

ANÁLISIS DE LAS OSCILACIONES EN UN SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN.***ANALYSIS OF OSCILLATIONS IN AN AMORTIGATION SYSTEM.***

Reyes Campaña Gorky Guillermo¹, Granja Paredes Miguel Estuardo², Buendía da Silva Juan Leonardo³, Niño Garcés Daniel Ricardo⁴,
Baño Chango Jaime Homero⁵

¹Universidad Internacional del Ecuador – Facultad de Ingeniería Automotriz
Av. Simón Bolívar Km 2 y Av. Jorge Fernández

¹gureyesca@uide.edu.ec, ²mgranja@uide.edu.ec, ³jubuendiada@uide.edu.ec, ⁴daninoga@uie.edu.ec, ⁵jabañocho@uide.edu.ec

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, VII Edición 2018, No. 4 (14)

RESUMEN

El presente investigación demuestra y explica las diferencias existentes entre los diferentes tipos de amortiguadores mediante un banco de pruebas que permite visualizar las oscilaciones y frecuencia de dichos elementos. El sistema de suspensión de un vehículo turismo comprende una parte primordial en el correcto funcionamiento del mismo, tanto en prestaciones de confort así como de estabilidad y seguridad, reduciendo de manera eficiente el impacto de las irregularidades de la calzada, y al mismo tiempo manteniendo los neumáticos contra el suelo sin importar las deformaciones en este. La absorción del impacto por medio del amortiguador, genera una oscilación constante, y por lo tanto una frecuencia con amplitud y longitud de onda específicos; por lo que se puede determinar la eficiencia de los distintos tipos de amortiguadores mediante la comparación de dichas ondas.

Palabras clave:

Amortiguador, frecuencia, oscilación, amplitud, longitud de onda.

ABSTRACT

The research present demonstrates and explains the differences between the different types of dampers by means of a test bench that allows to visualize the oscillations and frequency of said elements. The suspension system of a touring vehicle comprises a fundamental part in the correct operation of the same, both in comfort features as well as stability and safety, efficiently reducing the impact of road irregularities, and at the same time maintaining the tires against the ground regardless of the deformations in this. The absorption of the impact by means of the shock absorber generates a constant oscillation, and therefore a frequency with specific amplitude and wavelength; so that the efficiency of the different types of dampers can be determined by comparing said waves.

Keywords:

Shock absorber, frequency, oscillation, amplitude, wavelength.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de suspensión de un vehículo turismo comprende una parte primordial en el correcto funcionamiento del mismo, tanto en prestaciones de confort, así como de estabilidad y seguridad, reduciendo de manera eficiente el impacto de las irregularidades de la calzada, y al mismo tiempo manteniendo los neumáticos contra el suelo sin importar las deformaciones en este. La absorción del impacto por medio del amortiguador, genera una oscilación constante, y por lo tanto una frecuencia con amplitud y longitud de onda específicos; por lo que se puede determinar la eficiencia de los distintos tipos de amortiguadores mediante la comparación de dichas ondas.

En el mercado automotriz ecuatoriano se ofrecen dos tipos de amortiguadores; hidráulicos y de gas comprimido[1], cada uno presenta una sensación de manejo distinta al otro debido a su composición interna, en un amortiguador hidráulico el fluido se almacena en cámaras y pasa por orificios calibrados lo que permite la absorción del golpe o impacto son de bajo costo pero prestan baja eficiencia en trabajo continuo debido al aumento de la temperatura lo que afecta al fluido, por otro lado el amortiguador de gas comprimido funciona bajo un principio bastante similar con fluido[2] en su interior a diferencia que este contiene gas nitrógeno cargado a alta presión en una cámara lo que permite una variación de volumen[4] más eficaz en el amortiguador la sensación es más estable y rígida debido al nitrógeno que se encuentra en su cámara interna[3].

En Ecuador el vehículo más vendido es Chevrolet Aveo, [5] el cual tiene amortiguadores hidráulicos instalados por el fabricante, pero su cambio es anticipado debido a la mala condición de la calzada, la irregularidad de las vías que tiene el país en la mayoría de las ciudades y el uso constante que se les da a estos vehículos el amortiguador hidráulico [6] no dura lo que recomienda el fabricante. Como opciones de repuesto se encuentran amortiguadores de distintos precios y calidades, por eso es importante conocer qué tipo de amortiguador es eficaz en durabilidad, estabilidad y disipación rápida de ondas [7].

