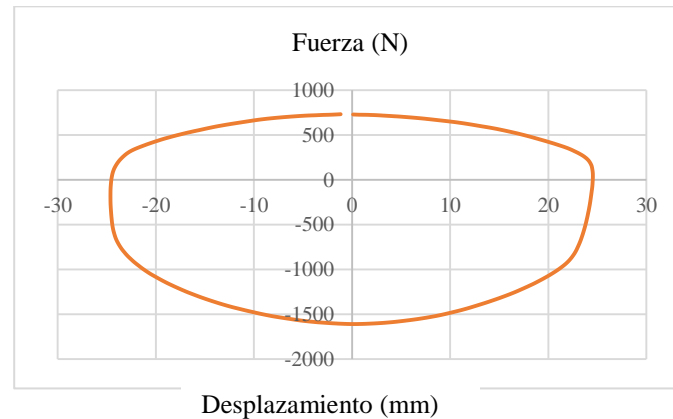


Figura 28. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

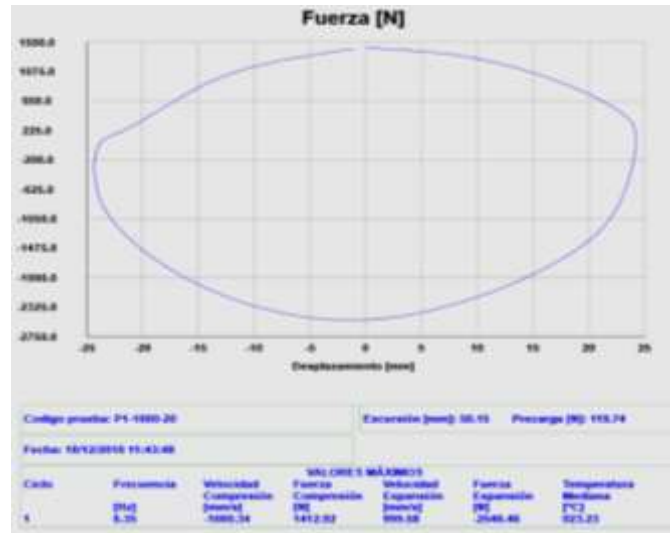


Figura 29. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

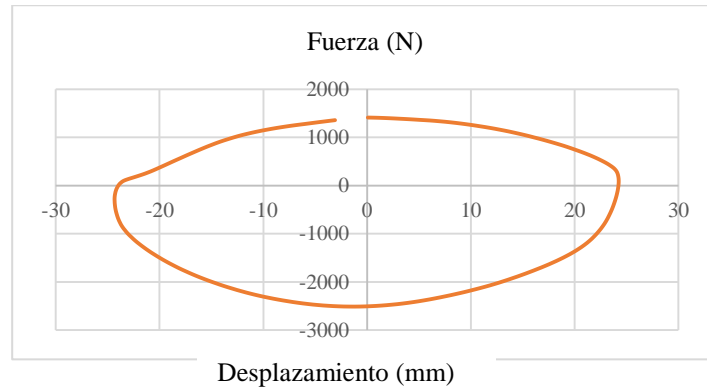


Figura 30. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).

Prueba 1-Step Variable Amortiguador Original

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

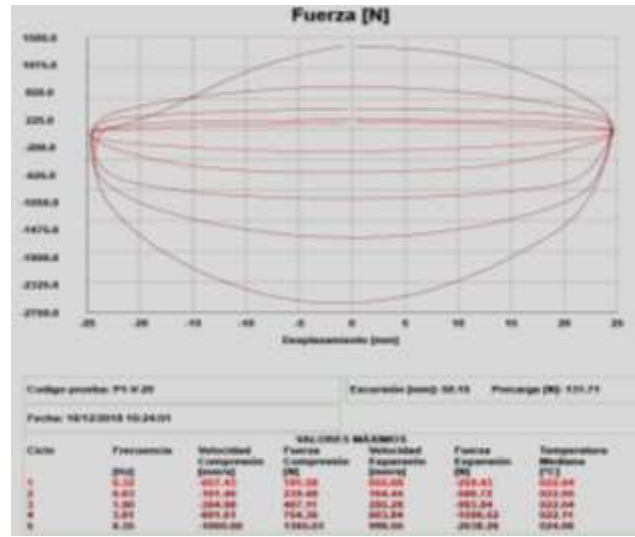


Figura 31. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.

Prueba 2-Step Fijo A. Original.

Las condiciones ambientales registradas son de 20.8°C y una humedad del ambiente de 60.4 g/Kg como se observa en la figura 32.



Figura 32. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 19°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

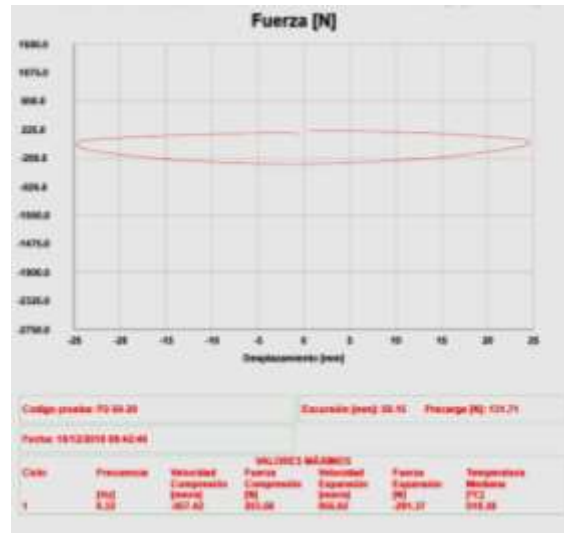


Figura 33. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

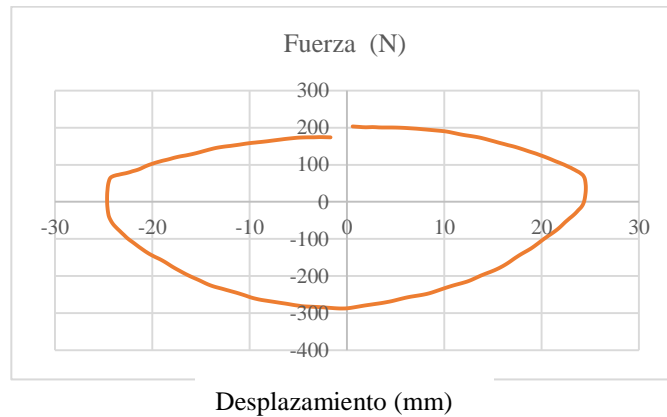


Figura 34. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 20°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

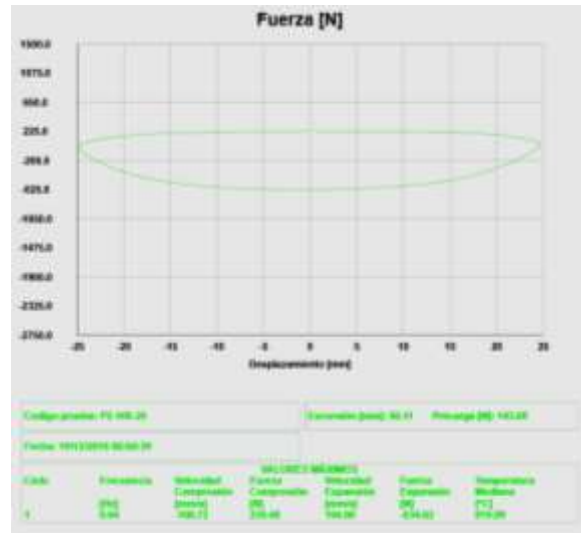


Figura 35. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

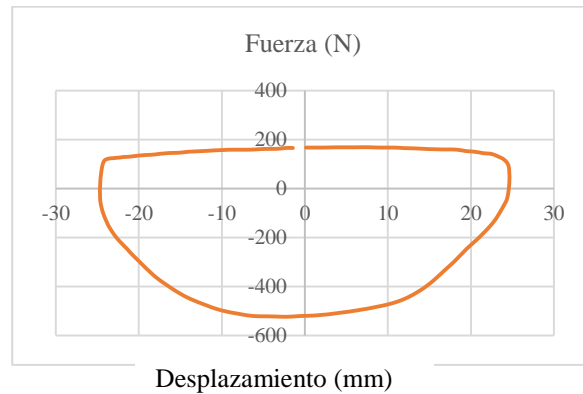


Figura 36. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 20°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

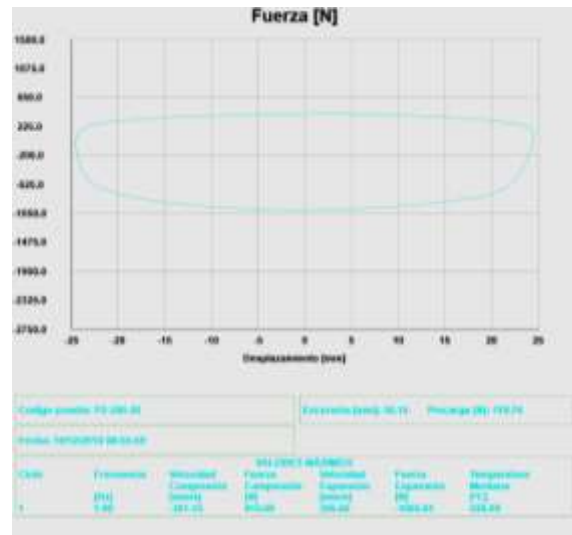


Figura 37. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

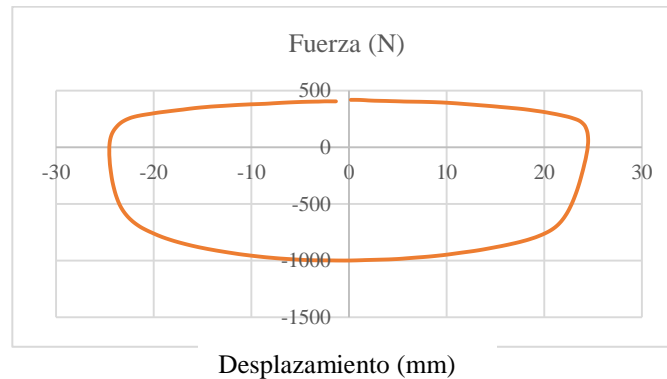


Figura 38. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

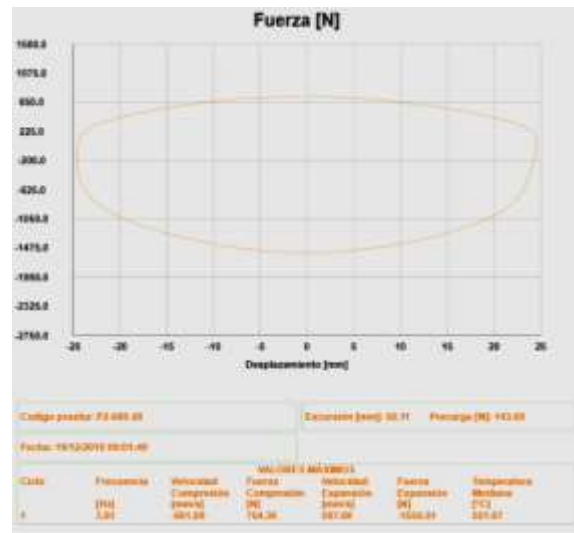


Figura 39. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

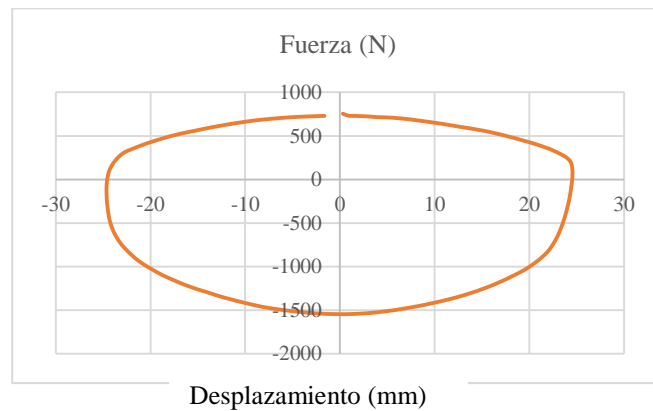


Figura 40. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

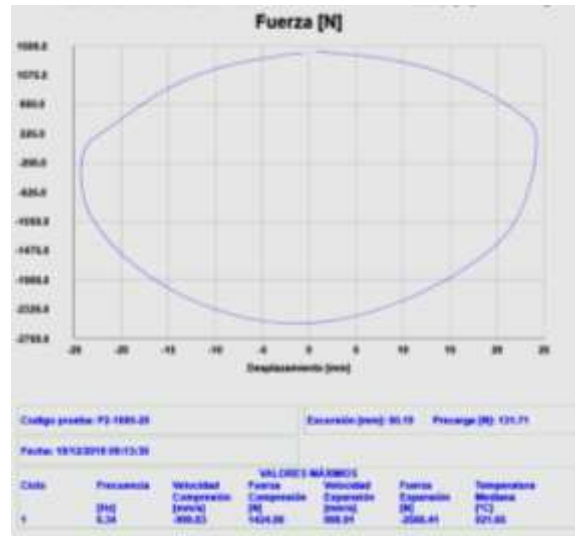


Figura 41. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

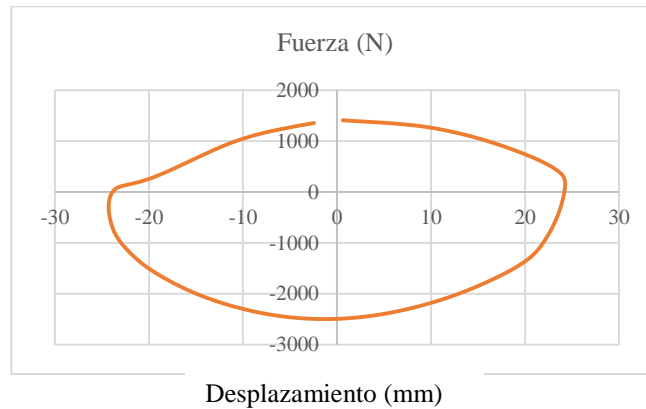


Figura 42. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2

Prueba 2-Step Variable Amortiguador Original

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

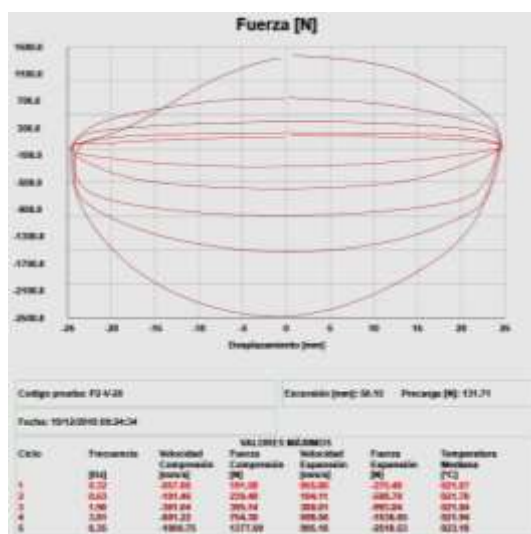


Figura 43. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable – Prueba 2.

La norma específica registrar los datos obtenidos durante la prueba. Sin embargo, para verificar la repetitividad de datos se realizó dos pruebas bajo las mismas condiciones especificadas en la norma JASO C611-93.

2) Prueba de resistencia al deslizamiento

Se mide la resistencia al deslizamiento a la carga lateral aplicada al cuerpo del puntal o pistón del amortiguador.

Nota: la resistencia al deslizamiento se puede medir en general mediante dos tipos de métodos, como se muestra en la figura 44 y en muchos casos, los valores de F respectivos se utilizan como resistencia de deslizamiento. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

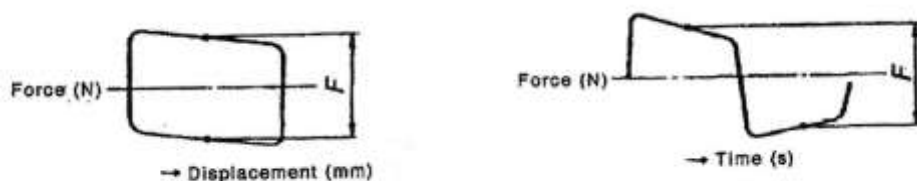


Figura 44. Resistencia al Deslizamiento.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Equipo de prueba

El equipo de prueba utilizado para medir la resistencia al deslizamiento debe tener la construcción que pueda aplicar la carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal en el equipo de prueba especificado. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

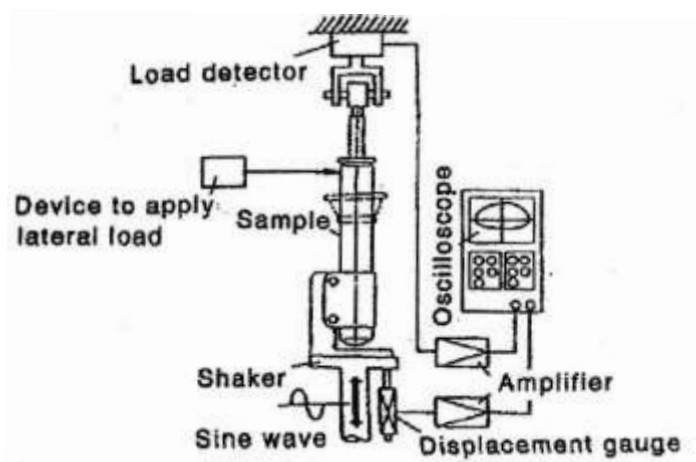


Figura 45. Equipo de prueba para medir la resistencia al deslizamiento.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Condiciones de prueba

Se aplicarán las mismas condiciones de ensayo de temperatura de la sala de pruebas, del amortiguador y la amplitud de deslizamiento que se menciona para la prueba de fuerza característica de amortiguación.

Velocidad del pistón

0.005 m / s o menos (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Observación: Esta prueba se la realiza tomando en cuenta las consideraciones de la norma excepto la velocidad del pistón dado que el banco de pruebas permite una velocidad mínima de 18 mm / s.

Carga lateral

Se determinará mediante la consulta entre las partes remitentes y receptoras. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Se determinó aplicar cargas laterales de 50, 100, 150 y 200 N con la utilización de un dinamómetro que nos permite visualizar la carga aplicada en el momento de la prueba.



Figura 46. Dinamómetro para aplicación de carga lateral en la prueba de resistencia al deslizamiento.

Posición de inicio de la prueba

A ser determinado por la consulta entre las partes de entrega y de recepción. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6).

Se determina fijar en la mitad de la carrera del amortiguador (82,5 mm).

Dirección emocionante

Condición erigida verticalmente

Operación

Se realizará la operación descrita en la norma JASO C611:

- 1) Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo
- 2) Montar el extremo inferior
- 3) Dibujar la línea de referencia
- 4) Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba, y después de varias veces de operación, mida y registre la resistencia de deslizamiento
- 5) Aplique la carga lateral al elemento de prueba y repita la operación de (4) (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)



Figura 47. Aplicación de carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal.

Se registra el valor de la carga lateral aplicada al amortiguador, en este caso 50N como se muestra en la figura 48.



Figura 48. Registro de carga lateral de 50N

La curva obtenida con carga lateral de 50N a 18 mm/s de la figura 49 muestra presencia de vibraciones en las carreras de compresión y extensión.

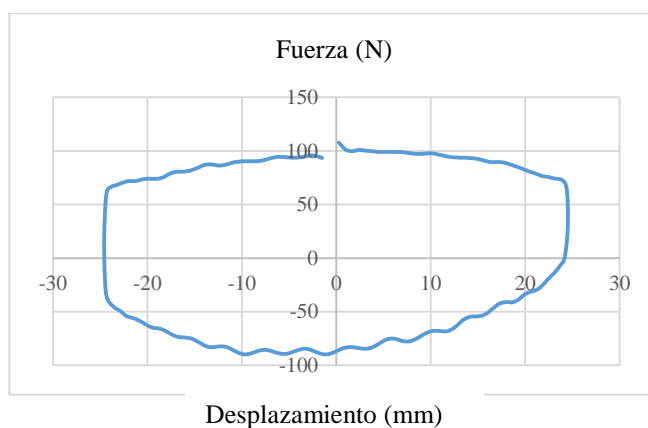


Figura 49. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N

Se aplica la carga lateral aplicada (100N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 50.

