FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO

ANÁLISIS DE DURABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES DE FÁBRICA Y ALTERNOS PARA USO DE CARRETERA

Autor:

Ing. Edison Caisaguano

Quito, Agosto 2019









ANÁLISIS DE DURABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE AMORTIGUADORES DE FÁBRICA Y ALTERNOS PARA USO DE CARRETERA

laboratorio

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Objetivo general:

El propósito de este estudio es evaluar el comportamiento dinámico de amortiguadores de fábrica y alternos mediante ensayos de caracterización y durabilidad a través de los diagramas característicos de comportamiento para sugerirse el procedimiento de evaluación de conformidad bajo la norma JSAE JASOC611 para el CFPCMT en el Ecuador.



Aplicar el método de caracterización dinámica experimental JASO C611 a través de ensayos de laboratorio en el CFPCMT para obtenerse diagramas característicos del comportamiento del amortiguador en sus condiciones de servicio.

Analizar la caracterización del comportamiento dinámico entre las tres diferentes marcas de amortiguadores de fábrica y alternos para evaluarse su conformidad a través de la norma JSAE JASO C611.

Analizar la durabilidad de los amortiguadores de fábrica y alternos para evaluarse la comparación de prestaciones, bajo indicios de fuga de fluido hidráulico en el vástago en uno de los amortiguadores.

INTRODUCCIÓN

2017 En el se vendieron 105.101 vehículos.

Estas cinco marcas juntas concentran el 71,4% del mercado automotor.

MARCAS	PARTICIPACION	VENTA D	DE VEHÍCULOS PO	R SEGMENTO 2017	' (unidades)
Chevrolet	34.8 %				
Kia	16.8 %				
Hyundai	8.5 %	Ŭ Ŭ	0 0		-0
Great Wall	6.4 %	AUTOMÓVIL	SUV	CAMIONETA	PESAD
Suzuki	4.9 %	45.732	33.532	18.050	7.787

La producción de vehículos en el Ecuador para el año 2017 fue de 43.239 unidades que captaron el 38,9% del total del mercado



Empresa	unidades	Marca
AYMESA	6389	KIA
OMNIBUS BB (GM-OBB)	31.846	Chevrolet y Suzuki
CIAUTO	4020	Great Wall y Zotye
FISUM	900	Volkswagen
ARMACAR	84	Jac

Fuente: Registros de Ventas SRI / Elaboración: CINAE

PESADO

7.787

CINAE Chevrolet AVEO emotion family, SAIL LT 18815 U CINAE (2018)

Chevrolet AVEO emotion family, SAIL LT 31296 u SRI, (2017)

AMORTIGUADORES

AVEO SAIL

ACDelco. MANDO amortipartes ∾ Ecuador México • Importado Nacional • Ecuador • China. • Bitubo • Bitubo • Strut • Strut • Amortiguador gas • Amortiguador gas • Fabrica (Nacional) • Alterno 1

Coreana

6

- Importado
- Corea del Sur
- Bitubo
- Strut
- Amortiguador
- Alterno 2

Estudios relacionados

Alonso Báez, M. (2007). Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo. TDX (Tesis Doctorals En Xarxa). Retrieved from https://www.tesise nred.net/handle/1 0803/6687

Łuczko, J., & Ferdek, U. (2019). Non-linear analysis of a quarter-car model with strokedependent twintube shock absorber. Mechanical Systems and Signal Processing. https://doi.org/10. 1016/j.ymssp.2018 .06.008

Alonso, M., & Comas, Á. (2006). Modelling a twin tube cavitating shock absorber. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. https://doi.org/10.1 243/09544070D231 04

Lozoya-Santos, J. de-J., Hernández-Alcantara, D., Morales-Menendez, R., & Ramírez-Mendoza, R.A. (2015). Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas Característicos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, 12(3), 282-291. https://doi.org/10.1 016/j.riai.2015.05.0

01

Método



Método Experimental





Materiales Utilizados:

- G control
- Ac delco
- MANDO









		L máx.	Lmin
		(mm)	(mm)
Nacional	Probeta 1	550.2	350.2
	Probeta 2	550.7	350.7
Alterrat	Probeta 1	551.22	351.22
Alternor	Probeta 2	551.09	351.09
Alternee	Probeta1	551.95	351.95
Alterno2	Probeta 2	552	352