En este artículo se realizaron pruebas de oscilación en tres tipos de amortiguadores; hidráulico, a gas, y regulable en un mismo vehículo para comprobar y comparar los tres factores anteriormente mencionados basándonos en las ondas que se obtengan de cada tipo

de amortiguador.

2. AMORTIGUADOR

El amortiguador es un componente mecánico cuya función es absorber y neutralizar las oscilaciones generadas por las desigualdades del terreno en las masas suspendidas producto del elemento elástico. [8]

El elemento elástico como se observa en la figura 1 es aquel que sostiene el peso del vehículo sobre él, con el fin de absorber la energía que se produce por el movimiento vertical de las ruedas, para de esta forma regresarlas a su posición original; esto permite que la huella del neumático permanezca siempre sobre la calzada. [9]

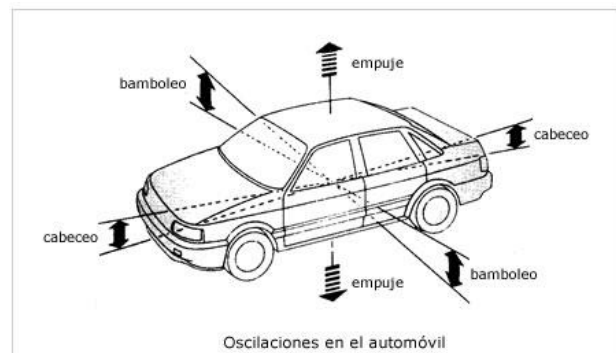


Figura 1: Elemento elástico [9]

Las masas suspendidas se componen de elementos soportados por el elemento elástico, como los compactos o chasis, carrocería, tren de potencia y transmisión, pasajeros como se observa en la figura 2. [10]

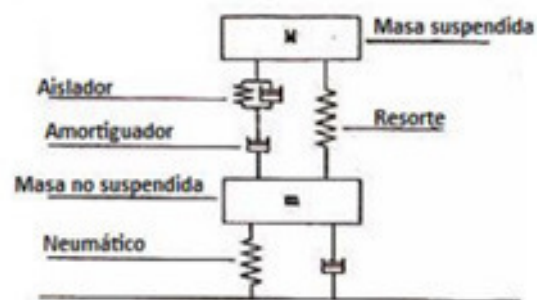


Figura 2. componentes de un amortiguador [10]

2.1 Oscilaciones

Debido al paso del vehículo por el terreno irregular se genera una oscilación en las masas suspendidas, puesto que estas reposan sobre un elemento elástico. Estas oscilaciones, que varían en su frecuencia y amplitud de acuerdo a la velocidad del vehículo y la

calzada por donde circula, afectan directamente al confort, sensación de conducción y estabilidad. [8]
De acuerdo a análisis realizados a este fenómeno físico se determinó que las frecuencias bajas, entre 20 y 150 HZ son las más dañinas para el ser humano ya que éstas están próximas a las de los órganos internos del ser humano [11]; frecuencias mayores y menores son más tolerables, pero no por eso dejan de ser incómodas.

La oscilación o el movimiento oscilatorio es aquel donde un cuerpo se mueve de un lugar hacia otro repetitivamente con respecto a un punto de equilibrio [12]. El movimiento oscilatorio de un cuerpo o señal genera una gráfica sinusoidal [13] donde un ciclo equivale a un movimiento de vaivén, la amplitud es la distancia del punto de equilibrio a un extremo del movimiento, el periodo es la duración de un ciclo, y la frecuencia es la cantidad de ciclos en una unidad determinada de tiempo [14] como se observa en la figura 3.