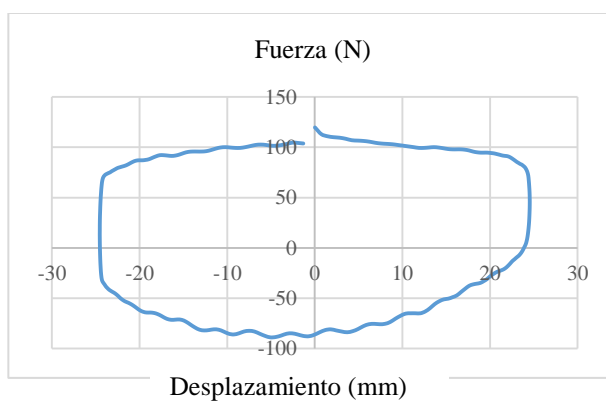


Figura 50. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N

Se aplica la carga lateral aplicada (150N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 51.

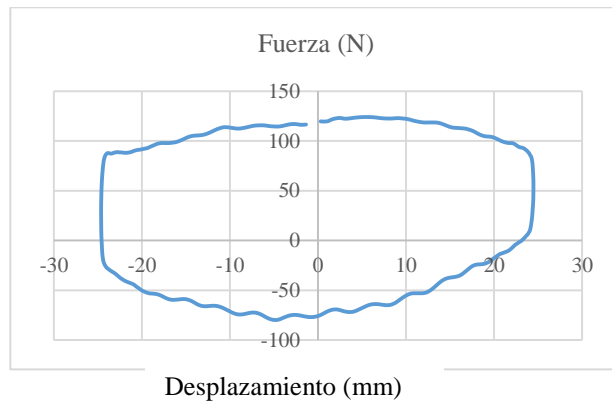


Figura 51. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.

Se aplica la carga lateral aplicada (200N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 52.

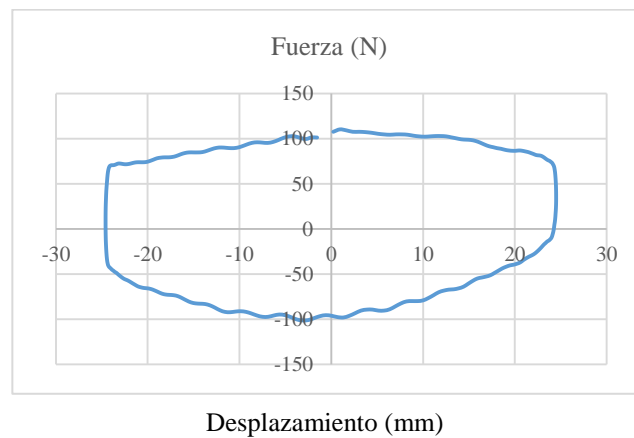


Figura 52. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N

3) Prueba de ruido de trabajo

Mide el ruido que emite el cuerpo del puntal. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Equipo de prueba

El equipo de prueba debe tener la construcción para permitir el ajuste de un micrófono y un medidor de ruido en el equipo especificado. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

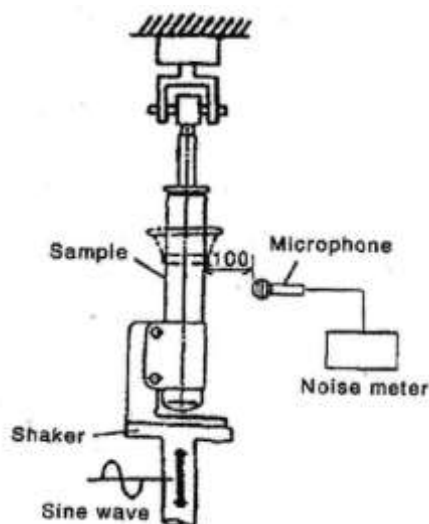


Figura 53. Equipo de prueba para medir el Ruido de Trabajo.
Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Condiciones de prueba

Se aplicarán las condiciones de temperatura en la sala de pruebas, del amortiguador y amplitud de deslizamiento que se tomaron para la prueba de fuerza de amortiguación y resistencia al deslizamiento.

Velocidad del pistón

0.3 m/s

Posición del micrófono

Aproximadamente el centro del golpe del cuerpo del puntal y distante a 100 mm de la superficie exterior. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Se utilizará un sonómetro como se muestra en la figura 46.



Figura 54. Sonómetro

Características del microfiltro

Una característica. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Operación

Se realizará la siguiente operación:

- Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo.
- Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba y, después de varios momentos de funcionamiento, mida y registre el nivel de presión acústica. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Para el registro de los datos de niveles de sonido utilizaremos el software Sound Level Meter Datalogger.

Grabar

Los siguientes niveles serán registrados:

- 1) Nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora)



Figura 55. Prueba Ruido de Trabajo A. Original



Figura 56. Registro del nivel máximo de presión sonora A. Original.
Fuente: Software Sound Level Meter Datalogger.

2) Nivel de presión sonora del ruido de fondo.



Figura 57. Prueba Ruido de Fondo Banco de Pruebas.

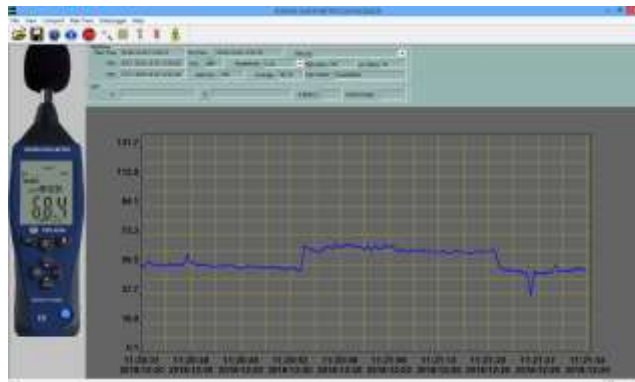


Figura 58. Registro del nivel de sonido de fondo.

Fuente: Software Sound Level Meter Datalogger.

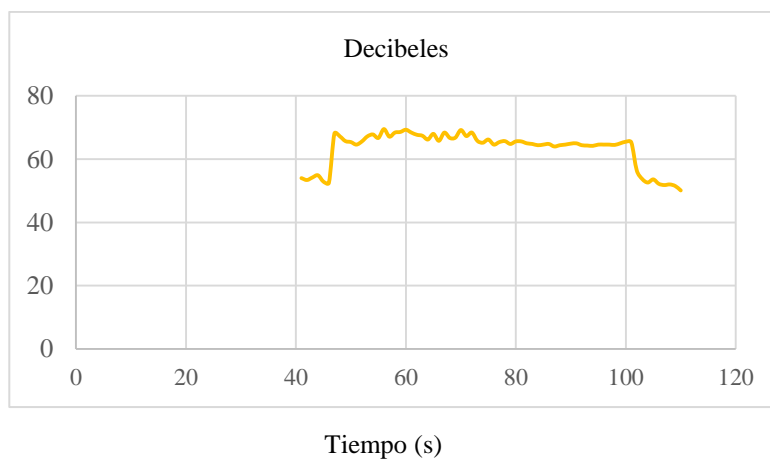


Figura 59. Registro del nivel de sonido de fondo en Excel.

3.2.4. Amortiguador alterno 1

1) Prueba de la fuerza característica de amortiguación

Se medirá la fuerza de amortiguación a la velocidad del pistón para el cuerpo del puntal. Nota: El valor F que se muestra en la figura 16 de Lissajous y se define como la fuerza de amortiguación. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 4)

Condiciones de Prueba

Se aplicarán las condiciones de prueba que se detallaron para el amortiguador original.

Operación

Se realizará la siguiente operación:

- Monte el extremo superior del amortiguador teniendo a la temperatura especificada en el equipo de prueba. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)
- Montar la parte inferior. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)
- Dibuja la línea de referencia. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Trazado de las líneas de referencia para alineación vertical del amortiguador en el banco de pruebas.

Este amortiguador tiene una carrera de 165 mm, por lo cual para la posición emocionante se lo coloca en la mitad (82,5 mm).

- Fijar el recorrido de 50 mm en el sensor de desplazamiento.
- Fijar la travesía en el banco de pruebas.
- Acoplar la termocupla al amortiguador en prueba.



Figura 60. Colocación del amortiguador Alterno 1 en el banco de pruebas.

Inicie en la condición de prueba, y mida y registre continuamente la fuerza de amortiguación a las velocidades descrita en la norma JASO C 611-93 después de varias veces de operación.

(Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Para el manejo del software se presenta el diagrama de pasos de operación en la figura 17.

Prueba 1-Step Fijo Amortiguador Alterno 1

Las condiciones ambientales registradas son de 21.4°C y una humedad del ambiente de 59.0 g/Kg como se observa en la figura 61.



Figura 61. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

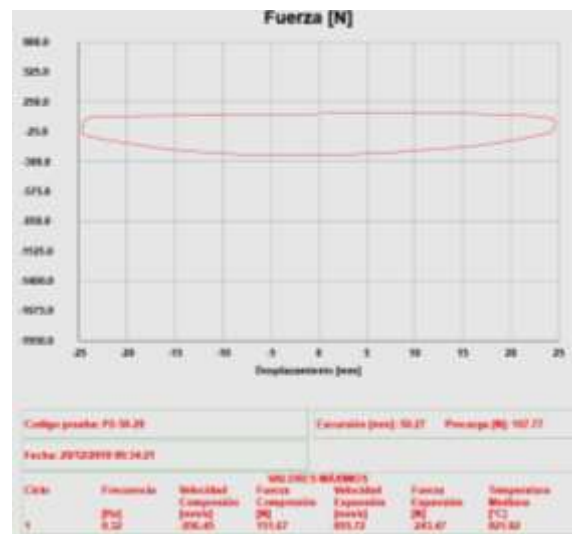


Figura 62. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

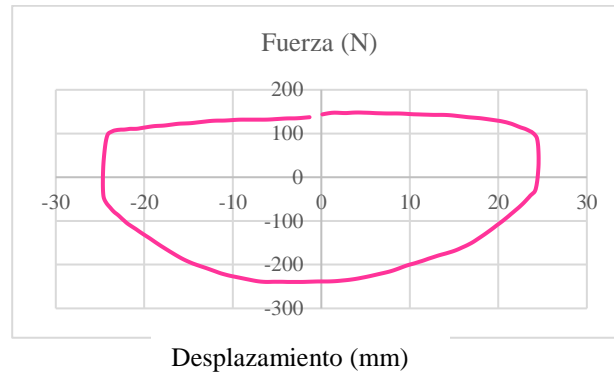


Figura 63. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

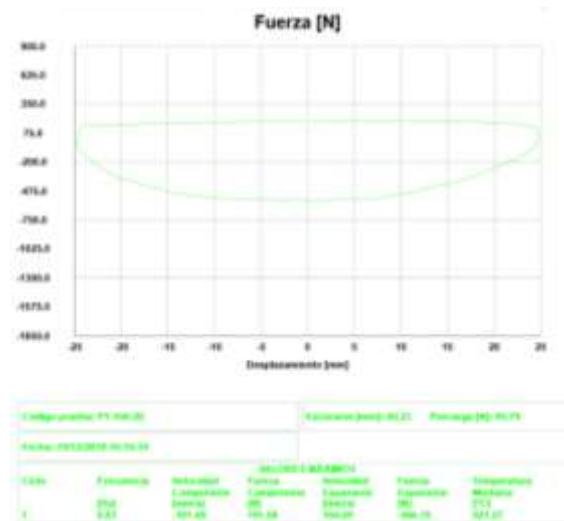


Figura 64. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

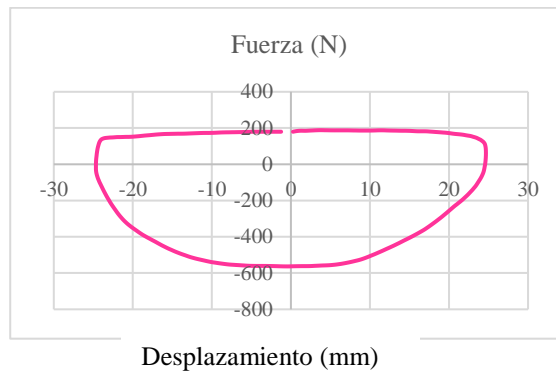


Figura 65. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

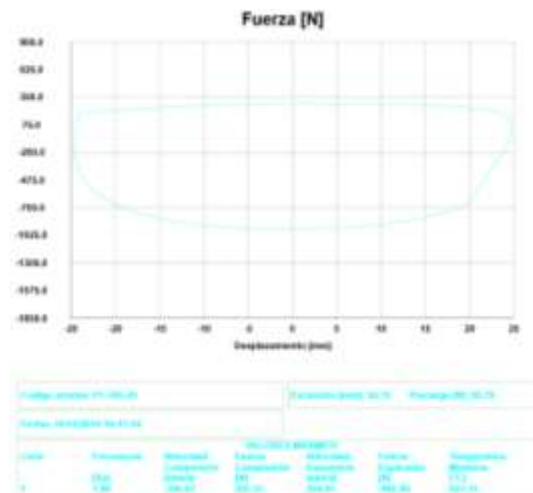


Figura 66. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

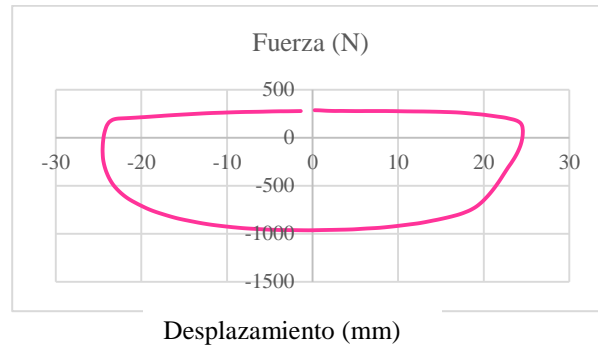


Figura 67. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

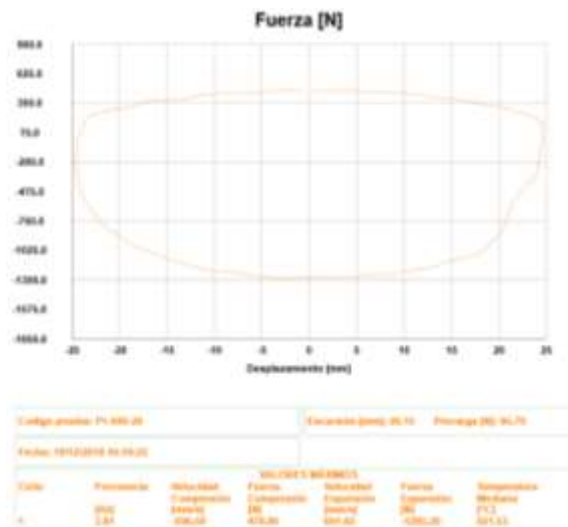


Figura 68. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

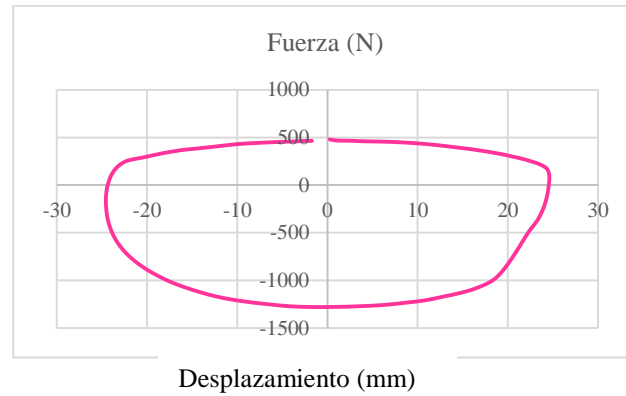


Figura 69. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

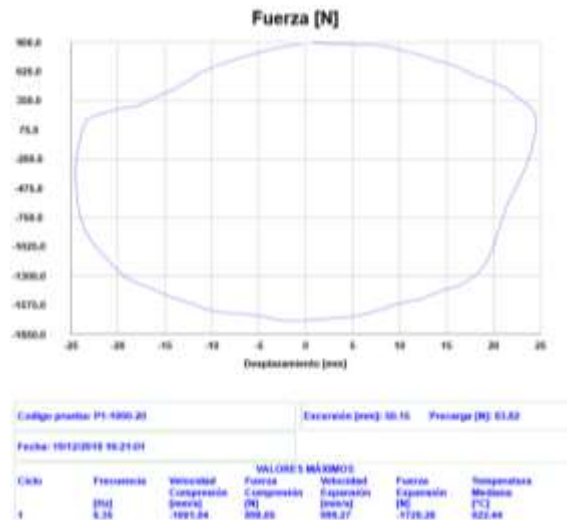


Figura 70. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

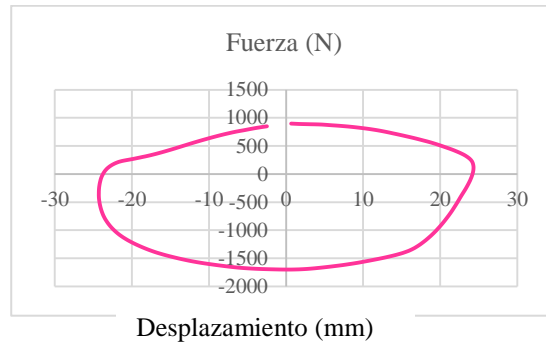


Figura 71. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).

Prueba 1-Step Variable Amortiguador Alterno 1.

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

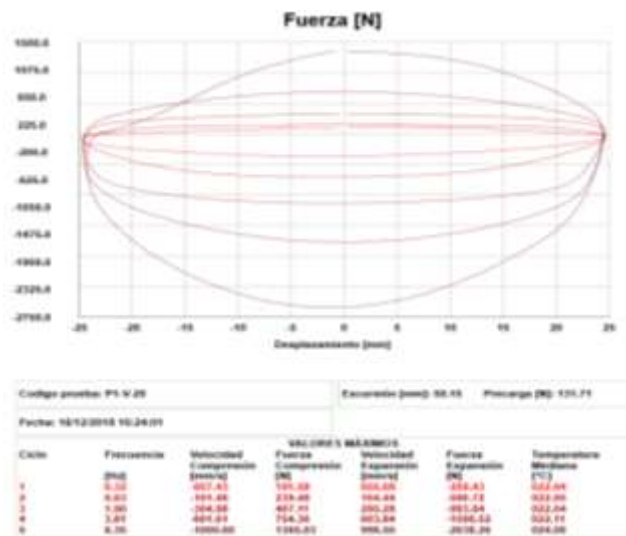


Figura 72. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.

Prueba 2-Step Fijo Amortiguador Alterno 1

Las condiciones ambientales registradas son de 20.8°C y una humedad del ambiente de 60.4 g/Kg como se observa en la figura 73.