DESARROLLO DEL PLAN EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZACION

	Condiciones	Valores	11111111	Оре	
1	Temperatura en la sala de ensayo	Temperatura ordinaria	Detector de carga	ración o	Descripción
2	temperatura del elemento de prueba al inicio del ensayo	20±3 ° C		Pasos	Monte el extremo
3	La amplitud de excitación (a)	este valor numérico se determinará mediante la consulta entre las partes	Probeta	1	superior del elemento de prueba a la temperatura especificada en el equipo de prueba
		remitentes y receptoras	Vibrado	2	Montar la parte inferior
			Onda sinusoidal Medidor de desplazamiento	3	Dibujar la línea de referencia
4	Velocidad de excitación (v)	0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, and 1.0 m/s. $v = \frac{\pi \ an}{6} \ x 10^{-4} (\frac{m}{s})$ Donde, n: número de revoluciones (r/min)	Herza de amortiguamiento (N) Herza	4	Excite en la condición de prueba, y mida y registre continuamente la fuerza de amortiguación a la velocidad descrita
5	Posición de excitación	Aproximadamente el centro de la carrera del	sốn (V)		después de varias veces de operación
		amortiguador	anortiquamie anortiquamie a o Externation 1.0		Procedimiento
6	Dirección de excitación	Erigida verticalmente	Velocidad del pistón (m/s)		JSAE JASO

CRITERIO DE CONFORMIDAD



DESARROLLO DEL PLAN EXPERIMENTAL PARA DURABILIDAD

	Condiciones	Valores	Pasos	Descripción
1	Temperatura en la sala de ensayo	Temperatura ordinaria	1	Medir y registrar el elemento de prueba, utilizando el mismo método empleado en la
2	Temperatura del elemento de prueba	Tendrá un valor de 70±10 °C, esta temperatura del elemento de ensayo será medida en la superficie exterior de la carcasa expuesta al aceite bidráulico en todo momento	2	determinación del comportamiento dinámico del procedimiento anterior. Ajustar la parte superior del elemento de prueba sobre el equipo. Aiustar la parte inferior
		Sera determinado previa consulta entre las partes que entrega el ensavo	4	Aplicar una carga lateral constante al vástago guía del elemento de prueba
3	Amplitud de excitación total	y el ejecutor del mismo, para efectos de este ensayo se estableció una carrera de 50 mm.	5	Ajustar el dispositivo de enfriamiento para que la temperatura del elemento de prueba caiga en el rango de temperatura especificada por las
4	Velocidad de excitación (velocidad del pistón)	De 0.5m/s, and 1.0 m/s. para este estudio se eligió 0.75m/s		condiciones de excitación del ensayo. Ensayar continuamente el elemento de prueba
5	Posición de excitación	Aproximadamente el centro del recorrido del cuerpo del strut	6	hasta el numero especificado de ciclos una vez que la temperatura del elemento de prueba caiga
6	Carga Lateral	Deberá ser determinada por consulta entre las partes que entregan y reciben el ensayo, en nuestro caso se uso una carga de 400N	7	en el rango de la temperatura especificada. Observar fuga de aceite desde el elemento de prueba o alguna anormalidad en la parte de ajuste durante el ensayo.
7	Dirección de excitación	Bajo la condición de ser erigida verticalmente		Medir y registrar la fuerza de amortiguamiento del elemento de prueba después del ensayo por
8	Numero de ciclos	Sera determinada por consulta entre las partes que entregan y reciben el ensayo, en nuestro caso se	8	el método empleado en la determinación del comportamiento dinámico del procedimiento anterior.
9	Método de enfriamiento	determinó 1500 ciclos Enfriamiento forzado	9	Comprobar el estado de desgaste de la parte funcional desmontando y examinando el elemento de prueba después del ensavo