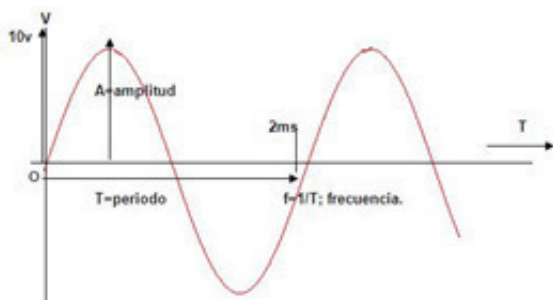


Figura 3. Onda sinusoidal y sus partes [14]

Sin embargo, no todas las oscilaciones son iguales, existen dos principales tipos que son: oscilación libre y oscilación amortiguada.

La oscilación libre, explicada en la figura 5, es aquella cuyo sistema recibe una fuerza y oscila libremente hasta que se detiene por la amortiguación del propio elemento. [15]

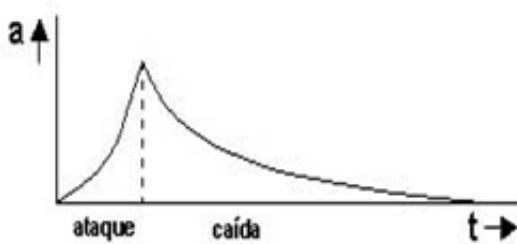


Figura 4. Gráfica de una oscilación libre [15]

En la figura 5, se observa la gráfica de una oscilación amortiguada, que es producto de fuerzas de

fricción debido al choque de partículas internas y al desprendimiento de calor, o con ayuda de un elemento externo que impida que la oscilación continúe. Este es el tipo de oscilación generada en las masas suspendidas de los vehículos. [8]

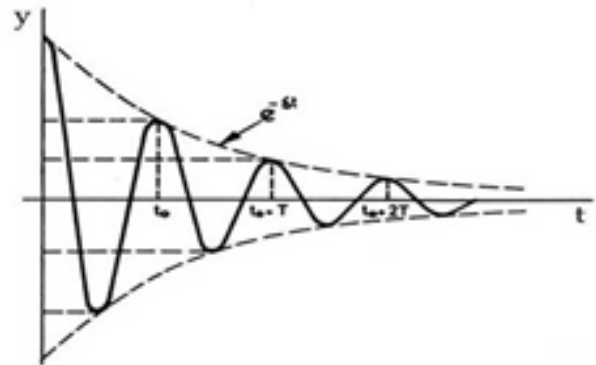


Figura 5. Gráfica de oscilación amortiguada [8]

Las oscilaciones en el vehículo son controladas por el elemento amortiguador, ya que si no fuera así, estas harían que la huella del neumático pierda contacto con el suelo y provocar un accidente. Es por este motivo que los amortiguadores son un elemento fundamental en el correcto comportamiento del vehículo y es importante que se elijan repuestos de buena calidad que satisfagan las necesidades y exigencias tanto del vehículo como su peso, tamaño, entre otros, así como de los terrenos accidentados de la ciudad.

3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1 Metodología

El presente proyecto demostró las diferencias existentes entre los diferentes tipos de amortiguadores colocando el vehículo sobre un banco de pruebas en el que se generan vibraciones simulando de esta manera las irregularidades en el terreno.

Para el estudio se realizó una comparación de las diferentes gráficas y frecuencias producidas por las oscilaciones generadas en los elementos suspendidos del vehículo, equipado con los diferentes tipos de amortiguador que se consiguen en el mercado local en un banco de pruebas que permite controlar las diferentes variables en el proceso de generación y análisis de datos para obtener la misma situación y ambiente para los diferentes objetos de estudio con el fin de conocer cuál de éstos es el más eficiente al momento de absorber las oscilaciones generadas, y por lo tanto cual genera mayor seguridad, confort,

estabilidad y mejor sensación de manejo en las mismas condiciones de funcionamiento.

No se considera una normativa actualmente regulada para regir una suspensión en óptimas condiciones pero se puede conocer el estado de una suspensión mediante un promedio de oscilaciones que se mantenga en un periodo de tiempo si la eficiencia de la mismas supera un 70 % la suspensión en prueba está en buenas condiciones, si existe variaciones en adherencia al suelo o en la absorción de irregularidades en un tiempo diferente su estado no es el óptimo, además es una característica para la clasificación de la misma

3.2. Vehículo

El vehículo escogido para la prueba en los amortiguadores es un Honda Civic Coupe Modelo 1994, este vehículo cuenta con un sistema de suspensión “Doble Wishbone” anteriormente explicado que le permitirá al vehículo tener mayor confort y mejor desempeño de la suspensión, aunque es un sistema complejo y con mayores componentes de desgaste.