Figura 73. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

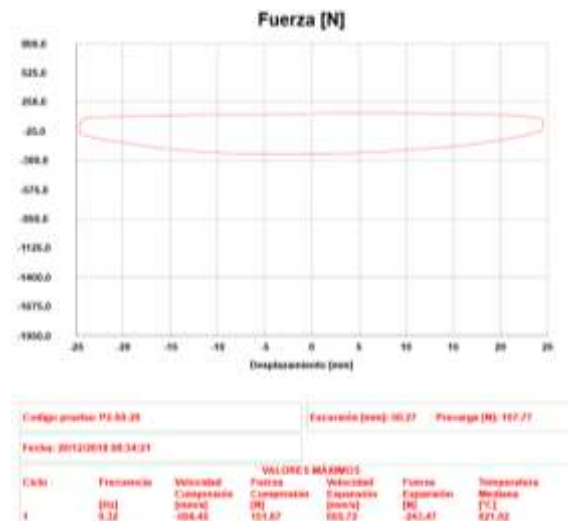


Figura 74. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

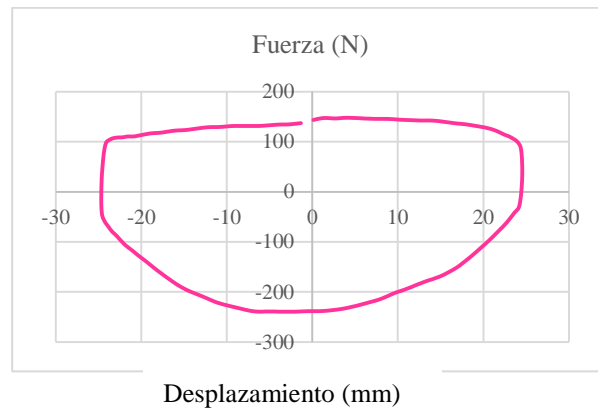


Figura 75. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

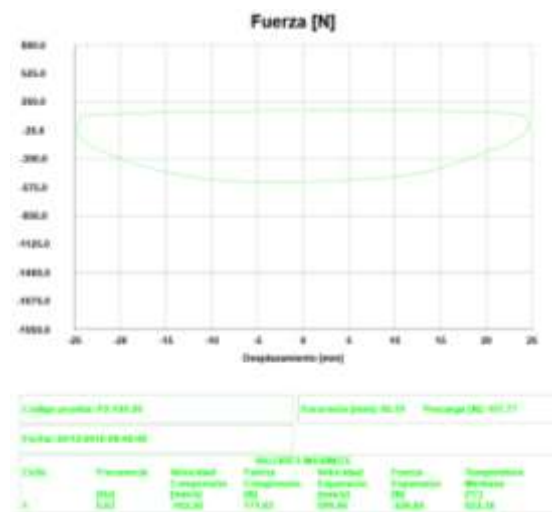


Figura 76. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

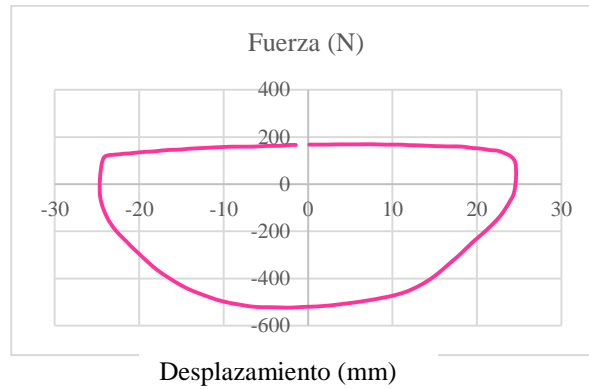


Figura 77. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 19°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

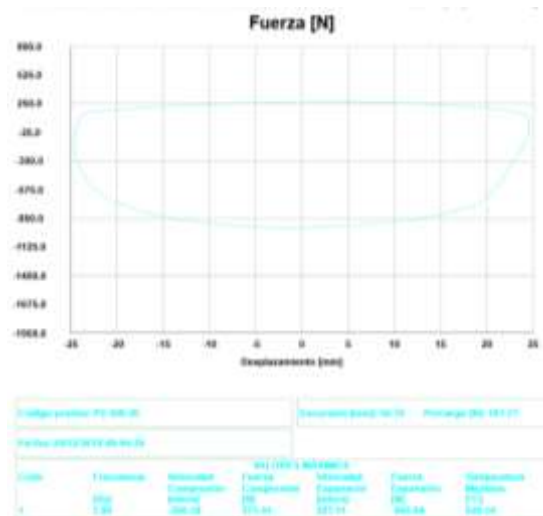


Figura 78. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

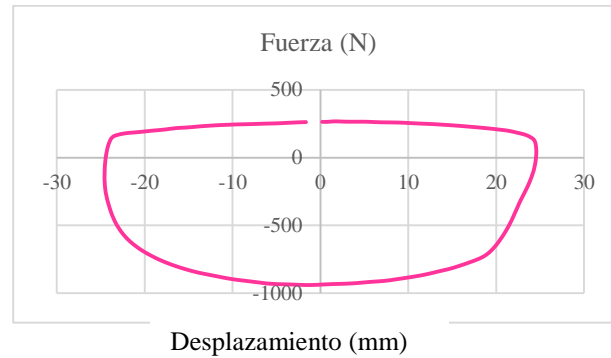


Figura 79. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

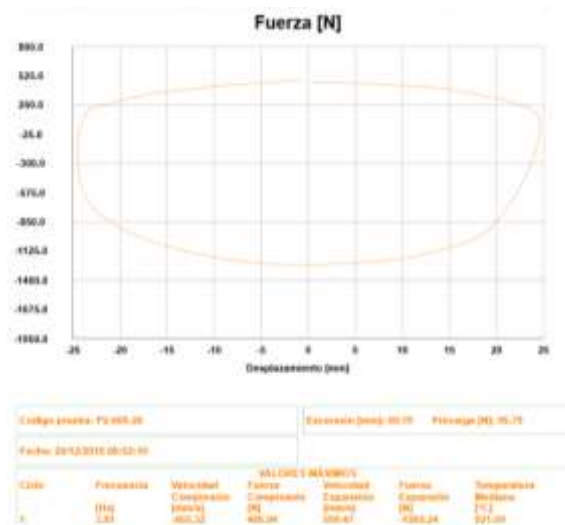


Figura 80. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

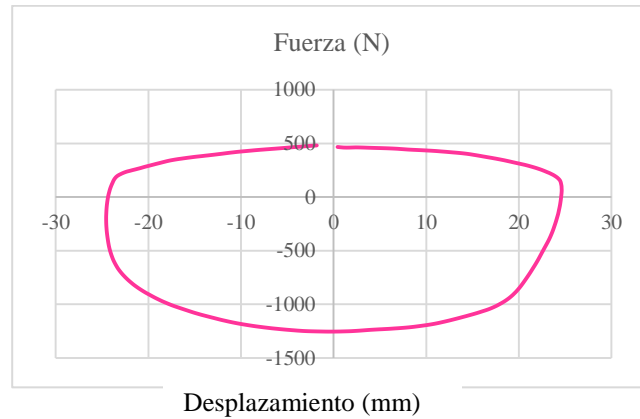


Figura 81. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

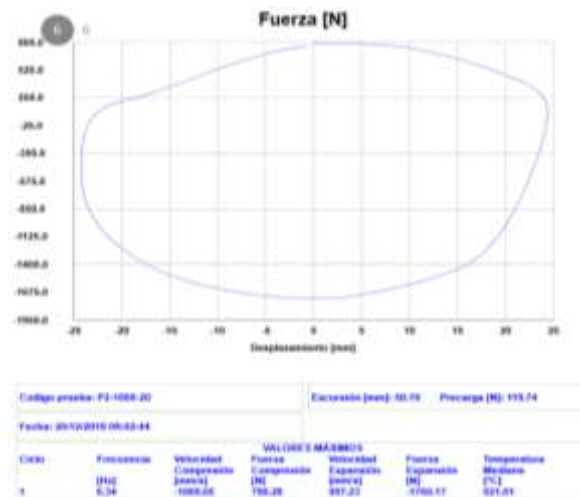


Figura 82. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

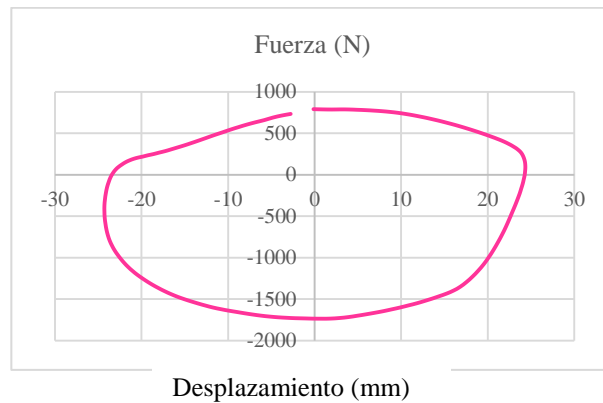


Figura 83. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2

Prueba 2-Step Variable Amortiguador Alterno 1.

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

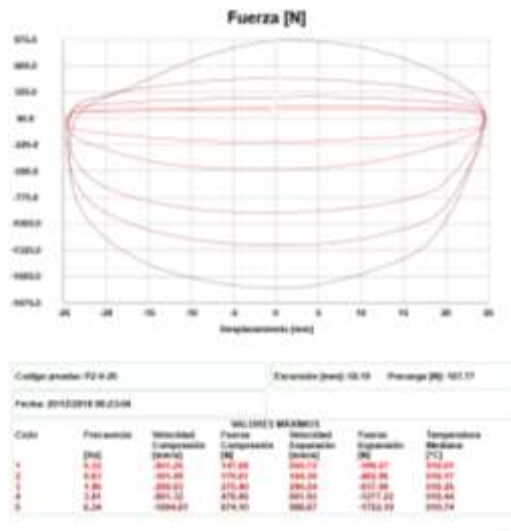


Figura 84. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.

2) Prueba de resistencia al deslizamiento

Se mide la resistencia al deslizamiento a la carga lateral aplicada al cuerpo del puntal.

Nota: la resistencia al deslizamiento se puede medir en general mediante dos tipos de métodos, como se muestra en la figura 44 y en muchos casos, los valores de F respectivos se utilizan como resistencia de deslizamiento. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Equipo de prueba

El equipo de prueba utilizado para medir la resistencia al deslizamiento debe tener la construcción que pueda aplicar la carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal en el equipo de prueba especificado como se muestra en la figura 45. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Condiciones de prueba

Se aplicarán las condiciones descritas para el amortiguador original.

Se determina aplicar cargas laterales de 50, 100, 150 y 200 N con la utilización de un dinamómetro que nos permite visualizar la carga aplicada en el momento de la prueba como se muestra en la figura 46.

Posición inicio de la prueba

A ser determinado por la consulta entre las partes de entrega y de recepción. (Suspension Struts for Automobiles, 1993).

Se determina fijar en la mitad de la carrera del amortiguador (82,5 mm).

Dirección emocionante

Condición erigida verticalmente

Operación

Se realizará la siguiente operación:

- 1) Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo.
- 2) Montar el extremo inferior
- 3) Dibujar la línea de referencia
- 4) Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba, y después de varias veces de operación, mida y registre la resistencia de deslizamiento
- 5) Aplique la carga lateral al elemento de prueba y repita la operación de (4) (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

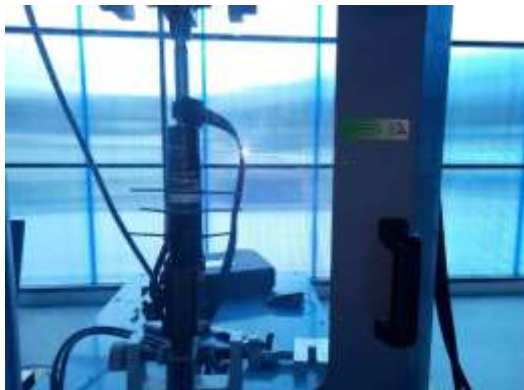


Figura 85. Aplicación de carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal.

La curva obtenida con carga lateral de 50N a 18 mm/s de la figura 86 muestra presencia de vibraciones en las carreras de compresión y extensión.

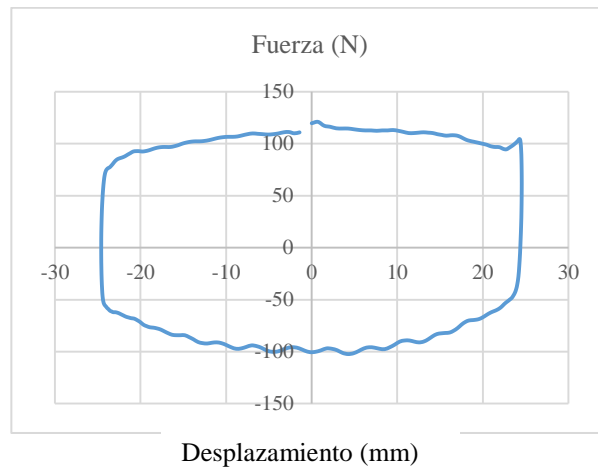


Figura 86. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N

Se aplica la carga lateral aplicada (100N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 87.

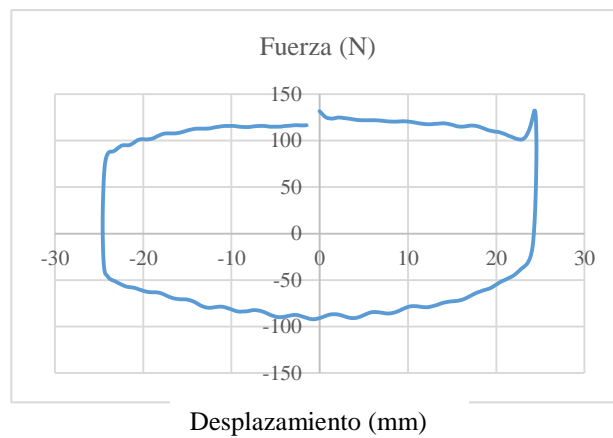


Figura 87. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N

Se aplica la carga lateral aplicada (150N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 88.

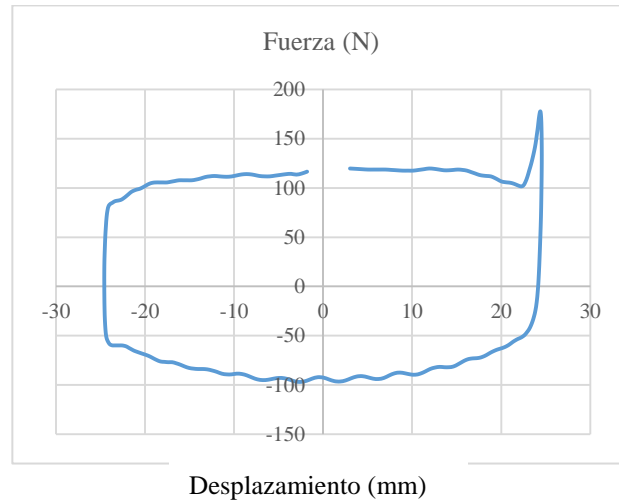


Figura 88. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.

Se aplica la carga lateral aplicada (200N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 89.

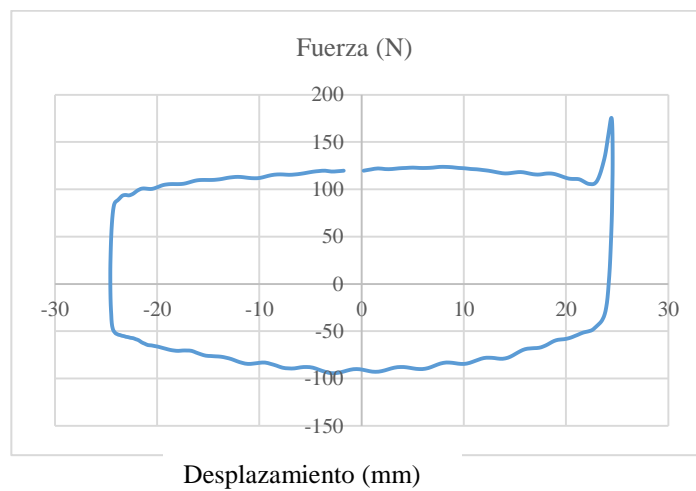


Figura 89. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N

3) Prueba de ruido de trabajo

Mide el ruido que emite el cuerpo del puntal. (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Equipo de prueba

El equipo de prueba debe tener la construcción para permitir el ajuste de un micrófono y un medidor de ruido en el equipo especificado como se muestra en la figura 53. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Condiciones de prueba

Se aplicarán las siguientes condiciones de ensayo.

Temperatura en la sala de pruebas

Temperatura ordinaria (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Temperatura del elemento de prueba al inicio de la prueba $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Amplitud de desplazamiento total

Se determinará mediante la consulta entre las partes remitentes y receptoras. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Se determina una amplitud de 50mm.

Velocidad del pistón

0.3 m/s (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Posición del micrófono

Aproximadamente el centro del golpe del cuerpo del puntal y distante a 100 mm de la superficie exterior. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Se utilizará un sonómetro como se muestra en la figura 54.

Características del microfiltro

Una característica. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Operación

Se realizará la siguiente operación:

Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo.

(Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba y, después de varios momentos de funcionamiento, mida y registre el nivel de presión acústica. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Para el registro de los datos de niveles de sonido utilizaremos el software Sound Level Meter Datalogger.

Grabar

Los siguientes niveles de sonido serán registrados:

1) Nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora)



Figura 90. Prueba Ruido de Trabajo A. Alterno 1.

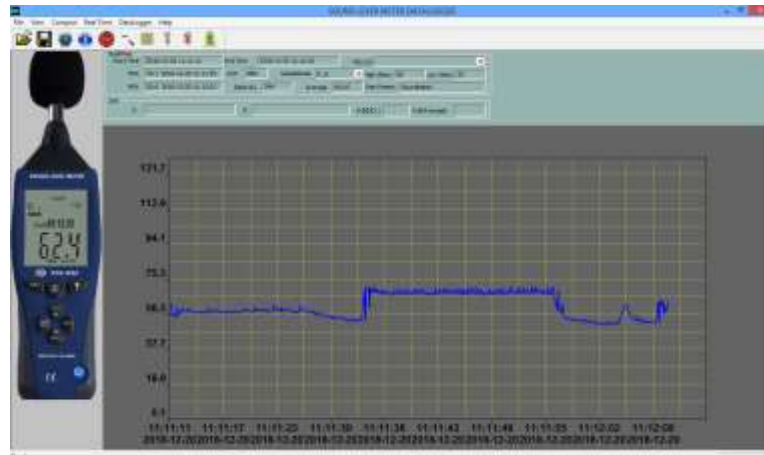


Figura 91. Registro del nivel máximo de presión sonora
Fuente: Software Sound Level Meter Datalogger.

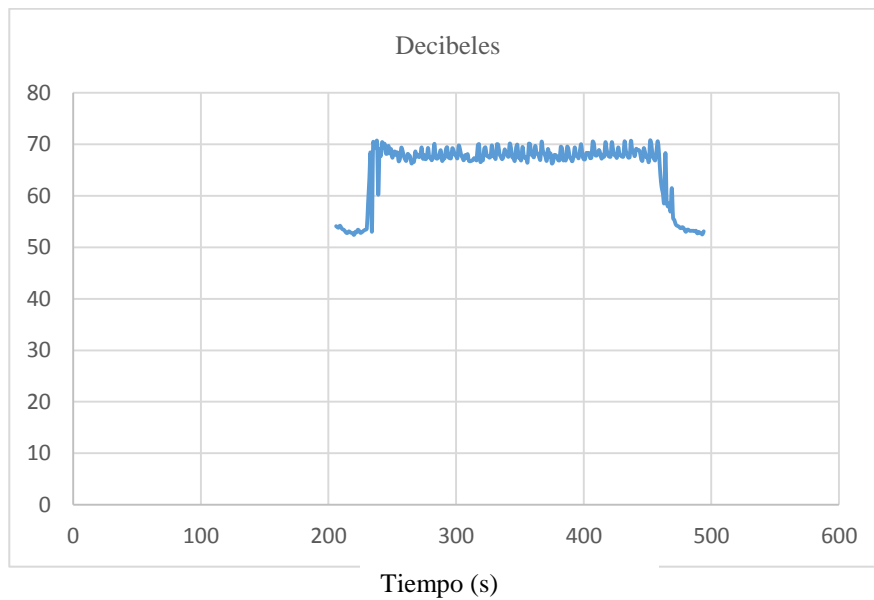


Figura 92. Registro del nivel máximo de presión sonora en Excel.

2) Nivel de presión sonora del ruido de fondo.

Éste nivel de ruido de fondo es el mismo para las tres muestras de amortiguadores dado que es el sonido que produce el banco de pruebas en funcionamiento.

3.2.5. Amortiguador alterno 2

1) Prueba de la fuerza característica de amortiguación

Condiciones de Prueba

Se aplicarán las mismas condiciones de prueba que se aplicaron para el amortiguador original y alterno 1.

Operación

Se realizará la siguiente operación:

- 1) Monte el extremo superior del amortiguador teniendo a la temperatura especificada en el equipo de prueba. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)
- 2) Montar la parte inferior. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)
- 3) Dibuja la línea de referencia. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 5)

Trazado de las líneas de referencia para alineación vertical del amortiguador.

Este amortiguador tiene una carrera de 180 mm, por lo cual para la posición emocionante se lo coloca en la mitad (90 mm).

- 4) Fijar la travesía en el banco de pruebas.
- 5) Fijar el recorrido de 50 mm en el sensor de desplazamiento y verificarlo en el amortiguador.
- 6) Acoplar la termocupla al amortiguador en prueba.



Figura 93. Colocación del amortiguador alterno 2 en el banco de pruebas.

Inicie en la condición de prueba, mida y registre continuamente la fuerza de amortiguación a las velocidades descrita en la norma JASO C 611-93 después de varias veces de operación.