RESULTADOSY DISCUSIONES



RESULTADOS DE AMORTIGUADOR NACIONAL PROBETA 1



RESULTADOS AMORTIGUADOR NACIONAL PROBETA 2



RESULTADOS DE AMORTIGUADOR ALTERNO 1 PROBETA 1



17

RESULTADOS DE AMORTIGUADOR ALTERNO 1 PROBETA 2



(n) Diagrama F-V a 1m/s

(o) Diagrama F-VA a 1m/s

(m) Diagrama F-D a 1m/s





(a) Diagrama FD velocidad variable

(b) Diagrama FV velocidad variable



(c) Diagrama FV velocidad variable



RESULTADOS DE AMORTIGUADOR ALTERNO 2 PROBETA 1



1050

RESULTADO DE AMORTIGUADOR ALTERNO 2 PROBETA 2



Resultados de Validación de datos de amortiguadores

Amentinunden	Ciele	Probeta 1	Probeta 2	Valor Medio	Error
Amortiguador	Cicio	(N)	(N)	(N)	%
Alterno 1	extensión	945.94	902.04	923.99	4.75
	compresión	482.95	534.84	508.895	10.20
Alterno 2	extensión	754.36	698.48	726.42	7.69
	compresión	319.31	331.28	325.295	3.68
	extensión	1013.79	997.83	1005.81	1.59
Nacional	compresión	530.84	530.84	530.84	0.00
		MARI	m ⁺	G-cont	rol

Resultados de comparación de la valuación de conformidad entre amortiguadores



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



Fuerza máxima en extensión

Alterno 1 Alterno 2 Nacional …… Lineal (Nacional)

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



 Tabla 9. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1, alterno 2 y nacional (compresión), velocidad del pistón de 0.3m/s



Tabla 8. Rango de fuerza de amortiguamiento alterno 1, alterno2 y nacional (extensión), velocidad del pistón de 0.3m/s



RESULTADOS DE AMORTIGUADOR NACIONAL SOMETIDO A DURABILIDAD

G-control

Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador(°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Tempe ratura Media na (°C)
	50	0.32	20.00	50.30	251.45	191.58	56.38	55.26	22.30
	100	0.64		50.30	311.32	415.09	99.14	104.92	22.40
EAA 02-2.V	300	1.91		50.30	530.84	921.99	303.05	294.94	22.50
	600	3.82		50.30	802.25	1281.21	598.38	598.00	22.50
	1000	6.37		50.30	1173.45	1879.91	994.51	1002.84	22.50



RESULTADOS DE AMORTIGUADOR ALTERNO 1 DESPUÉS DE LA PRUEBA DE DURABILIDAD



Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador (°C)	Excursión (mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Tempe ratura Media na (ºC)
EAA 02-2.V	50	0.32	20.00	50.15	131.71	175.62	50.69	49.81	20.60
	100	0.64		50.15	179.61	622.64	99.81	104.18	20.70
	300	1.91		50.15	466.98	882.08	303.36	295.43	20.80
	600	3.82		50.15	754.36	1205.38	602.54	601.27	20.80
	1000	6.37		50.15	1117.57	1748.20	996.05	1001.91	21.10



(a) Diagrama F-D

(b) Diagrama F-V

(c) Diagrama F-VA

RESULTADOS DE AMORTIGUADOR ALTERNO 2 DESPUÉS DE LA PRUEBA DE DURABILIDAD



Nº de prueba	Velocidad nominal de ensayo (mm/s)	Frecuencia nominal de ensayo (Hz)	Temperatura inicial del Amortiguador (ºC)	Excursión mm)	Fuerza máxima de Compresión (N)	Fuerza máxima de Extensión (N)	Velocidad máxima de Compresión (mm/s)	Velocidad máxima de Extensión (mm/s)	Temp eratur a Media na (°C)
EAA 02-1.D.V.AF.1	50	0.32		50.15	179.61	159.65	50.55	55.11	19.70
	100	0.64		50.15	215.53	403.12	101.05	104.46	19.70
	300	1.91	19	50.15	335.27	702.47	300.04	297.06	19.70
	600	3.82		50.15	526.85	1009.80	599.57	601.83	19.70
	1000	6.37		50.15	758.35	1461.81	995.91	1004.61	19.80