El vehículo tiene un peso total al vacío de 1060kg, siendo así bastante ligero lo que beneficiara al estudio. El Civic Coupe trae incorporado en su sistema originalmente amortiguadores hidráulicos.

3.3. Amortiguadores

Los amortiguadores a utilizar son marca Gabriel que tienen un costo aproximado de \$95 el par delantero, siendo una marca conocida en el mercado que ofrece una garantía de un año en sus productos

Para los amortiguadores de gas comprimido se seleccionó una de las marcas especializadas en este tipo de amortiguadores como la es Monroe con un costo aproximado de \$170.

Para el presente estudio se utilizó amortiguadores regulables de la marca D2, reconocido fabricante de partes aftermarket de carreras, hay que tomar en cuenta que la única forma de adquirirlos es en un Set completo de coilovers por lo general son más utilizados para carreras porque brindan distintos tipos de dureza, aunque la marca específica que también son para uso cotidiano en la ciudad, ofreciendo 1 año de garantía.

3.4. Equipo de medición

Línea completa de inspección de frenos y suspensión, SDL 43xx es un equipo que está basado bajo el principio de funcionamiento EUSAMA compuesto por un motor eléctrico de 2.5 kW que por medio de un eje excéntrico mueve un brazo o biela que genera un movimiento lineal de las mesas de apoyo como se observa en la figura 6, esto simula la vibración y la irregularidad del terreno y toma datos del comportamiento de la suspensión.

El equipo SDL 43xx es capaz de generar una frecuencia máxima de 25 Hz por ciclo, y una carrera de 6 mm a una capacidad máxima de carga de 2 toneladas.

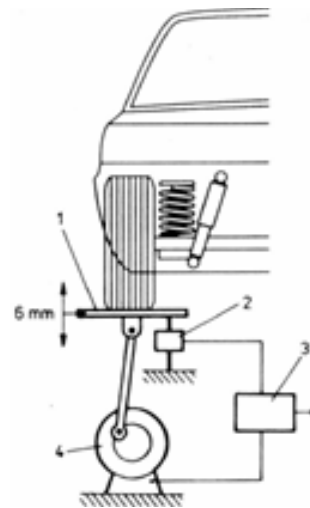


Figura 6. sistema Eusama [10]

De esta forma el equipo genera una frecuencia y vibración para que el amortiguador la disipe lo mejor posible, los datos del comportamiento del amortiguador son tomados haciendo una comparación de la frecuencia generada versus la frecuencia absorbida, así se dará a conocer que tipo de amortiguador es el más eficaz.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este ensayo se analizó la variación en la frecuencia absorbida y la adherencia al suelo que el amortiguador generaba de acuerdo a la calidad y dureza del amortiguador.

Para cada ensayo la máquina toma como referencia el peso del vehículo conjuntamente con el del piloto para de esta forma hacer el cálculo de la frecuencia

absorbida.

Es importante que los pesos para cada ensayo sean relativamente los mismos de esta forma se garantiza que no va a afectar ningún resultado arrojado por la máquina.

4.1 Ensayo amortiguador Hidráulico

La frecuencia de resonancia se encuentra en un rango entre de 16 Hz y 15 Hz, estos valores varían debido al aumento del peso en el lado izquierdo. El porcentaje de adherencia al suelo aumenta en el lado izquierdo que es un 66% como resultado de la diferencia de peso que existe en ese eje que es de 34kg, cuando se ejerce mayor fuerza de reacción al peso que se aplica el porcentaje de adherencia aumenta un 8%. Un factor importante es que la frecuencia resultante al ser de 16 Hz genera un porcentaje bajo de adherencia al suelo de 66%, quiere decir que solo un 66% de la prueba de laboratorio el neumático estuvo en contacto con la superficie de translación de la máquina. La máquina arroja los siguientes resultados que se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados prueba de mecanismo de translación rango blando