El manejo del software se presenta en el diagrama de operación descrita en la figura 17.

Prueba 1-Step Fijo Amortiguador Alterno 2

Las condiciones ambientales registradas son de 23.0°C y una humedad del ambiente de 58.3 g/Kg como se observa en la figura 94.



Figura 94. Condiciones ambientales de las Prueba 1-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

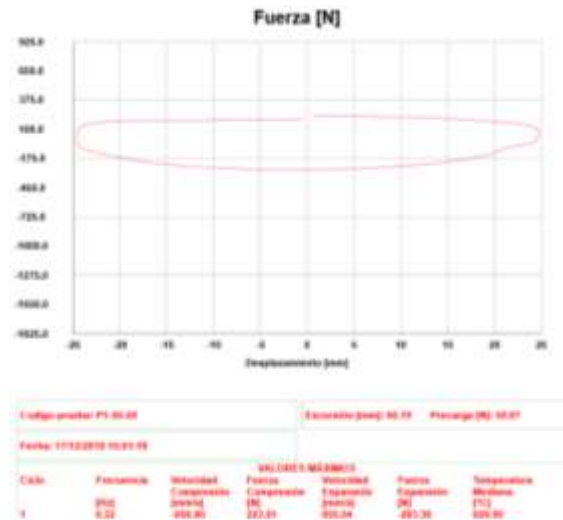


Figura 95. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

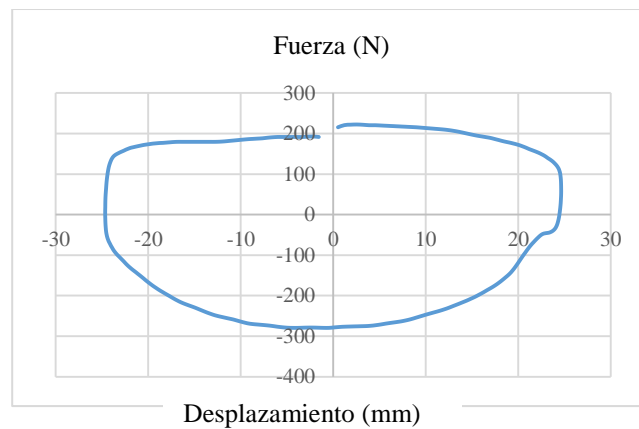


Figura 96. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s).

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

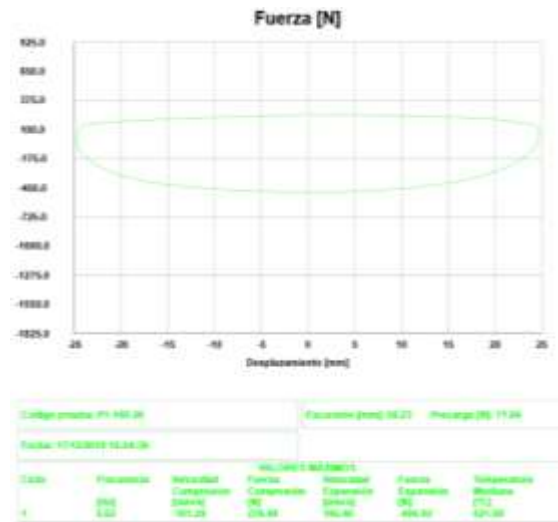


Figura 97. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

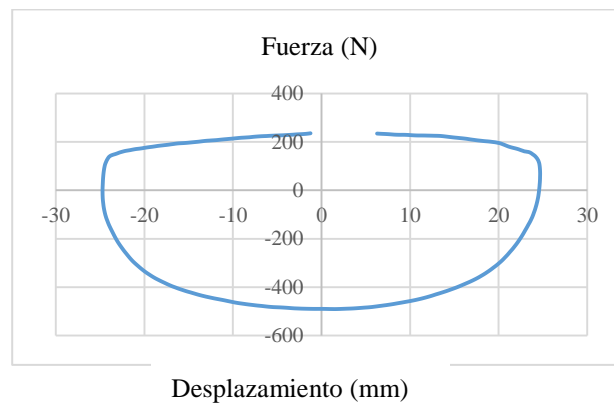


Figura 98. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s).

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

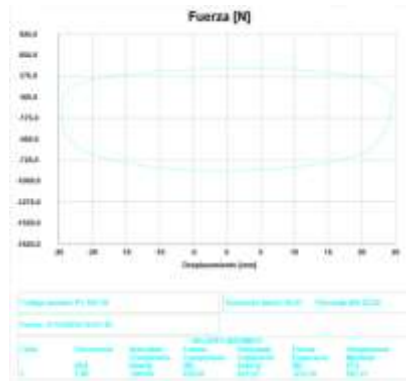


Figura 99. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

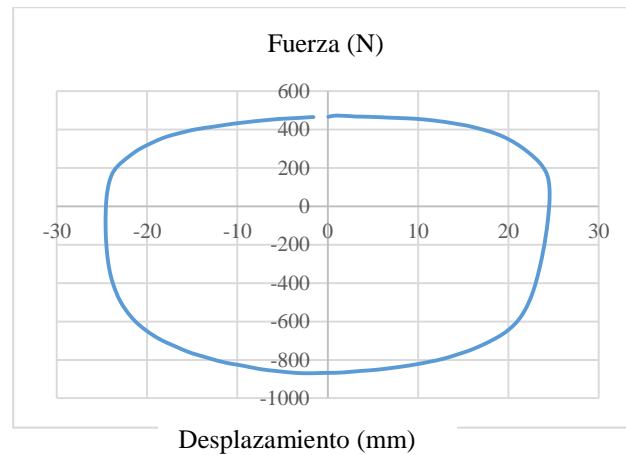


Figura 100. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s).

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

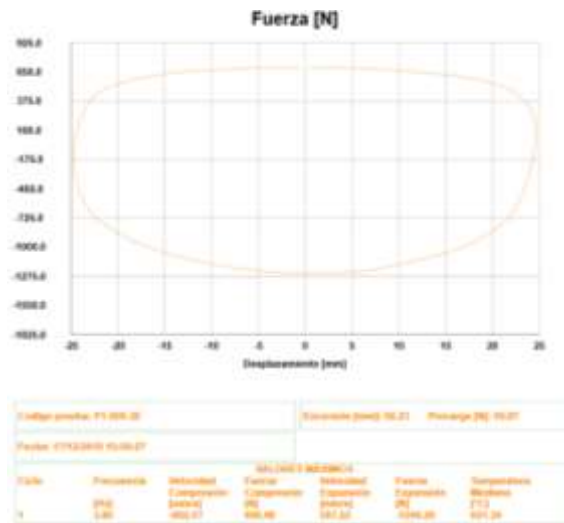


Figura 101. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

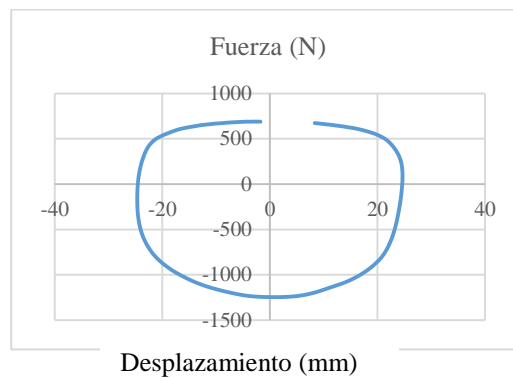


Figura 102. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s).

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

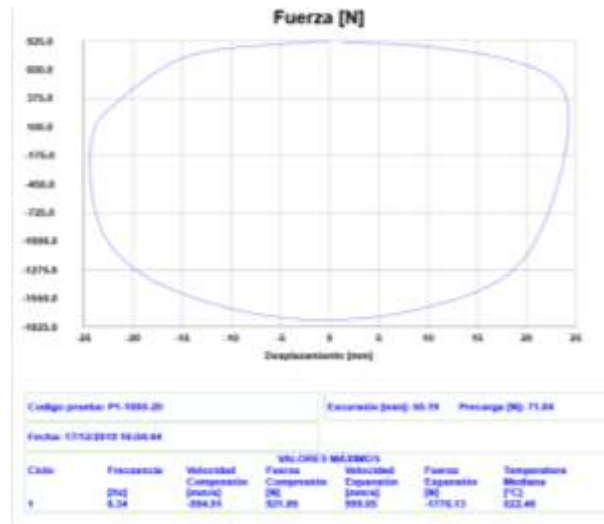


Figura 103. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

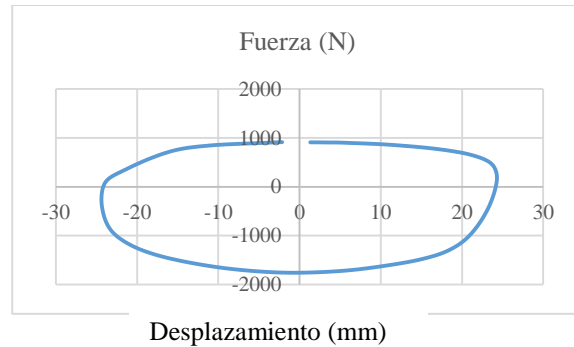


Figura 104. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s).

Prueba 1-Step Variable Amortiguador Alterno 2.

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

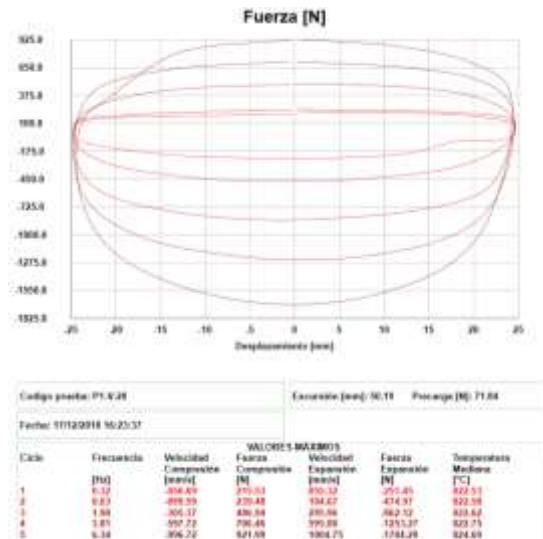


Figura 105. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.

Prueba 2-Step Fijo Amortiguador Alterno 2

Las condiciones ambientales registradas son de 20.5°C y una humedad del ambiente de 62.4 g/Kg como se observa en la figura 106.



Figura 106. Condiciones ambientales de las Prueba 2-Step Fijo.

Para la velocidad de 50mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 21°C. Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

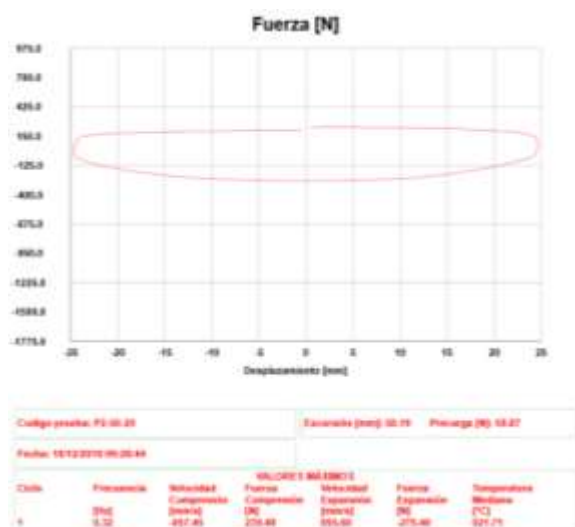


Figura 107. Datos obtenidos de la prueba a 50mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

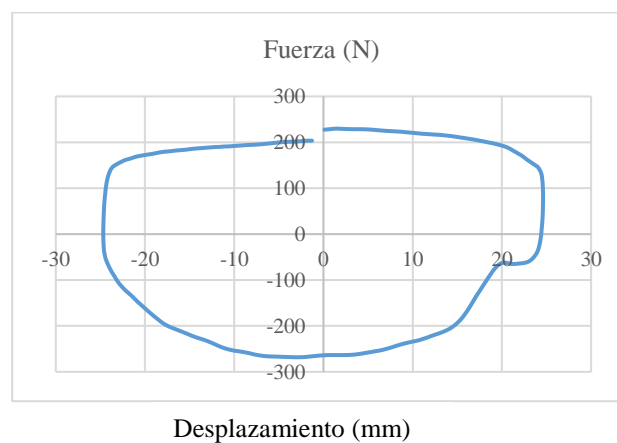


Figura 108. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (50mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 100mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

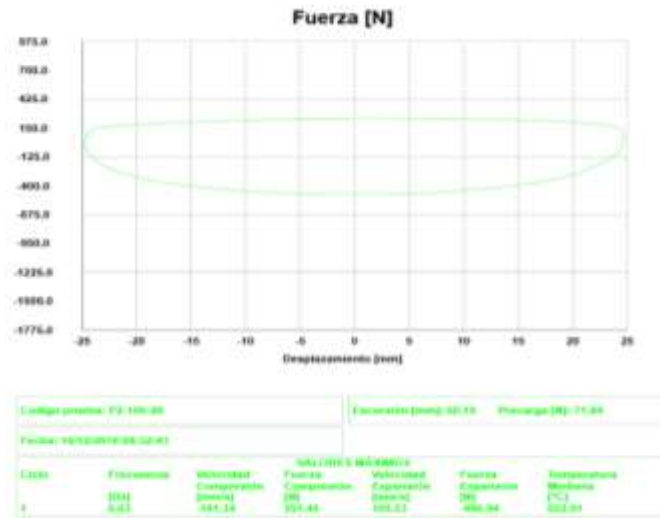


Figura 109. Datos obtenidos de la prueba a 100mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

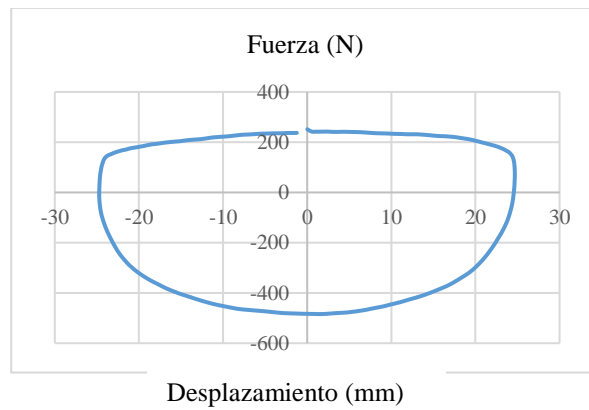


Figura 110. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (100mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 300mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

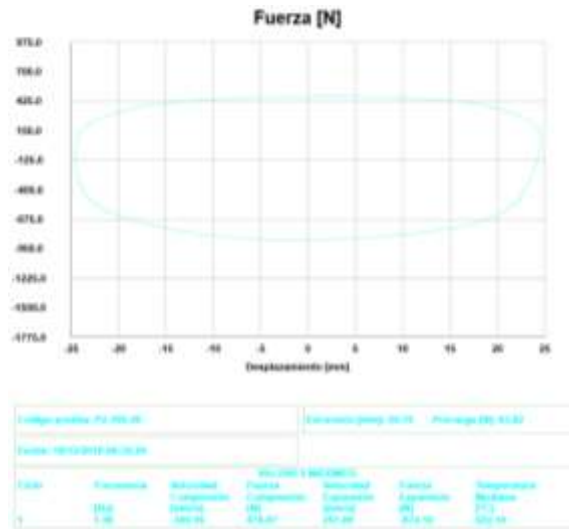


Figura 111. Datos obtenidos de la prueba a 300mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

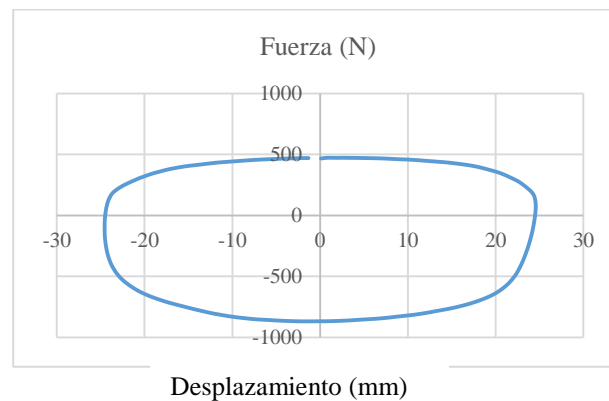


Figura 112. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (300mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 600mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

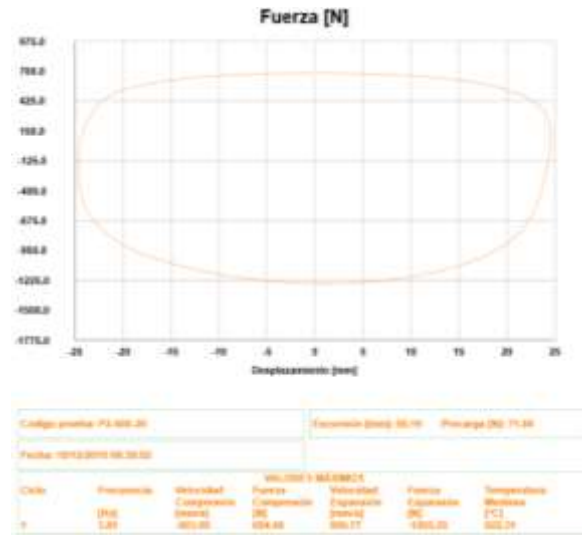


Figura 113. Datos obtenidos de la prueba a 600mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

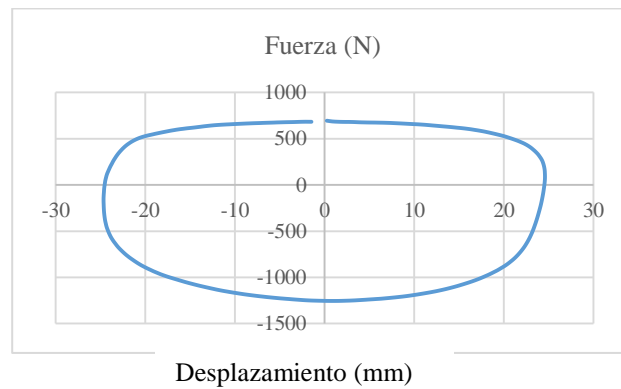


Figura 114. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (600mm/s) - Prueba 2

Para la velocidad de 1000mm/s tenemos una temperatura de inicio del amortiguador de 22°C.

Una vez realizada la prueba se obtiene el registro del Software que especifica las fuerzas y velocidades máximas alcanzadas.

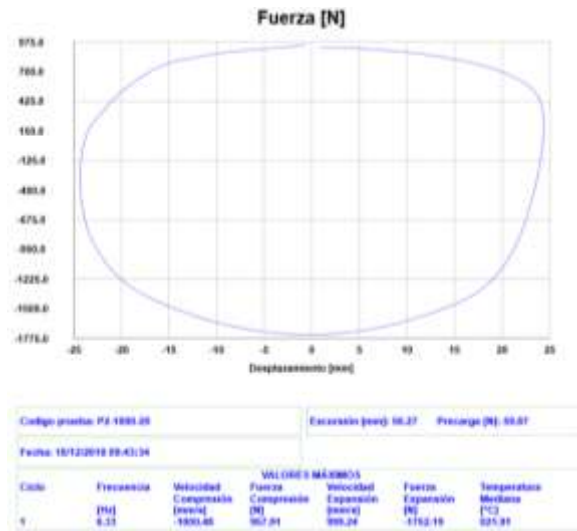


Figura 115. Datos obtenidos de la prueba a 1000mm/s.

Tabulación de los datos en Excel para la obtención de la curva Fuerza Vs. Desplazamiento.

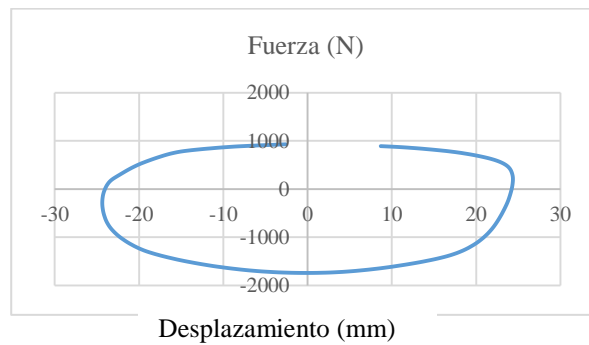


Figura 116. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento (1000mm/s) - Prueba 2

Prueba 2-Step Variable Amortiguador Alterno 2.