(a) Diagrama F-D

(b) Diagrama F-VA



CONCLUSIONES

- En este estudio se evaluaron la durabilidad y caracterización de las prestaciones de amortiguadores de fábrica y alternos a través del banco de pruebas que describen los diagramas característicos del comportamiento fuerza-desplazamiento y fuerzavelocidad.
- Se comprobó que procedimiento de la norma JSAE JASOC611 puede ser adoptado en el Ecuador para usarse en la validación de marcas, con la evaluación de la conformidad en el CFPCMT
- Se caracterizó experimentalmente el comportamiento dinámico de un amortiguador, realizado mediante el empleo de variables de entrada no destructivos sujetos a la Norma JSAE JASO C611 como son la velocidad de excitación y un valor de carrera para este análisis de 50mm en sus condiciones de servicio, lo cual permitieron obtener diagramas característicos que describen las prestaciones de estas autopartes.
- Se constató la conformidad de los amortiguadores, el amortiguador alterno 1, alterno 2 y nacional en el ciclo de 0.3m/s, en extensión con fuerzas de 923.99N, 726.42N y1005.81N respectivamente y en el ciclo de compresión el amortiguador alterno 1 con 508.89N, el amortiguador alterno 2 con 325.29N y componente nacional con 530.84N.

Se confirma la diferencia en la fuerza de amortiguación, estos elementos a pesar de ser diseñados para realizar la misma función y uso en el Chevrolet Aveo y Sail, difieren en su respuesta en los diagramas y valores de fuerza de amortiguación obtenidos.

CONCLUSIONES

- Se encontró que los amortiguadores alterno 1 y nacional alcanzan mejores respuestas graficas en los diagramas característicos y sin presencia de cavitación, estas trayectorias más suaves son beneficiosas para la suspensión, a su vez las fuerzas del amortiguador alterno 2 son menores cuyo efecto inherente a esta característica trae como consecuencia mayor confort al conducir, además en cuanto al amortiguador nacional que desarrollo mayores fuerzas de amortiguación entre las marcas hace que este elemento brinde mayor estabilidad al conductor, esta característica favorece una buena tracción y mejor prestaciones evitando obstáculos en carretera.
- Se analizó la durabilidad de las distintas marcas de amortiguadores sometidas a 1500 ciclos de prueba y una velocidad de 750mm/s donde se evidenció la presencia de fuga de aceite en el repuesto automotriz alterno 2 que modifico los diagramas FD con características de asimetría (diferentes valore de fuerzas en el ciclo de compresión y extensión), varió la histéresis que corresponde al área central de las curvas en FV, el aumento se verifico en el incremento de esta región en el diagrama.
- Se encontró que la indicación prefijada de falla en el ensayo de durabilidad concerniente a la presencia de fuga de aceite alcanzada en el amortiguador alterno 2, hace que disminuya la fuerza a 297.06 N y que se encuentra en el límite inferior del rango aceptado por la norma Jaso C611, también con una mejor resistencia se encuentra el amortiguador nacional pero las prestaciones del amortiguador alterno 1 son superiores, holísticamente en función de estas características se destaca que el amortiguador nacional mantiene linealidad y baja histéresis, y se coloca al amortiguador alterno 1 como un elemento que conjuga la suavidad y dureza promedio deseable entre las tres diferentes marcas.

REFERENCIAS

- Alonso Báez, M. (2007). Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo. TDX (Tesis Doctorals En Xarxa). Retrieved from https://www.tesisenred.net/handle/10803/6687
- Alonso, M., & Comas, Á. (2006). Modelling a twin tube cavitating shock absorber. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. https://doi.org/10.1243/09544070D23104
- Camara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2017). Anuario de la Industria Automotriz Ecuatoriana. Quito: CINAE.
- Amornsawaddirak, T., Lapapong, S., Songschon, S., & Okuma, M. (2014). Physical Characteristics of Twin-Tube Shock Absorber. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 7(1), 2014-01-2001. <u>https://doi.org/10.4271/2014-01-2001</u>
- Lozoya-Santos, J. de-J., Hernández-Alcantara, D., Morales-Menendez, R., & Ramírez-Mendoza, R. A. (2015). Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas Característicos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 12(3), 282–291. <u>https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.001</u>
- Reybrouck, K. (1994). A Non Linear Parametric Model of an Automotive Shock Absorber. *SAE Transactions*. SAE International. https://doi.org/10.2307/44611831
- Rhoades, K. S. (2006). Development and experimental verification of a parametric model of an automotive damper. Retrieved from <u>https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/4156</u>
- Sorniotti, A., D'Alfio, N., & Morgando, A. (2007). Shock Absorber Modeling and Experimental Testing. https://doi.org/10.4271/2007-01-0855
- Turini, J. R., & Fioretti, R. (1994). Influence of the Work Temperature of the Shock Absorber on Their Performance. https://doi.org/10.4271/942385