	Eje delantero		
	Izquierda	Dif.	Derecha
Frecuencia de resonancia	16 Hz	1%	15 Hz
Adherencia al suelo	66%	8%	58%
Peso de la rueda	379 Kg	34 Kg	345 Kg
Peso del eje	724 Kg		

Si se aumentara el rango de dureza en el lado derecho para compensar la perdida de peso la frecuencia se igualaria al igual que el porcentaje de adherencia, y de la misma forma si igualara el peso en los lados manteniendo el rango de dureza.

A su vez el tiempo y fuerza de reaccion van a cambiar si factores como el peso y dureza son modificados, como se observa en la figura 14, siendo este el lado izquierdo donde el peso es mayor, el tiempo de reaccion total de trabajo es de 12 segundos con una fuerza de reaccion maxima de 5000 N y 2500 N como fuerza de reaccion minima donde va a oscilar la amplitud.

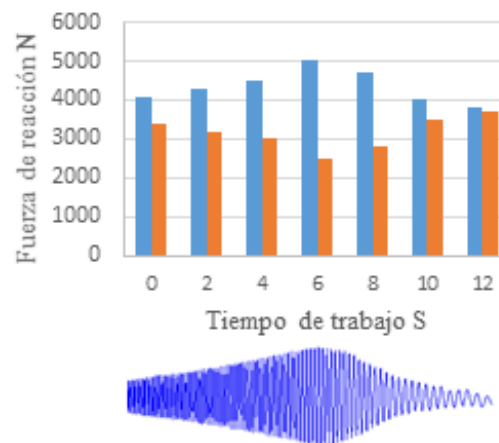


Figura 7. Prueba de mecanismo de translación lado izquierdo

En comparacion con el lado derecho el tiempo de trabajo es mayor debido a la diferencia de peso e igualdad de rango de dureza como se aprecia en la figura .

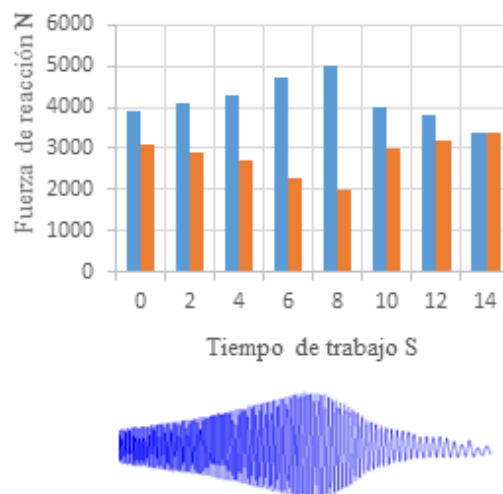


Figura 8. Prueba de mecanismo de translación lado derecho

Este lado termina su ciclo segundos despues ya que el peso que se ejerce es menor, y a su vez lo rangos de fuerza de reaccion varian en cantidad minimas siendo 5000 N la fuerza maxima y 2000 N la fuerza minima lo que significa que a menor peso del eje las fuerzas de reaccion son menores, al igual que su tiempo de trabajo.

4.1.2 Ensayo amortiguador regulable

El amortiguador regulable permite escoger distintos niveles de dureza para este ensayo se escogió un nivel intermedio para de esta forma se observa con mayor facilidad los cambios entre las curvas generadas de un amortiguador hidráulico y uno a gas.

En el nivel 12 de regulación de dureza del amortiguador se apreció un cambio significativo con respecto a la frecuencia generada como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados prueba de mecanismo de translación rango blando

	EJE DELANTERO		
	Izquierda	Dif	Derecha
Frecuencia resonancia	20 Hz	0%	20 Hz
Adherencia suelo	76%	3%	73%
Peso de la rueda	374 Kg	27 Kg	347 Kg
Peso del eje	721 Kg		

El peso del eje no varía demasiado debido a que se usa siempre el mismo conductor para todas las pruebas de esta forma se obtiene valores relativamente cercanos entre sí que no alteran los resultados.