Se programa la prueba de ensayo a velocidades variables de 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s y obtenemos las siguientes curvas de fuerza vs. Velocidad.

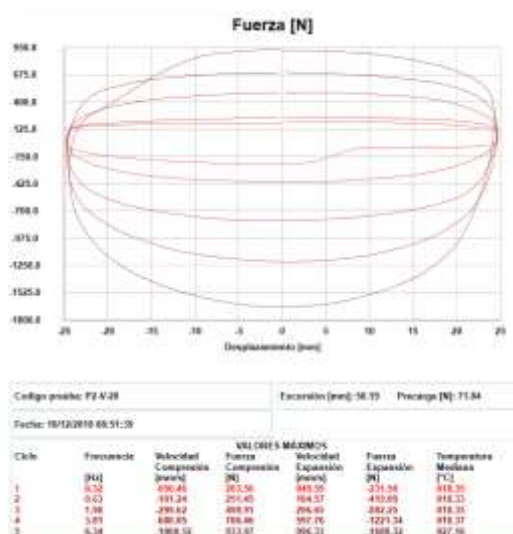


Figura 117. Datos obtenidos de la prueba a velocidad variable.

2) Prueba de resistencia al deslizamiento

Se mide la resistencia al deslizamiento a la carga lateral aplicada al cuerpo del puntal.

Nota: la resistencia al deslizamiento se puede medir en general mediante dos tipos de métodos, como se muestra en la figura 44 y en muchos casos, los valores de F respectivos se utilizan como resistencia de deslizamiento. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Equipo de prueba

El equipo de prueba utilizado para medir la resistencia al deslizamiento debe tener la construcción que pueda aplicar la carga lateral a la guía de la barra del cuerpo del puntal en el equipo de prueba especificado como se observa en la figura 45.

Condiciones de prueba

Se aplicarán las condiciones de ensayo planteadas para esta prueba que se realizaron para el amortiguador original y alternativo 1.

Carga lateral

Se determinará mediante la consulta entre las partes remitentes y receptoras. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Se determina aplicar cargas laterales de 50, 100, 150 y 200 N con la utilización de un dinamómetro como se muestra en la figura 46 que nos permite visualizar la carga aplicada en el momento de la prueba.

Posición inicio de la prueba

A ser determinado por la consulta entre las partes de entrega y de recepción. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6).

Se determina fijar en la mitad de la carrera del amortiguador (82,5 mm).

Dirección de desplazamiento

Condición erigida verticalmente. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 6)

Operación

Se realizará la siguiente operación:

- 1) Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo.
- 2) Montar el extremo inferior
- 3) Dibujar la línea de referencia
- 4) Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba, y después de varias veces de operación, mida y registre la resistencia de deslizamiento
- 5) Aplique la carga lateral al elemento de prueba y repita la operación de (4) (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

La curva obtenida con carga lateral de 50N a 18 mm/s de la figura 87 muestra presencia de vibraciones en las carreras de compresión y extensión.

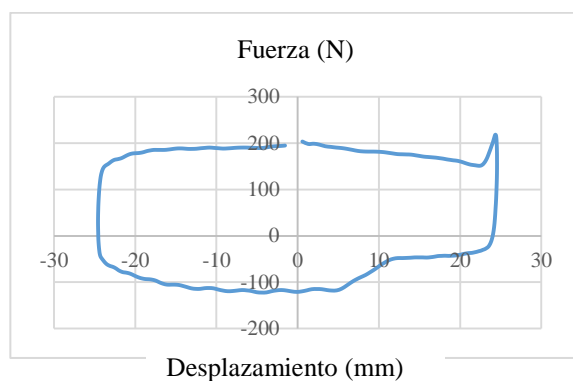


Figura 118. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 50N

Se aplica la carga lateral aplicada (100N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 119.

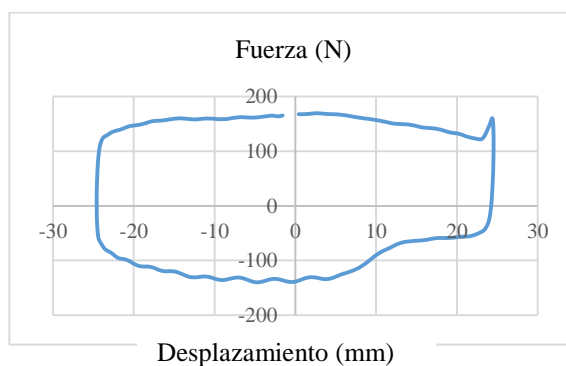


Figura 119. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 100N

Se aplica la carga lateral aplicada (150N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 120.

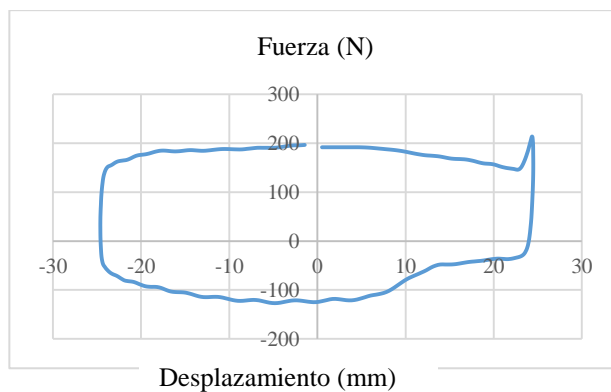


Figura 120. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 150N.

Se aplica la carga lateral aplicada (200N) al amortiguador y se obtiene la curva que se muestra en la figura 121.

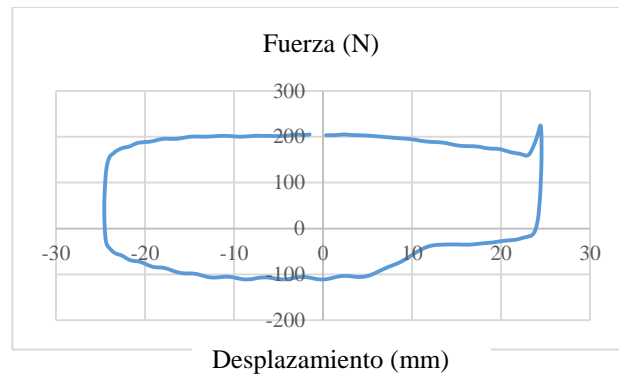


Figura 121. Curva Fuerza Vs. Desplazamiento con carga lateral de 200N.

3) Prueba de ruido de trabajo

Mide el ruido que emite el cuerpo del puntal. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Equipo de prueba

El equipo de prueba debe tener la construcción para permitir el ajuste de un micrófono y un medidor de ruido en el equipo especificado como se muestra en la figura 53.

Condiciones de prueba

Se aplicarán las condiciones de ensayo empleadas para las muestras anteriores.

Se utilizará un sonómetro como se muestra en la figura 54.

Características del microfiltro

Una característica. (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Operación

Se realizará la siguiente operación:

Monte la parte superior del elemento de prueba con la temperatura especificada en el equipo.
(Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)

Excite el elemento de prueba en las condiciones de prueba y, después de varios momentos de funcionamiento, mida y registre el nivel de presión acústica.

Para el registro de los datos de niveles de sonido utilizaremos el software Sound Level Meter Datalogger.

Grabar

Los siguientes niveles de sonido serán registrados:

- 1) Nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora) (Suspension Struts for Automobiles, 1993, pág. 7)



Figura 122. Prueba Ruido de Trabajo A. Alterno 2.

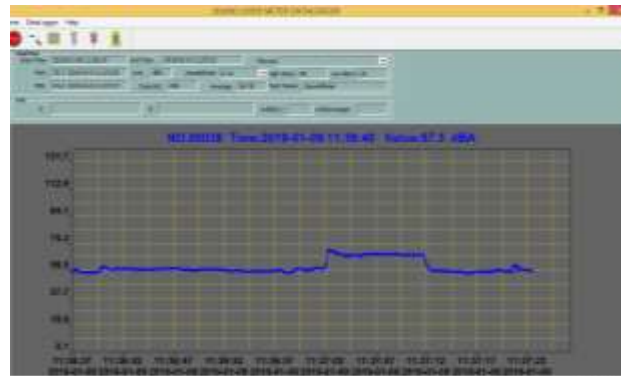


Figura 123. Registro del nivel máximo de presión sonora.
Fuente: Software Sound Level Meter Datalogger.

2) Nivel de presión sonora del ruido de fondo.

El nivel de presión sonora del ruido de fondo es el mismo dado que es el ruido emitido por el banco de pruebas en funcionamiento.

3.3. Análisis de resultados

3.3.1. Prueba de la fuerza característica de amortiguación

- **Gráfica fuerza vs. desplazamiento**

Tabla 11.

Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 50mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).

MUESTRAS	VELOCIDAD 50 mm/s		
	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	19,38	21,02	20,95
Fuerza Extensión (N)	-291,37	-243,47	-283,38
Velocidad Máx. Extensión	55,92	55,72	55,54
Fuerza Compresión (N)	203,56	151,67	223,51
Velocidad Máx. Compresión	-57,42	-56,45	-56,90

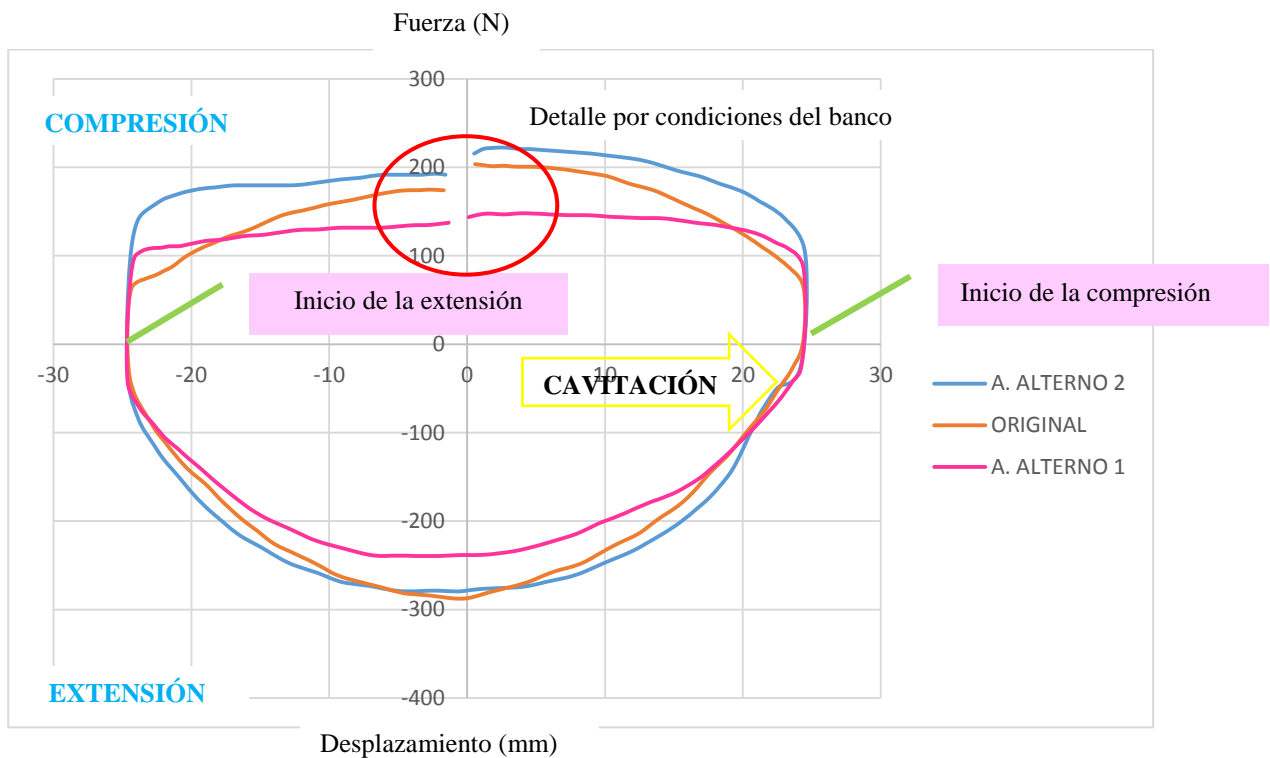


Figura 124. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 50 mm/s.

En la figura 124 tenemos una representación gráfica de las fuerzas del amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo, cuyo desplazamiento es de 50 mm una vez encerado y seleccionada una frecuencia de 0,32 Hz (50 mm/s).

La comparación se realizará partiendo de la curva base que es la del amortiguador original. Así, el Amortiguador Alterno 2 presenta un fenómeno de cavitación (vaporización del fluido).

En los tres amortiguadores podemos observar que los esfuerzos crecen rápidamente al inicio de cada carrera y a partir de cierto punto el crecimiento es menor.

En la extensión la fuerza del amortiguador ORIGINAL y ALTERNO 2 son similares 291,37 y 283,38 (N) respectivamente, mientras que en ALTERNO 1 el esfuerzo es menor 243,47N.

En la carrera de compresión los amortiguadores alternos difieren en la fuerza de respuesta siendo la fuerza de compresión del alterno 2 más próximo al original.

Tabla 12

Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 100mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).

VELOCIDAD 100 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	22,28	22,36	22,01
Fuerza Extensión (N)	-646,59	-526,85	-486,94
Velocidad Máx. Extensión	105,10	99,46	105,53
Fuerza Compresión (N)	251,45	171,63	251,45
Velocidad Máx. Compresión	-99,41	-102,20	-101,34

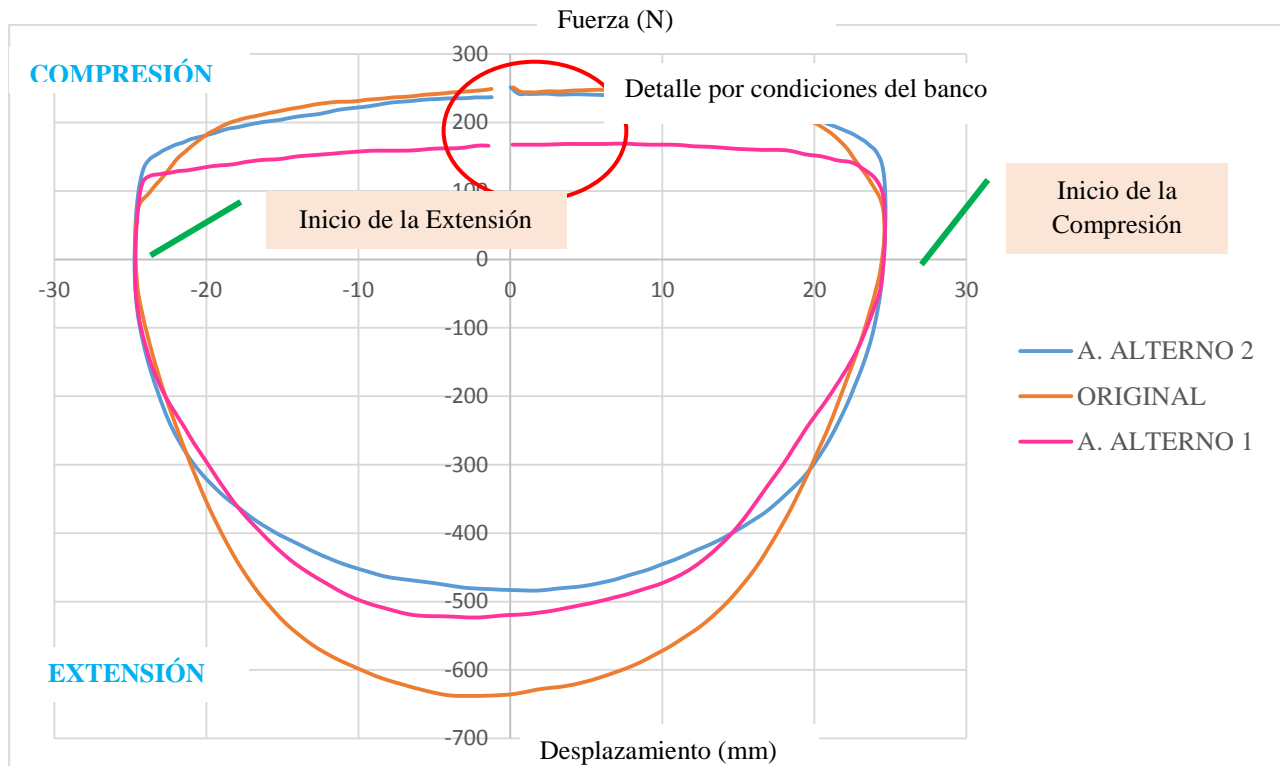


Figura 125. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 100 mm/s.

En la figura 125 tenemos una representación gráfica de las fuerzas del amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo, cuyo desplazamiento es de 50 mm una vez encerado y seleccionada una frecuencia de 0,63 Hz (100 mm/s).

La comparación se realizará partiendo de la curva base que es la del amortiguador original.

No se presenta efectos de cavitación en ningún amortiguador en la velocidad programada y se observa que los esfuerzos crecen rápidamente al inicio de cada carrera y a partir de cierto punto el crecimiento es menor.

El amortiguador ORIGINAL y ALTERNO 2 alcanzan la misma fuerza de compresión 251,45 N y en la carrera de extensión el amortiguador original alcanza la mayor fuerza de extensión 646,59 N.

Tabla 13

Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 300mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).

VELOCIDAD 300 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	20,28	21,31	21,11
Fuerza Extensión (N)	-1025,77	-965,90	-874,10
Velocidad Máx. Extensión	297,44	296,91	297,57
Fuerza Compresión (N)	391,15	287,37	474,97
Velocidad Máx. Compresión	-300,02	-300,07	-300,46

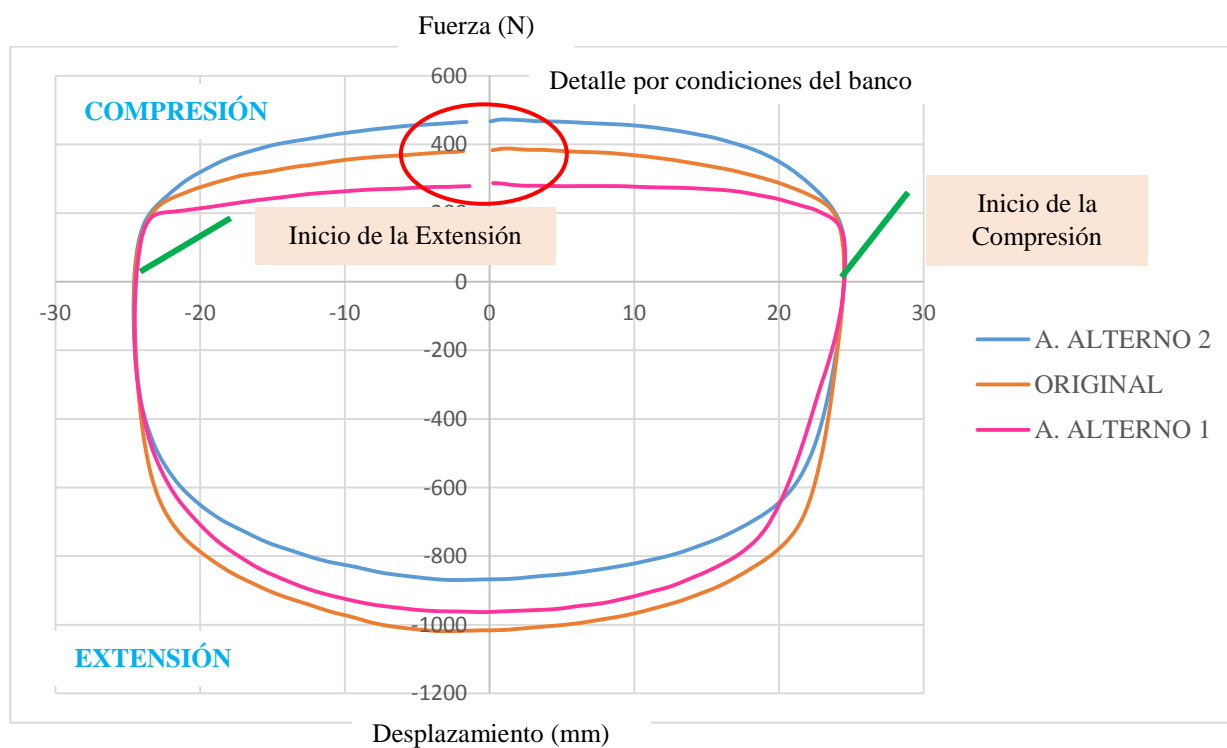


Figura 126. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 300 mm/s.

En la figura 126 tenemos una representación gráfica de las fuerzas del amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo, cuyo desplazamiento es de 50 mm una vez encerado y seleccionada una frecuencia de 1,90 Hz (300 mm/s).

La comparación se realizará partiendo de la curva base que es la del amortiguador original.

No se presenta efectos de cavitación en ningún amortiguador y las curvas tienen buena apariencia.

Se observa que los esfuerzos crecen rápidamente al inicio de cada carrera y a partir de cierto punto el crecimiento es menor.

El rango de la fuerza de amortiguación (en el lado de extensión) a una velocidad de 0.3 m/s (300 mm/s) debe estar de acuerdo a la figura 96 de la norma JASO C611-93.

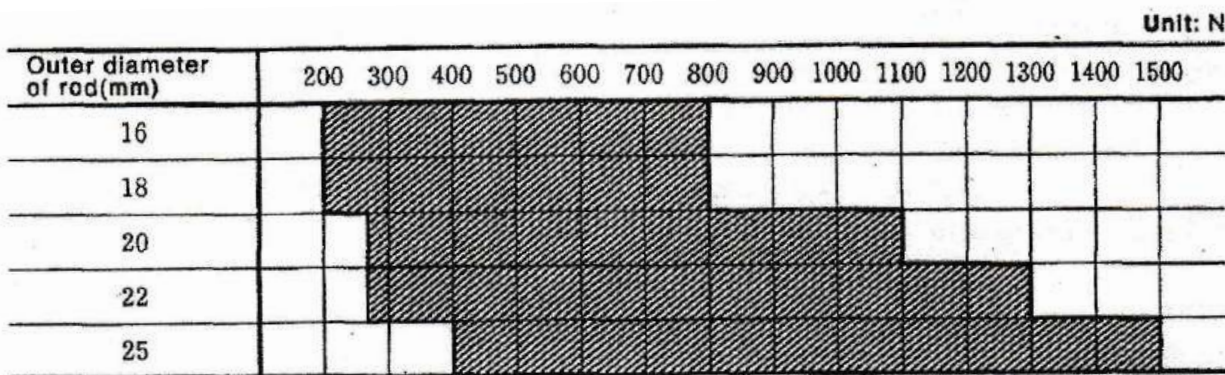


Figura 127. Rango de fuerzas en extensión a 300mm/s.

Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 14

Comparación de Fuerzas en extensión obtenida de las pruebas de ensayo.

AMORTIGUADOR	Diámetro exterior de la varilla	Fuerza de Extensión (N)	Fuerza de Extensión Obtenida(N)	Cumple la Norma
ORIGINAL	22	260-1300	1025,77	SI
ALTERNO 1	20	260-1100	965,90	SI
ALTERNO 2	22	260-1300	874,10	SI

El rango de la fuerza de amortiguación (en el lado de compresión) a una velocidad de 0.3 m/s (300 mm/s) debe estar de acuerdo a la figura 97 de la norma JASO C611-93.

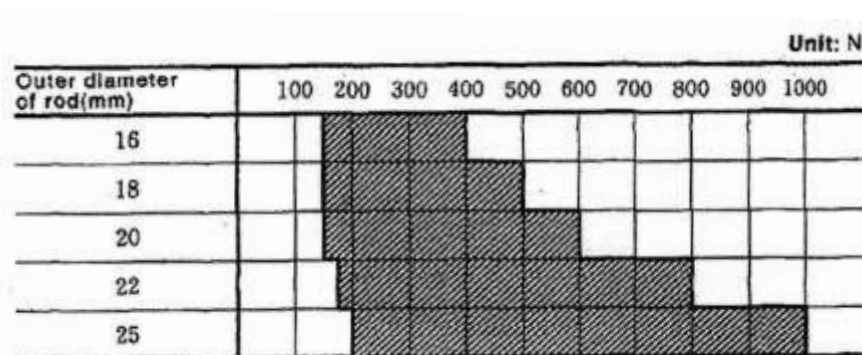


Figura 128. Rango de fuerzas en compresión a 300mm/s.
Fuente: (Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 15

Comparación de Fuerzas en compresión obtenida de las pruebas de ensayo.

AMORTIGUADOR	Diámetro exterior de la varilla	Fuerza de Compresión (N)	Fuerza de Compresión Obtenida(N)	Cumple la Norma
ORIGINAL	22	175-800	391,15	SI
ALTERNO 1	20	150-600	287,37	SI
ALTERNO 2	22	175-800	474,97	SI

La tolerancia para la fuerza de amortiguación debe ser $\pm (13\%+20N)$ para el lado de extensión y $\pm (16\%+20N)$ para el lado de contracción a la velocidad del pistón de 0,3 m / s (300mm/s).

(Suspension Struts for Automobiles, 1993)

Tabla 16

Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 600mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).

MUESTRAS	VELOCIDAD 600 mm/s		
	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	21,67	21,53	21,30

CONTINÚA



Fuerza Extensión (N)	-1556,61	-1285,20	-1249,28
Velocidad Máx. Extensión	597,68	601,65	597,52
Fuerza Compresión (N)	754,36	478,96	698,48
Velocidad Máx. Compresión	-601,09	-596,59	-602,17

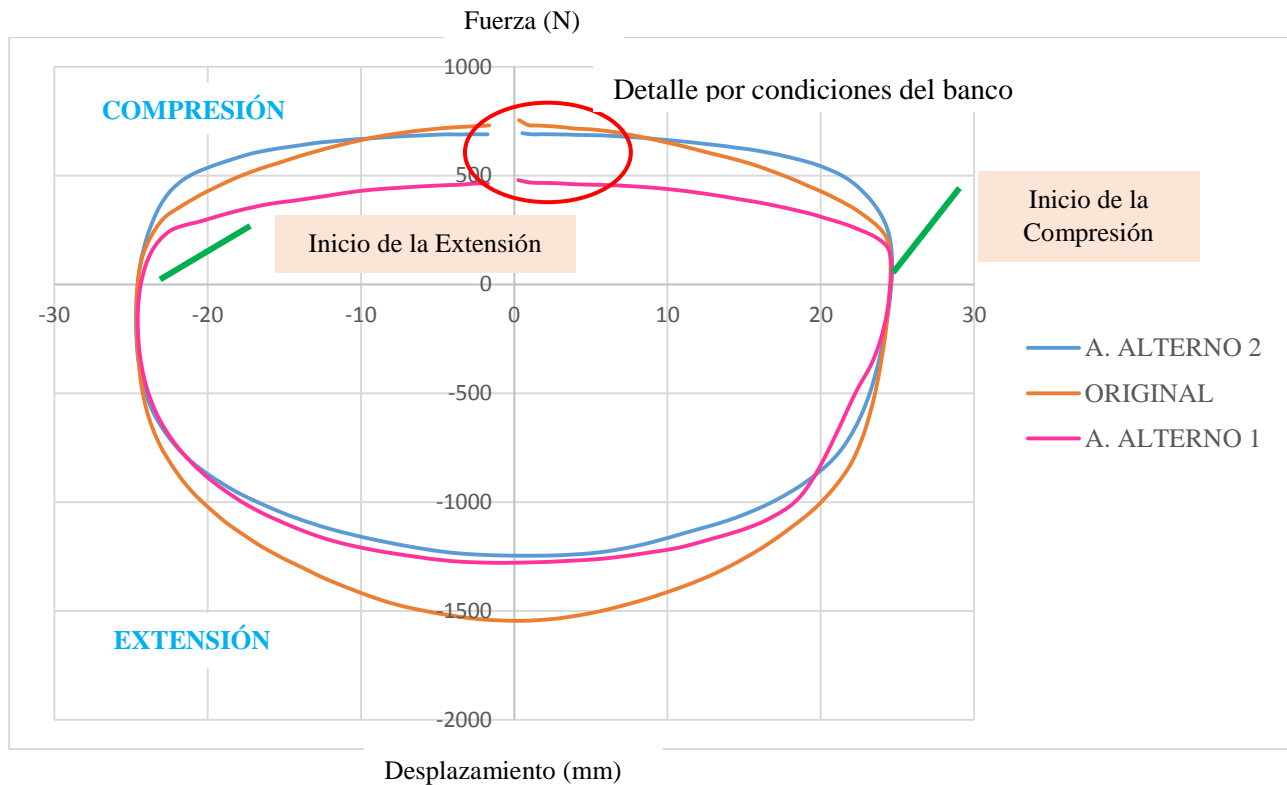


Figura 129. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 600 mm/s.

En la figura 129 tenemos una representación gráfica de las fuerzas de amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo, cuyo desplazamiento es de 50 mm una vez encerado y seleccionada una frecuencia de 3,80 Hz (600 mm/s).

La comparación se realizará partiendo de la curva base que es la del amortiguador original.

No se presenta efectos de cavitación en ningún amortiguador a esta velocidad.

Se observa que los esfuerzos crecen rápidamente al inicio de cada carrera y a partir de cierto punto el crecimiento es menor como en las curvas anteriores.

La fuerza de amortiguación (en el lado de extensión) de los amortiguadores alternos son similares 1285,20N y 1249,28 N respectivamente y menores a la del amortiguador original con una fuerza de extensión de 1556,61 N. Como se puede ver el amortiguador ALTERNO 2 en esta carrera responde casi igual al amortiguador ALTERNO 1 teniendo un mayor diámetro de la varilla del amortiguador.

Tabla 17

Datos obtenidos de la curva de fuerza de amortiguación a 1000mm/s (Fuerzas, Velocidades y Temperatura).

VELOCIDAD 1000 mm/s			
MUESTRAS	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura Media (°C)	21,65	21,61	21,91
Fuerza Extensión (N)	-2566,41	-1760,17	-1752,19
Velocidad Máx. Extensión	998,91	997,23	999,24
Fuerza Compresión (N)	1424,90	790,28	957,91
Velocidad Máx. Compresión	-999,83	-1000,05	-1000,48

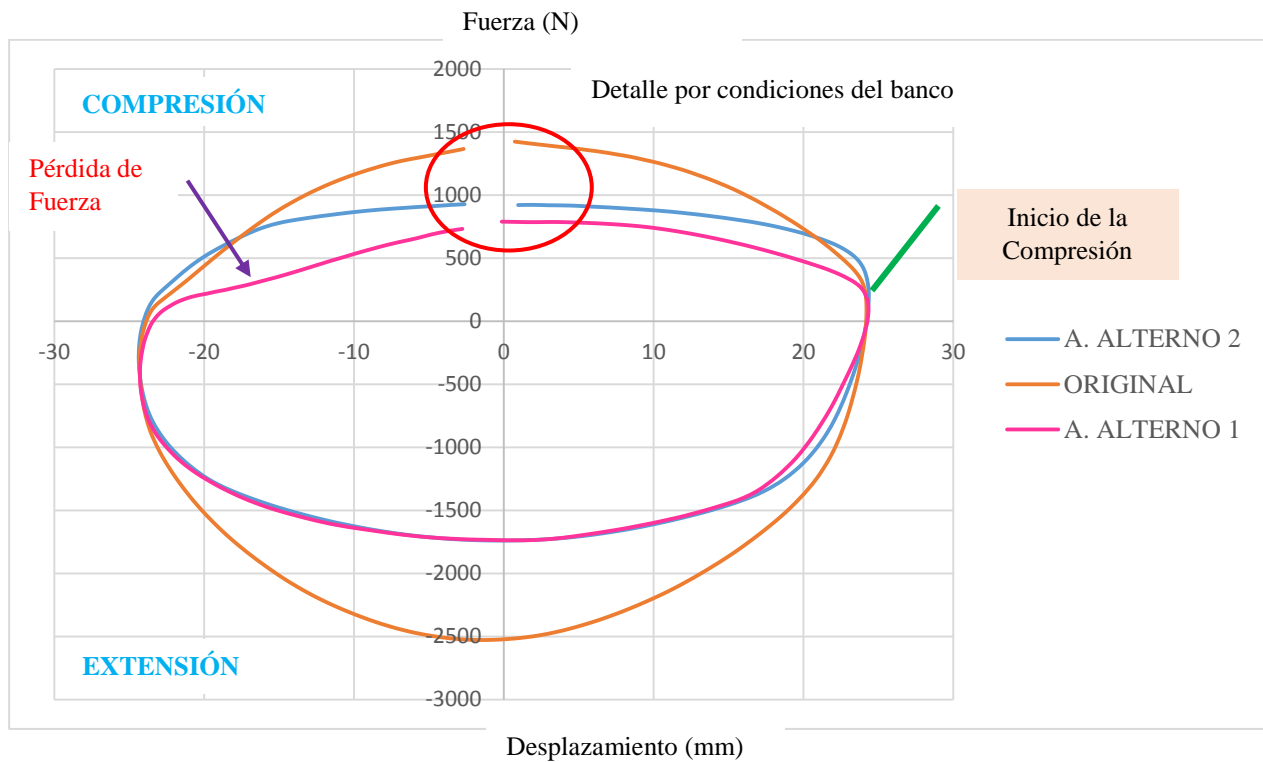


Figura 130. Comparación de curvas de fuerza característica de amortiguación a una velocidad de 1000 mm/s.

En la figura 130 tenemos una representación gráfica de las fuerzas del amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo, cuyo desplazamiento es de 50 mm una vez encerado y seleccionada una frecuencia de 6,34 Hz (1000 mm/s).

La comparación se realizará partiendo de la curva base que es la del amortiguador original.

Se observa una pérdida de fuerza del amortiguador alterno 1 en la carrera de compresión antes de iniciar la carrera de extensión.

Los amortiguadores han sido llevados a condiciones críticas de fatiga y se observa que el amortiguador ORIGINAL alcanza los mayores esfuerzos tanto en la carrera de compresión y extensión, mientras que los amortiguadores alternos mantienen un desempeño de trabajo similar en compresión e igual en extensión.

Para ver la consistencia del comportamiento de cada uno de los amortiguadores a diferentes velocidades tenemos las siguientes curvas:

AMORTIGUADOR ORIGINAL

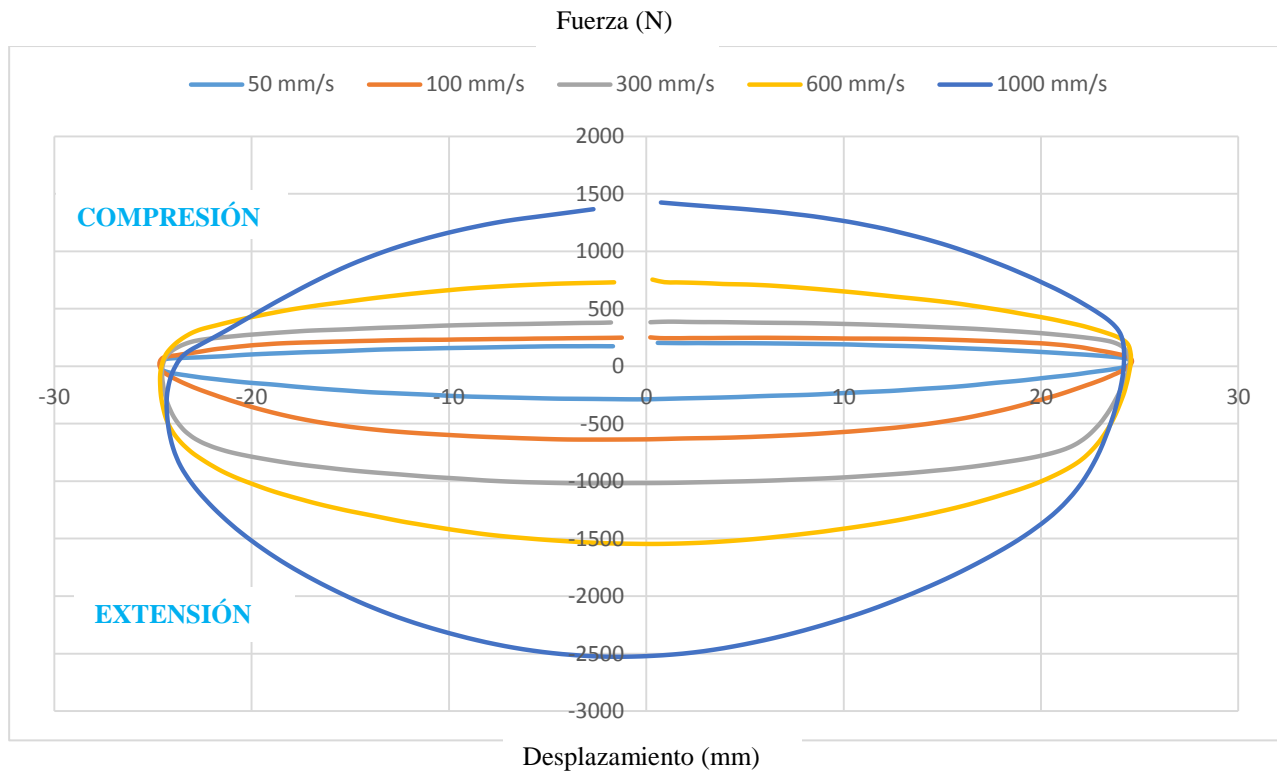


Figura 131. Comportamiento del amortiguador original a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.

Se observa consistencia en el desempeño del amortiguador y una buena apariencia de la curva. Sin embargo, al someter al amortiguador a situaciones críticas de fatiga como la de velocidad de 1000 mm/s vemos esfuerzos extremos en las carreras de compresión y extensión.

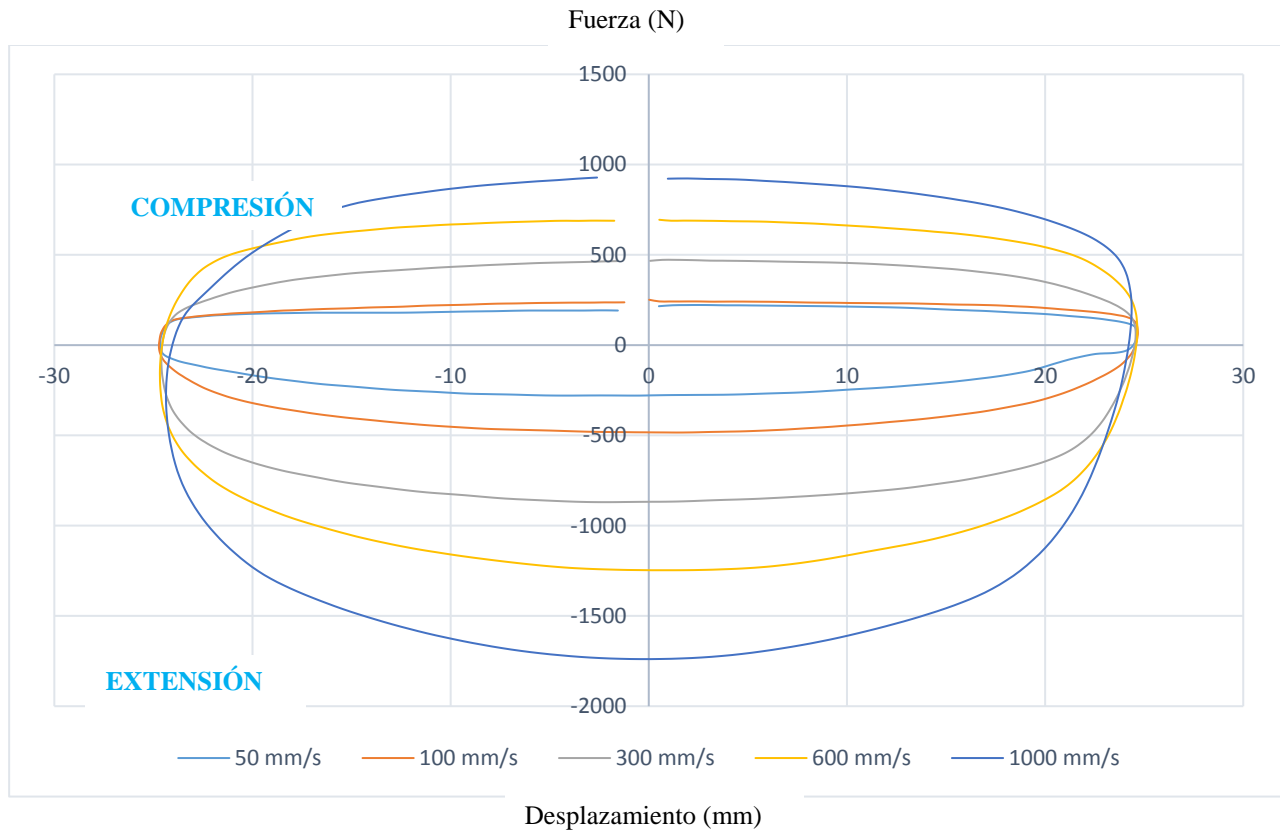
AMORTIGUADOR ALTERNO 2

Figura 132. Comportamiento del amortiguador alterno 2 a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.