En este ensayo se apreció que el porcentaje de adherencia al suelo aumenta a un 76% debido a que la frecuencia aumento a 20 Hz, es decir que si la frecuencia aumenta en un valor significativo, el porcentaje de adherencia al suelo lo hará por igual.

En la figura 9 se observa un cambio significativo en la forma de la onda, llegando a la fuerza de reacción máxima en menor tiempo, esto se debe a que al aumentar el rango de dureza el amortiguador reacciona de forma eficaz ante una fuerza de translación.

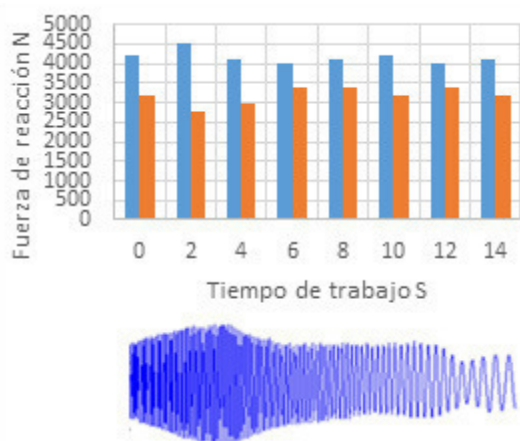


Figura 9: Prueba de mecanismo de translación rango intermedio de dureza

La fuerza de reacción es reducida debido al menor desplazamiento del amortiguador, esto hace que el amortiguador controle de mejor forma las fuerzas ejercidas por la maquina en la prueba de mecanismo

de translación. Obteniendo como valor máximo de fuerza de reacción 4500 N lo que indica que el control que ejerce el amortiguador contra la fuerza ejercida por la máquina releja mayor eficacia.

4.1.3 Ensayo amortiguador a Gas

En el amortiguador a gas se obtuvo la frecuencia de resonancia con el valor más alto de todos los amortiguadores con un valor de 24 Hz, esto hace que el amortiguador llegue a su fuerza de reacción máxima en menos tiempo que el resto de amortiguadores lo que beneficia a la estabilidad rápida del vehículo, y el control del peso en el freno. Con el mismo peso del eje de 726 Kg el amortiguador a gas permite al vehículo tener un porcentaje de adherencia al suelo del 80% como se observa en la tabla 3. Al tener un valor de adherencia la suela tan alto la estabilidad del vehículo aumenta por igual.

Tabla 3. Resultados prueba de mecanismo de translación amortiguador a gas.

	EJE DELANTERO		
	Izquierda	Dif	Derecha
Frecuencia resonancia	24 Hz	2%	22 Hz
Adherencia suelo	80%	3%	78%
Peso de la rueda	379 Kg	23 Kg	347 Kg
Peso del eje	726 Kg		

En el amortiguador a gas la fuerza de reacción máxima de 4500 N se alcanza en un menor tiempo siendo este en 2 segundos lo que deja un tiempo de reacción a la fuerza aplicada por la máquina de 12 segundos como se observa en la figura 10, por otro lado a partir del segundo 8 la onda de disipa de mejor forma lo que nos da una mejor resultado en el tiempo de reacción haciendo que la amplitud de la onda aumente substancialmente esto es gracias al nitrógeno comprimido a 4 bares de presión.

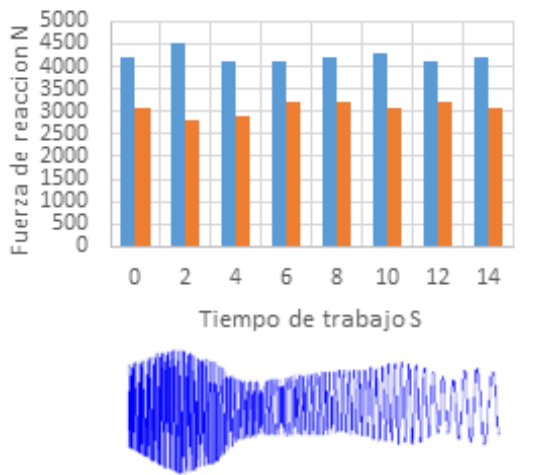


Figura 10: Prueba de mecanismo de translación rango intermedio de dureza

El rango de agarre y eficacia de una suspensión en buenas condiciones debe estar por encima del 60% aun con la variable del peso con un amortiguador a gas la frecuencia es mayor y se recupera mucho más rápido con respecto a un amortiguador hidráulico.

5. DESAROLLO Y COMPARATIVA

5.1 Amortiguador hidráulico

En el ensayo del amortiguador hidráulico se aprecia que su frecuencia de resonancia es la de menor valor a comparación de los demás amortiguadores por lo que se transmite menos las irregularidades del terreno al elemento suspendido que es la cabina, pero al mismo tiempo es el menos estable ya que la adherencia al suelo es de solamente el 62% promedio, apenas sobre el límite.

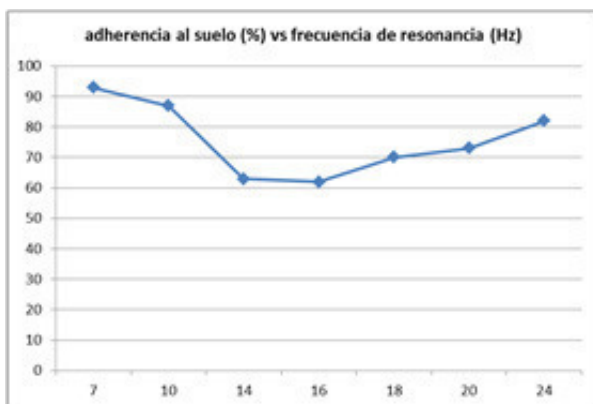


Figura 11: adherencia al suelo vs frecuencia amortiguador hidráulico

Como se observa en la figura 11, la curva cae rápidamente en cuanto a adherencia al suelo hasta

llegar a un 62%, pero solamente a 16 Hz; lo que lo hace ideal para ciudad y zonas rurales por su confort, pero no el más indicado para carreteras y curvas sinuosas debido a la poca adherencia al suelo.

5.2 Amortiguador a gas

En este sistema, debido al nitrógeno presurizado se pudo evidenciar un aumento significativo en la dureza del sistema de suspensión, reflejado en la frecuencia de resonancia del mismo que aumento en un 43% es decir a 23 Hz promedio, por lo que la conducción con este tipo de amortiguador será considerablemente menos confortable. Por otra parte la adherencia al suelo pasó a ser del 79%, 19 puntos por encima del límite establecido por las normas, y un 17% con respecto al hidráulico, lo que lo hace un sistema mucho más confiable con lo que a estabilidad se refiere.

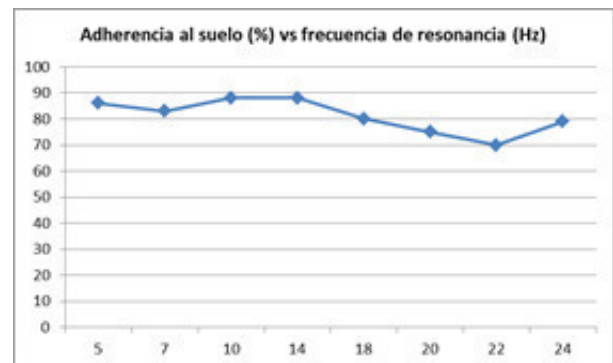


Figura 12: adherencia al suelo vs frecuencia amortiguador a gas

La curva de este sistema, mostrada en la figura 12 es mucho más estable, sin pendientes tan pronunciadas, descendiendo solamente hasta un 70% de adherencia en 22 Hz de frecuencia. Este tipo de amortiguador sería la mejor opción si el usuario constantemente transita por carreteras y autopistas, puesto que en estas situaciones es cuando el agarre de los neumáticos es crucial en la buena conducción y control del vehículo.

5.3 Amortiguador regulable

En esta prueba se seleccionó una dureza intermedia en el amortiguador, lo que nos arrojó datos de adherencia frecuencia ideales para una conducción mixta, es decir para todo tipo de situaciones, ya sea terrenos irregulares o carreteras de alta velocidad con curvas, puesto que la frecuencia es de 20 Hz el porcentaje de adherencia del 74%, brindando estabilidad y comodidad al momento de conducir bastante aceptable.