Se observa consistencia en el desempeño del amortiguador y una buena apariencia de la curva.

AMORTIGUADOR ALTERNO 1

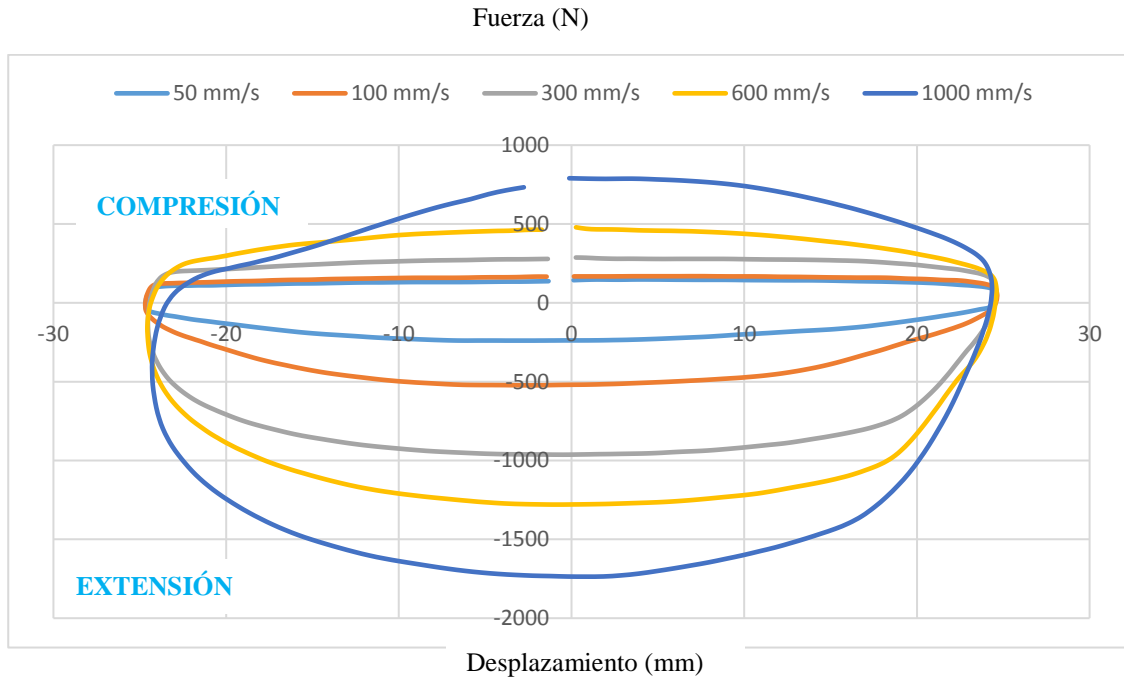


Figura 133. Comportamiento del amortiguador alterno 1 a 50, 100, 300, 600 y 1000mm/s.

Se observa consistencia en el desempeño del amortiguador y una buena apariencia de la curva. Sin embargo se observa pérdida de fuerza en la mitad de la carrera de compresión antes de iniciar la carrera de extensión.

- **GRÁFICA FUERZA VS. VELOCIDAD**

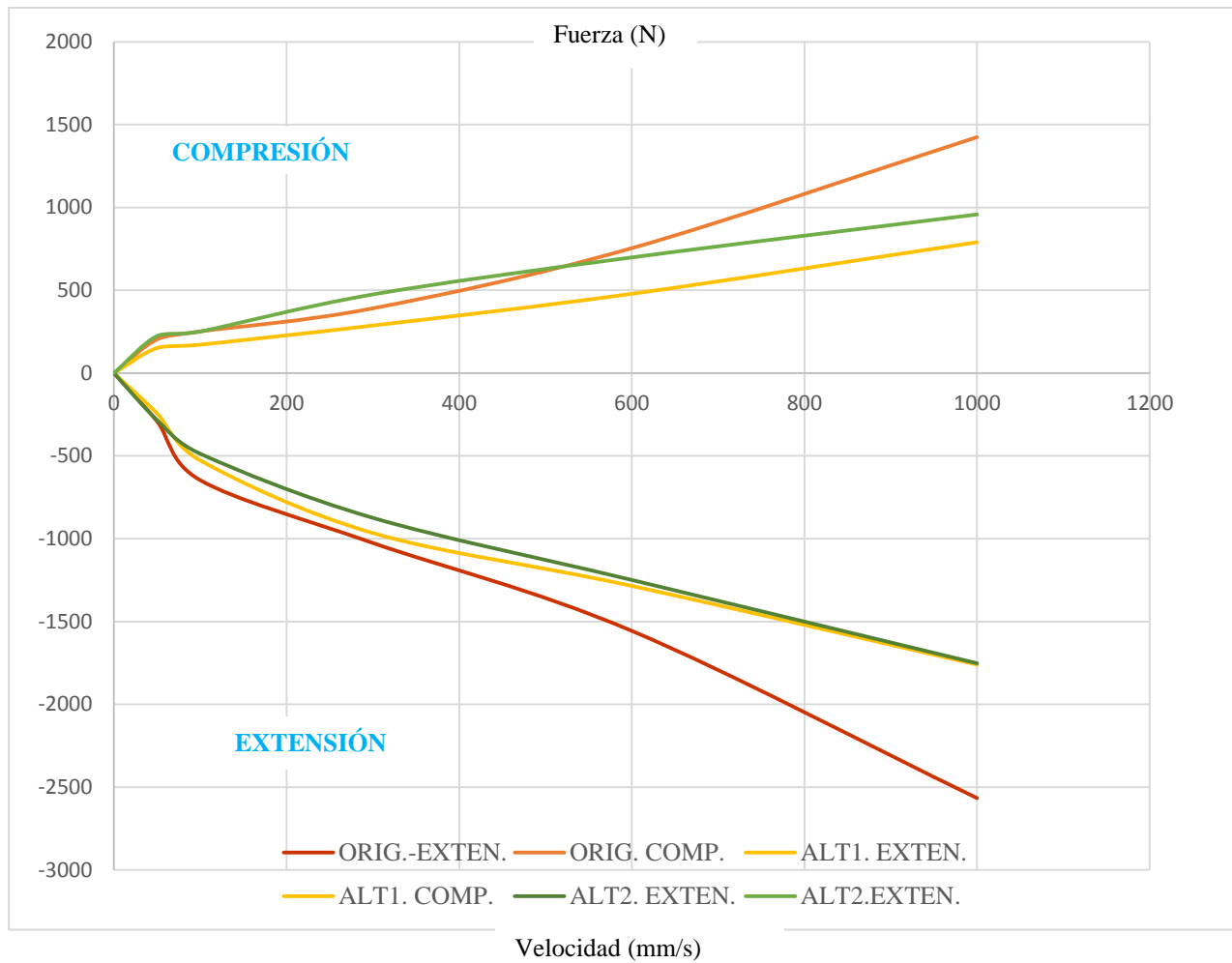


Figura 134. Comparación de Curva Fuerza Vs. Velocidad de las muestras de amortiguadores.

A medida que aumenta la velocidad del pistón aumentan los esfuerzos tanto en la carrera de extensión como de compresión. El amortiguador original presenta mayores esfuerzos.

3.3.2. Prueba de resistencia al deslizamiento

Tabla 18

Valores de las cargas laterales a una velocidad de 18mm/s.

CARGA LATERAL	50N	100N	150N	200N
---------------	-----	------	------	------

AMORTIGUADOR ORIGINAL

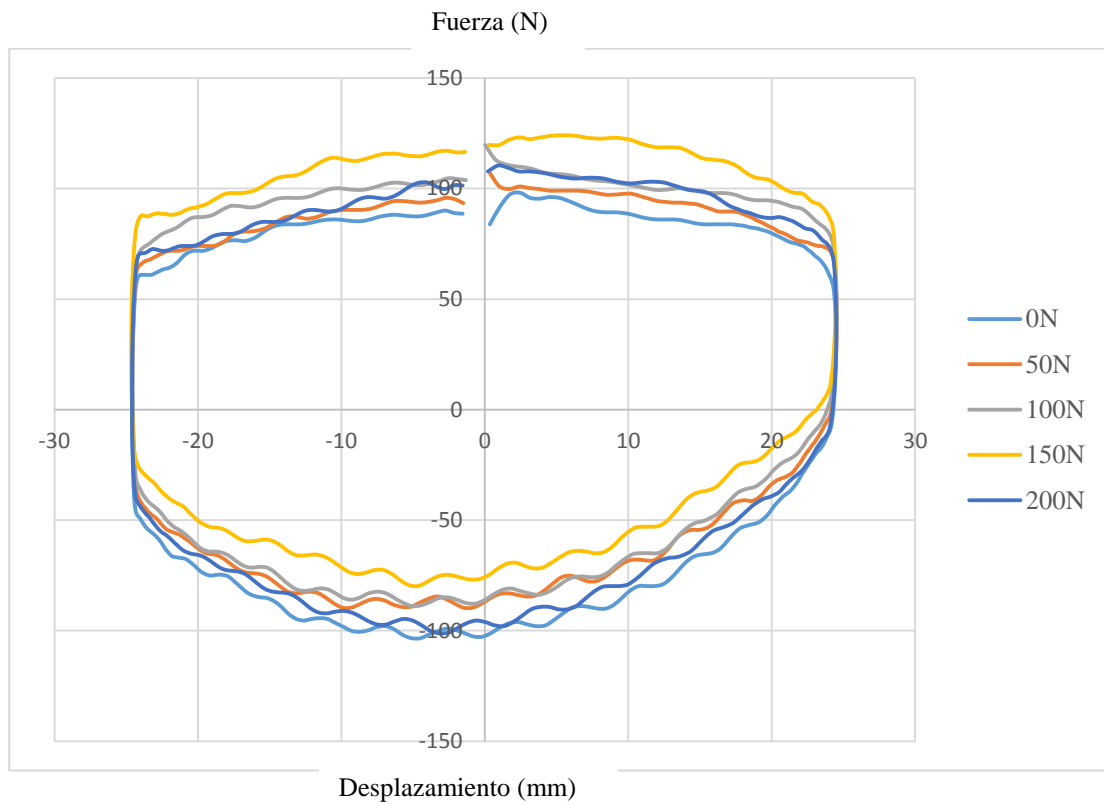


Figura 135. Comportamiento del A. Original con cargas laterales.

Se puede observar variaciones de fuerzas alcanzadas tanto en la carrera de compresión y extensión. Sin embargo se ve un comportamiento de desempeño normal aunque existe presencia de vibraciones tanto en la carrera de compresión como extensión.

AMORTIGUADOR ALTERNO 1

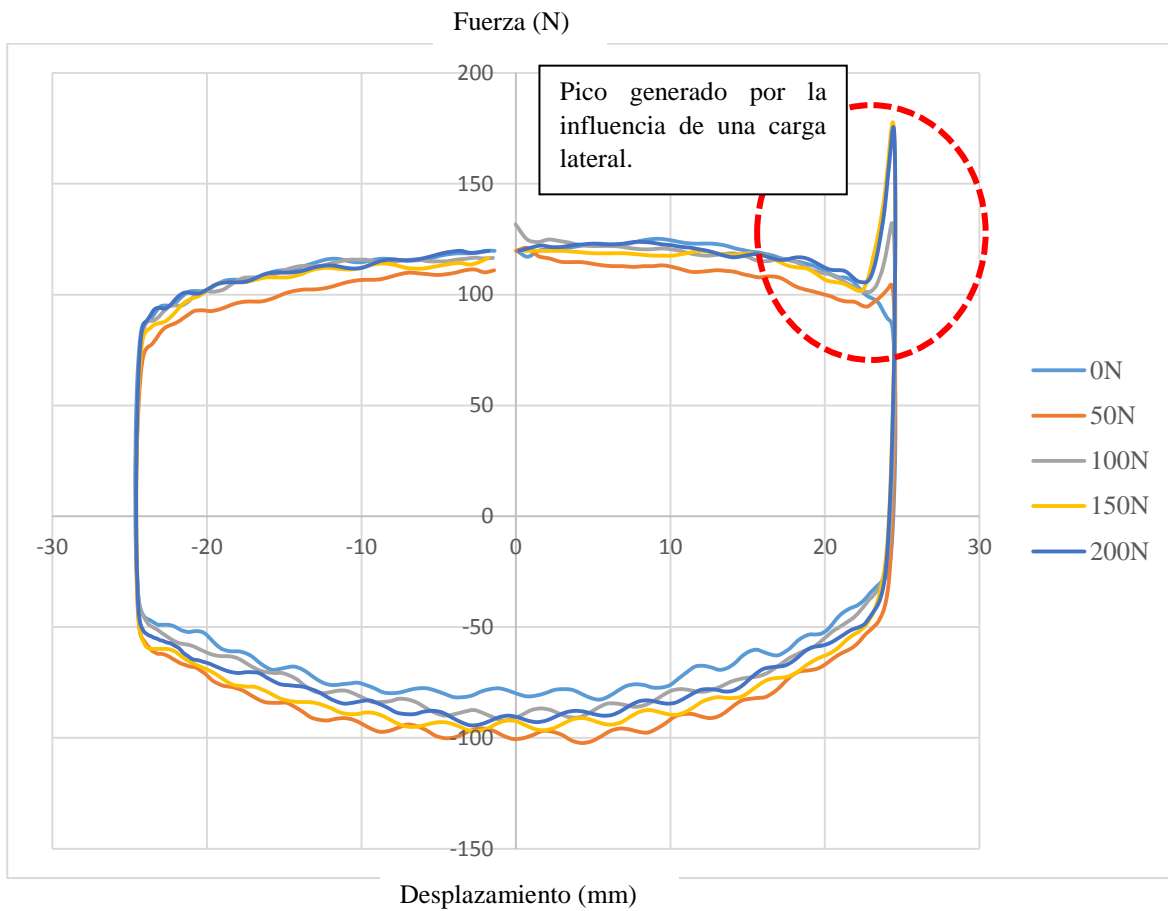


Figura 136. Comportamiento del A. Alterno 1 con cargas laterales.

El pico que se observa a la derecha muestra la fuerza de sensibilidad que posee el amortiguador al aplicarse una carga lateral al momento de iniciar la primera mitad de la carrera de compresión.

AMORTIGUADOR ALTERNO 2

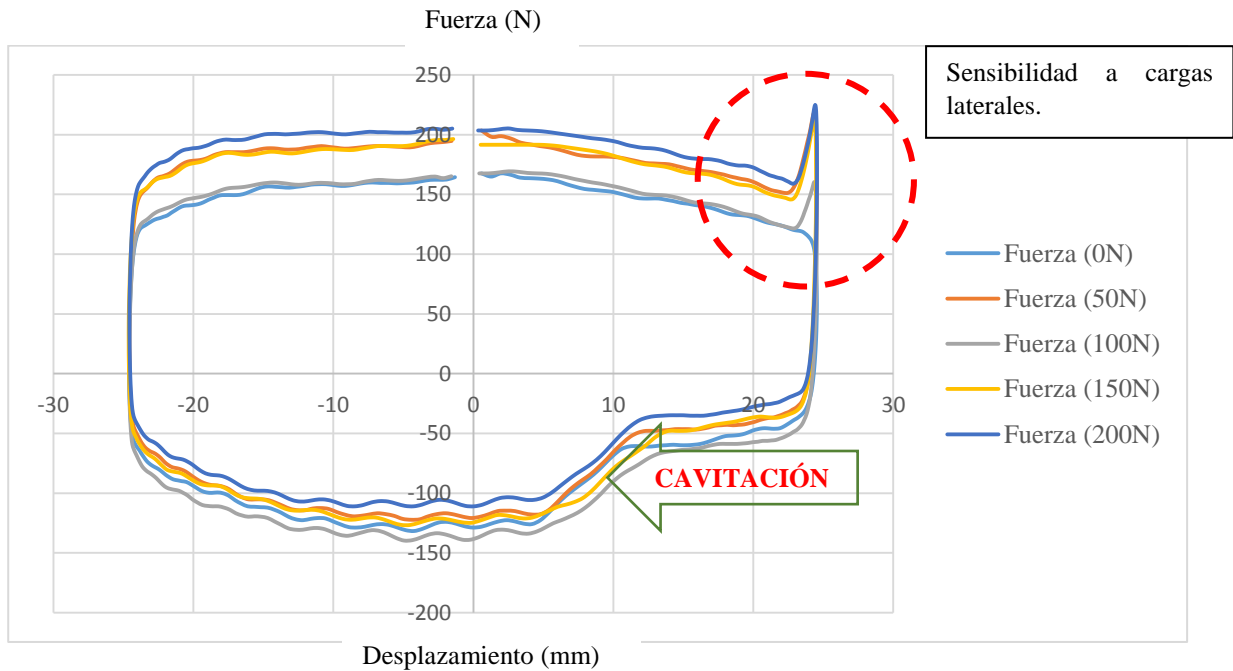


Figura 137. Comportamiento del A. Alterno 2 con cargas laterales.

El pico que se observa a la derecha muestra la fuerza de sensibilidad que posee el amortiguador al aplicarse una carga lateral al momento de iniciar la primera mitad de la carrera de compresión. Además, presenta cavitación en bajas velocidades y vibraciones por acción de las cargas laterales aplicadas.

3.3.3. Prueba de ruido de trabajo

AMORTIGUADOR ORIGINAL

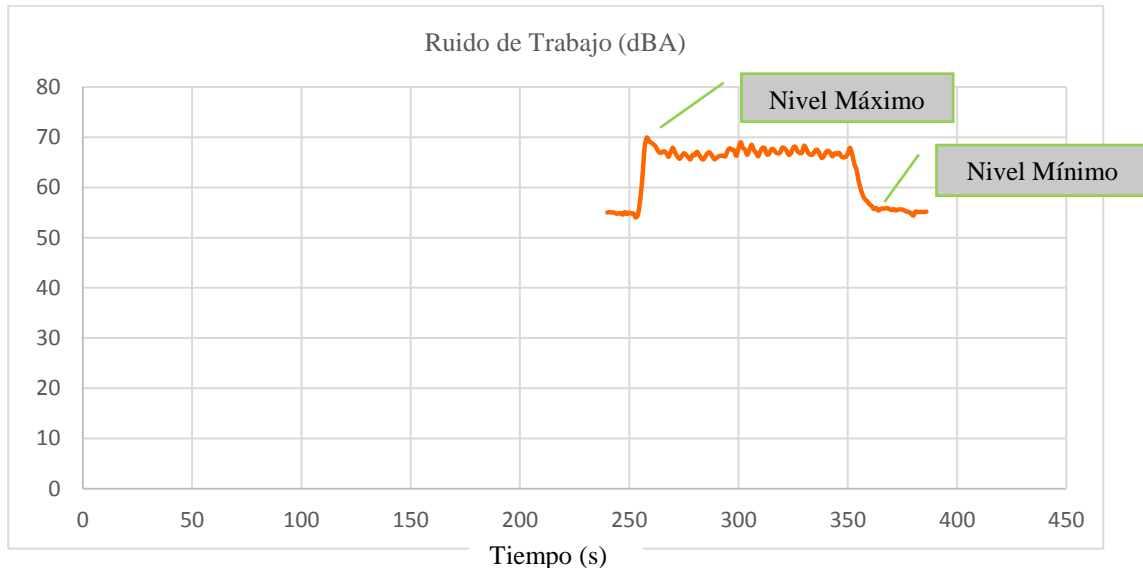


Figura 138. Niveles de Ruido de Trabajo A. Original.

El nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora) es de máximo 69,9 dBA y mínimo 49,8 dBA.

AMORTIGUADOR ALTERNO 1

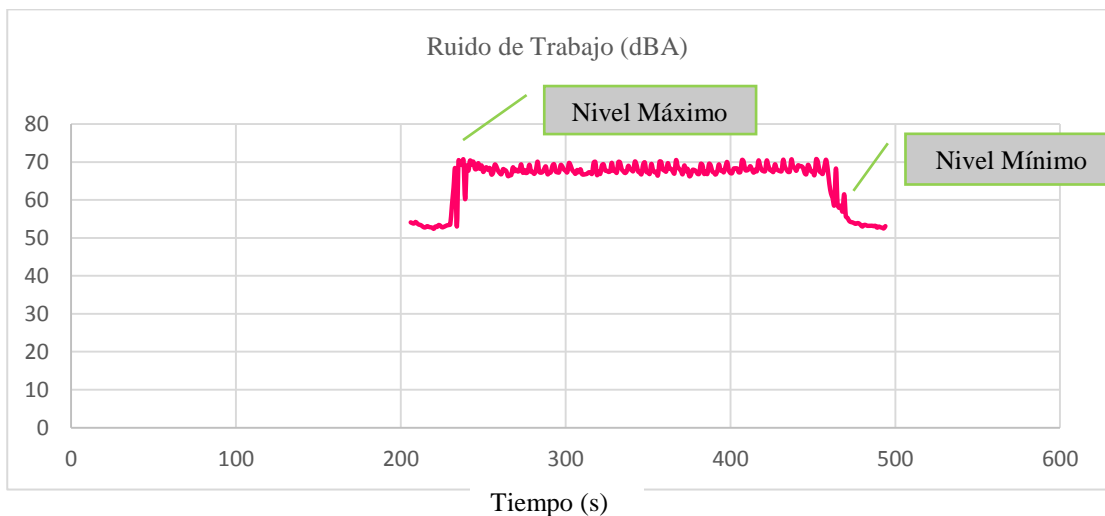


Figura 139. Niveles de Ruido de Trabajo A. Alterno 1.

El nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora) es de máximo 70,7 dBA y mínimo 50,6 dBA.

AMORTIGUADOR ALTERNO 2

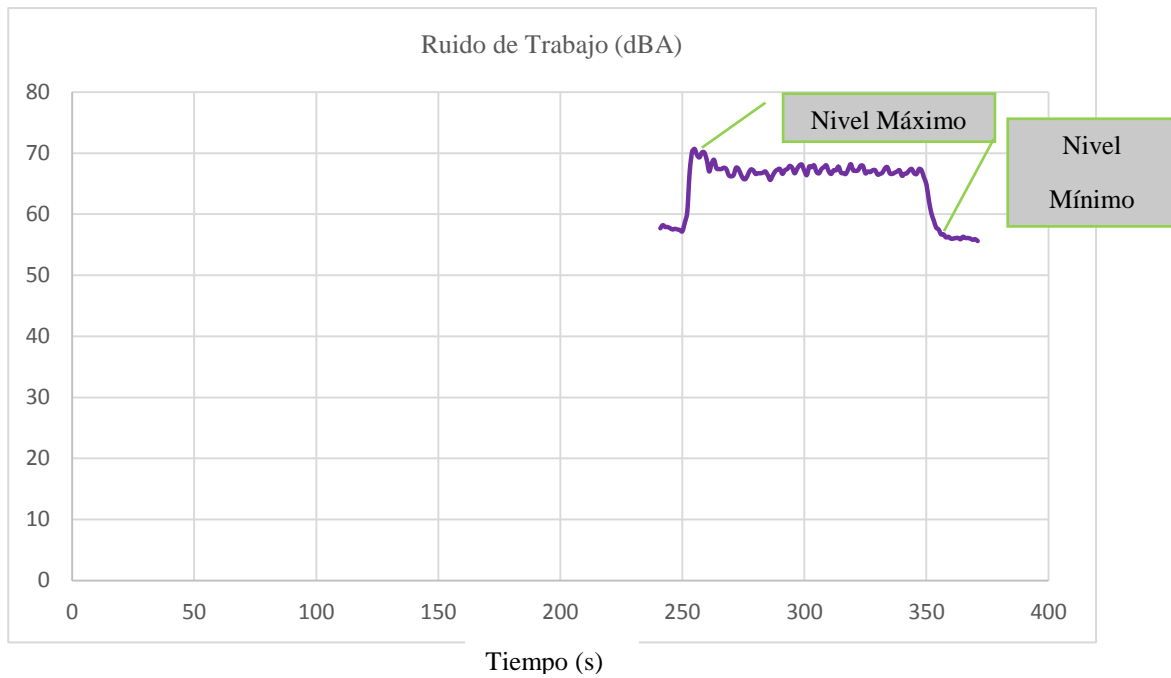


Figura 140. Niveles de Ruido de Trabajo A. Alterno 2.

El nivel de presión sonora (nivel máximo de presión sonora) es de máximo 70,7 dBA y mínimo 54,2 dBA.

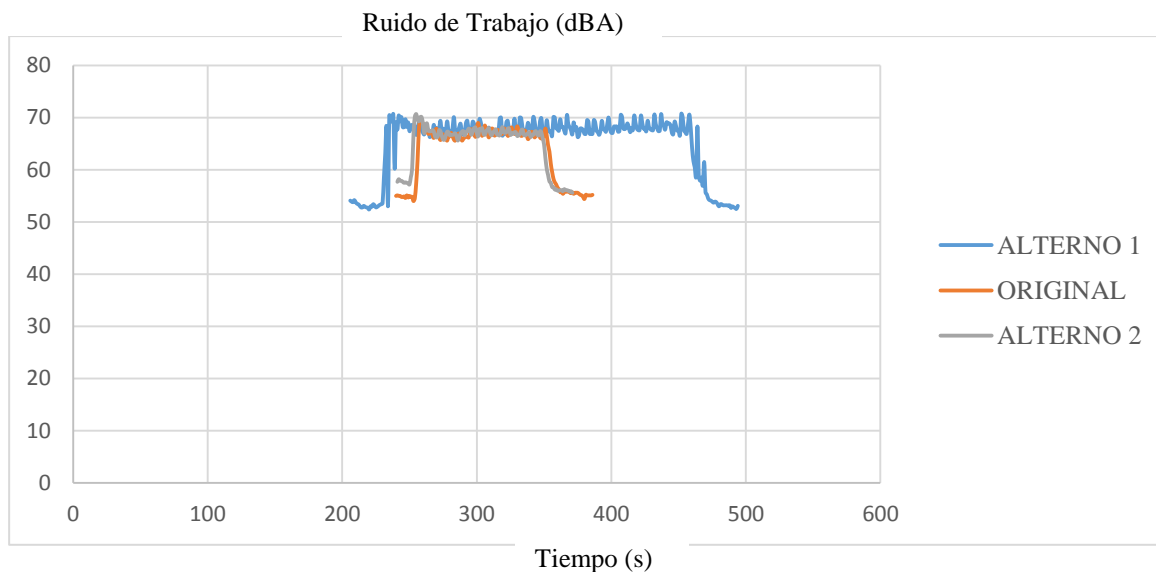


Figura 141. Comparación de ruido de trabajo de las muestras de amortiguadores.

El Nivel de presión sonora del ruido de fondo es de máximo 69,5 dBA y mínimo 37,7 dBA.

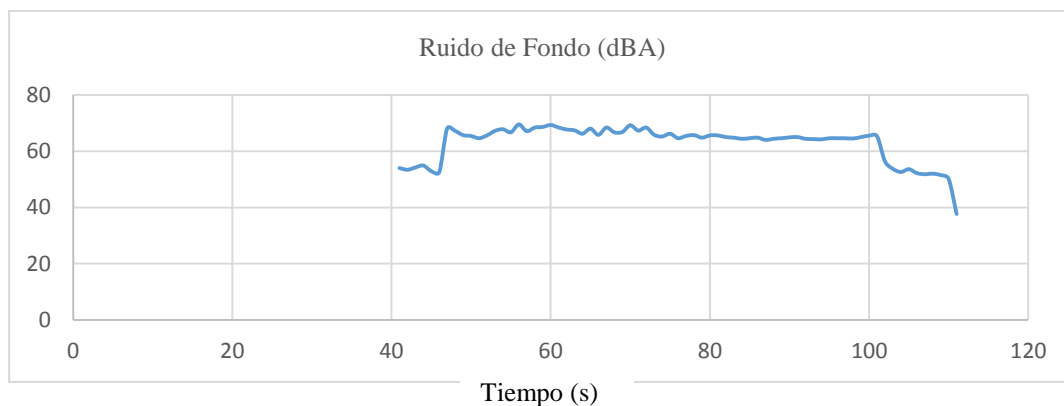


Figura 142. Ruido de Fondo del Banco de Pruebas.

Tabla 19

Comparación de los niveles de ruido de los amortiguadores y ruido de fondo.

AMORTIGUADOR	RUIDO DE TRABAJO (dBA)		RUIDO DE FONDO (dBA)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
ORIGINAL	69,9	49,8	69,5	37,7
ALTERNO 1	70,7	50,6		
ALTERNO 2	70,7	54,2		

El amortiguador Original es el más silencioso mientras que el amortiguador Alterno 2 es más ruidoso.

- **CUADRO COMPARATIVO DE CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Tabla 20

Tabla comparativa de funcionamiento de las muestras de amortiguadores después de las pruebas de ensayo.

CONDICIONES	AMORTIGUADOR ORIGINAL	AMORTIGUADOR ALTERNO 1	AMORTIGUADOR ALTERNO 2
Temperatura de realización de pruebas	20±3°C	20±3°C	20±3°C
Bajas Velocidades	Buen desempeño y buena apariencia de las curvas.	Buen desempeño y buena apariencia de las curvas.	Presencia de Cavitación en la segunda mitad de la carrera de extensión, cercana a la velocidad cero.
Altas Velocidades	Mayor capacidad de fuerzas y mejor desempeño	Pérdida de fuerza en la segunda mitad de la carrera de compresión	Mejor desempeño. Se elimina el fenómeno de la cavitación en velocidades mayores a 100mm/s.
Presencia Cargas Laterales	Presencia de vibraciones en el cuerpo del puntal y fuerzas mayores en compresión que en extensión.	Mayor sensibilidad generando bruscos en el inicio de la carrera de compresión, mayores esfuerzos en	Mayor sensibilidad generando bruscos en el inicio de la carrera de compresión, mayores esfuerzos en

CONTINÚA



		compresión que en extensión y presencia de vibraciones.	compresión que en extensión, presencia de vibraciones y cavitación en la segunda mitad de la carrera de extensión cerca a la velocidad cero.
Ruido de trabajo	Menor ruido de trabajo que alternos	Mayor ruido de trabajo al original	Mayor ruido de trabajo al original
Calentamiento del amortiguador	Apenas se calientan y mantienen su comportamiento.	Aumentan su temperatura y disipación rápida de calor.	Aumentan progresivamente y disipación lenta de calor.

CAPÍTULO IV

4. MARCO ADMINISTRATIVO

4.1. Recursos

4.1.1. Recursos humanos

El recurso humano permitirá la realización de este proyecto de investigación dado que lo conforman personas que asesorarán con sus conocimientos en las diferentes etapas del desarrollo del mismo.

Tabla 21

Recursos Humanos.

Gabriela Mayorga	Investigación y elaboración del proyecto
Ing. Henry Iza	Tutoría y asesoría general
Ing. Fernando Tibán	Analista Técnico de Ensayos e Inspecciones y Tutoría directa de Soft-Engine Shock, banco de prueba y software, manejo de dinamómetro y sonómetro.
Ing. Esteban López	Asesoría de sistemas de suspensión y caracterización de amortiguadores.
Sr. Paúl Lara	Financista del Proyecto
CFPMC (CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO)	Laboratorio de realización de las pruebas de caracterización de amortiguadores.

4.1.2. Recursos tecnológicos.

Dentro de los recursos tecnológicos utilizados en el proyecto de investigación están una computadora para el desarrollo de éste y el software del banco de pruebas para la configuración de los parámetros de entrada para los ensayos de caracterización de amortiguadores.

Estos recursos tecnológicos nos permiten cumplir con los objetivos propuestos y obtener resultados consistentes.

Tabla 22

Recursos Tecnológicos.

HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS	
Solid Works	Modelado 3D/Simulación versión estudiantil
Software Dyno-Shock 3.0	Software de adquisición gráfica y de datos
Computadora	Tabulaciones y desarrollo del proyecto

4.1.3. Recursos materiales

Los recursos materiales se refieren a todo el equipamiento físico utilizado para el desarrollo del proyecto de investigación.

A continuación se describe los materiales utilizados:

- Herramientas manuales (montaje de los amortiguadores en el banco de pruebas)
- Banco de pruebas Soft Engine Shock 3.0 (Pruebas de ensayos)
- USB Tipo A
- Computadora
- Muestras de amortiguadores (3 muestras)
- Utillaje Superior e Inferior
- Correas de sujeción (Prueba de Resistencia al Deslizamiento)
- Dinamómetro
- Sonómetro
- Norma JASO C611-93

4.2. Presupuesto

En la siguiente tabla se detalla los egresos del proyecto de investigación.

Tabla 23

Egresos del proyecto de investigación.

ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN		Unidades	Costo Unitario	Costo Total
Amortiguadores		3	80	160
		1	275	275
Utillaje		2	40	80
Subtotal				515
PRUEBAS REALIZADAS		N° de Pruebas	Costo Unitario	Costo Total
Ensayo	muestras	21	---	1160
amortiguadores en el banco				
Subtotal				1160
Hojas de Impresión (Resma)		1	6,00	6,00
Tinta para impresora		1	10,00	10,00
Memory Flash		1	16,00	16,00
Movilización		1	20,00	20,00
Subtotal				52
Total				1727

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se utilizó el banco de Pruebas de amortiguadores Soft-Engine Shock para las pruebas de ensayo y para el procedimiento técnico y las condiciones a emplearse se aplicó la norma JASO C611-93.
- La forma y dimensiones del cuerpo del puntal de los amortiguadores Original, Alterno 1 y Alterno 2 cumplen con la Tabla 1 de la norma JASO C611-93 que se encuentra en el anexo 1 y tienen la designación de ST 22-32-54; M14x1,5, ST 20-28-50.8; M14x1,5 y ST 22-32-50.8; M14x1,5 respectivamente.
- Se realizó pruebas no destructivas para la evaluación de conformidad, estas pruebas son: Prueba de la fuerza característica de amortiguación, Prueba de Resistencia al deslizamiento y Prueba de ruido de trabajo. Las condiciones de realización de las pruebas de acuerdo a la norma JASO C611-93 fueron a una temperatura ambiente (no controlada) de $20\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Los parámetros de programación del software a las que se realizó las pruebas fueron a: velocidades del pistón de 50, 100, 300, 600 y 1000 mm/s, una amplitud de deslizamiento (excursión) de 50mm y la posición de inicio de las pruebas en el centro del golpe del cuerpo del puntal de cada una de las muestra de amortiguadores.
- Con respecto a la fuerza de amortiguación de las muestras de amortiguadores a una velocidad de 300 mm/s cumplen con los rangos de fuerza en extensión y compresión de acuerdo a las tablas 2 y 3 de la norma encontrada en el anexo 1. Sin embargo, el amortiguador Original muestra un desempeño de trabajo constante en todas las velocidades, dado que el amortiguador

alterno 2 a una velocidad de 50 mm /s presenta fenómeno de cavitación en la carrera de extensión cerca de la velocidad cero y el amortiguador alterno 1 a una velocidad de 1000mm/s presenta pérdida de fuerza en la segunda mitad de la carrera de compresión.

- En la prueba de resistencia al deslizamiento realizada a 18 mm/s el amortiguador original y alternos presentan vibraciones en la carrera de compresión y extensión. El amortiguador original demuestra un mejor desempeño dado que los amortiguadores alternos adicional a la presencia de vibraciones presentan mayor sensibilidad a cargas laterales en el inicio de las carrera de compresión, a mayor carga lateral aplicada mayor resistencia al deslizamiento, con una carga lateral de 200 N el pico de fuerza en el amortiguador alterno 1 llega a aproximadamente 180N y del amortiguador alterno 2 es mayor sobrepasando los 200N.
- De acuerdo al ruido de trabajo realizada a 300mm/s se tiene que los valores máximo (69.9 dBA) y mínimo (49.8 dBA) del amortiguador original son menores a los de los amortiguadores alternos, siendo el amortiguador alterno 2 más ruidoso con valores máximo (70.7 dBA) y mínimo (54.2 dBA) respecto al ruido de Fondo (ruido producido por el banco de pruebas en funcionamiento sin amortiguador) con valores máximo (69.5 dBA) y mínimo (37.7 dBA).

5.2. Recomendaciones

- Se debe realizar un utillaje que permita un correcto ajuste de los amortiguadores tanto en la parte superior como inferior para eliminar vibraciones de éstos durante el ensayo en el banco de pruebas, ya que esto puede ocasionar alteraciones en las curvas de caracterización.
- Para la obtención de datos y curvas validadas se debe realizar las pruebas de ensayo con un procedimiento normalizado. Además, verificar que el banco de pruebas éste calibrado y recibido un mantenimiento previo.
- Dar un uso correcto de los amortiguadores de acuerdo a las prestaciones especificadas dado que éstos cumplirán el desempeño deseado en las condiciones a las que fueron diseñados y que dependerán del tipo de terreno y manejo del conductor.
- Con este proyecto de investigación se propone realizar un futuro estudio que permita conocer el confort que pueden brindar los amortiguadores a los pasajeros una vez colocados en los vehículos mediante un análisis de vibraciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez, M. (2016). Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo. Universidad Politécnica de Terrasa, Máquinas y Motores Térmicos.
- Calvo, J. S. (2005). Establishing inspection criteria to verify the dynamic behavior of the vehicle suspension system . MADRID.
- Calvo, J. S.-P. (2008). Influence of the shock absorber wearing on vehicle brake performance. International Journal of Automotive Technology.
- CINAE. (2017). Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana 2017. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2, 9.
- Engine-Soft. (2015). Manual de Empleo Dinoshock 11. Italia: FALCONARA M.
- Fernández, D. M. (02 de 2011). Simulación de una suspensión Mac Pherson entorno VLRM.
- Floren. (2005). Manual de Camiones y Vehiculos Pesados. Madrid, España: Pans.
- Gabriel S. A. (1963). Amortiguadores y Struts. Recuperado el 21 de 11 de 2018 de [http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica/Paginas/Elementosdel amortiguador.aspx](http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica/Paginas/Elementosdel%20amortiguador.aspx)
- Jhony, M. P. (2014). Diseño y Construcción de un Banco Didáctico para Amortiguadores con Programación En Labview. RIOBAMBA: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Lecumberry, M. S. (Septiembre de 2005). El proceso de medición: Análisis y Comunicación de datos experimentales. Río Cuarto , Argentina.
- León, R. R. (1981). Vibraciones Mecánicas. LIMUSA.
- Manuel, G. G. (ENERO 2012). Diseño y construcción del sistema de suspensión para un vehículo tipo formula student. LATACUNGA, COTOPAXI, ECUADOR.
- Miliken, W. F. (SAE 1995). Race car vehicle dynamics.
- Molina, B. A. (11 de 03 de 2011). Slide Share. Obtenido de <http://es.slideshare.net/antoniomolina282/teora-de-vibraciones>
- Murillo, A. F. (ENERO de 2009). Diseño y Construcción de un Banco Banco de Pruebas para Amortiguadores. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Quintial, J. C. (2005). Diseño y construcción de un prototipo de amortiguadores para un vehículo Formula SAE. SARTENEJAS.
- Rakheja., B. W. (1996). An analitical and experimental investigation of friction and gas spring characteristics of racing car suspension dampers.
- (1993). Suspension Struts for Automobiles. Japan Automotive Standards Organization.
- Tixi Gusqui, D. J., & Torres Ramos, A. D. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas para amortiguadores de vehículos. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Yasbeck, J. (14 de 11 de 2017). Automagazine. Recuperado el 15 de 08 de 2018, de <http://automagazine.ec/cumplida-la-segunda-etapa-de-la-vuelta-a-la-republica/>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la señora MAYORGA SANTANA MARÍA GABRIELA.

En la ciudad de Latacunga a los 5 del mes de febrero de 2019.

Aprobado por



Ing. Henry Iza Tobar
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



Ab. Darwin Albán
SECRETARIO ACADÉMICO