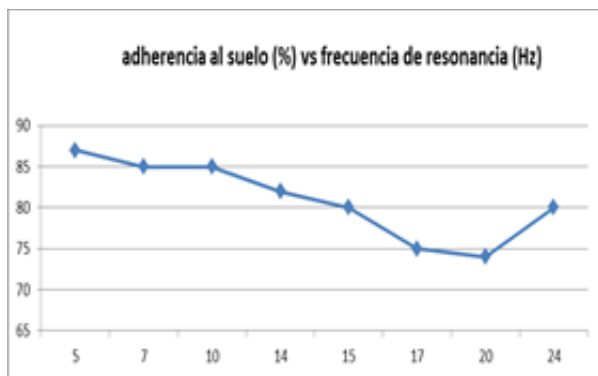


Figura 13: adherencia al suelo vs frecuencia amortiguador regulable dureza intermedia.

Como se observa en la figura 13, el descenso de la curva tiene una pendiente muy pequeña y la recuperación del agarre después de la frecuencia límite es abrupta lo que indica que la conducción es bastante equilibrada.

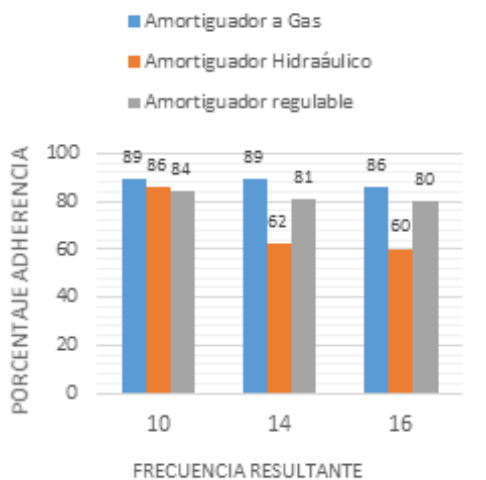


Figura 14: Grafica comparativa adherencia al suelo vs frecuencia de los tres amortiguadores

En la figura 14, se observar la comparativa de las curvas porcentaje de adherencia al suelo vs frecuencia de resonancia de los sistemas estudiados. De esta manera se observa la diferencia del comportamiento de cada uno y como esto influye en los factores de comodidad y estabilidad.

6. CONCLUSIONES

Directamente proporcional a la frecuencia de resonancia absorbida por el sistema suspendido del vehículo, y por lo tanto es inversamente proporcional al confort del habitáculo, es decir que mientras más estable sea un vehículo necesariamente su comodidad será comprometida. Debido a que la dureza del sistema de suspensión aumenta y esto a su vez aumentara la

frecuencia de resonancia del automóvil.

Con esta comparativa de los tipos de amortiguadores se define que los diferentes beneficios de cada tipo de amortiguador según su fabricación, para seleccionar el que se desenvuelva de mejor manera según el uso y el camino por donde más se transita considerando el modelo y tipo de auto donde se va a instalar, para obtener los mejores beneficios y durabilidad de los mismos. Llegando al resultado deseado de confort o adherencia.

Para tener un mayor confort en el vehículo su primera opción es un amortiguador hidráulico puesto que tiene un menor porcentaje de adherencia es ideal para SUV's y autos que acostumbran caminos no asfaltados y necesitan más confort que adherencia.

Si se necesita mayor adherencia al suelo su primera opción son los amortiguadores a gas que tienen un gran porcentaje de adherencia, pero comprometen un poco su confort, ideal para la mayoría de autos urbanos que transitan por asfalto, puesto que pasan muy fácilmente el régimen de la normativa.

El uso de amortiguadores regulables reúne las mejores características de los dos sistemas antes mencionados llegando a un promedio, pueden ser utilizados en cualquier vehículo, pero ideales para autos de competencia donde pueden ser calibrados según las características del terreno.

7. REFERENCIAS

- [1] Arellano, C. (s.f.). Sistemas de Dirección y Suspensión del Automóvil. Centro Educativo Salesianos Talca.
- [2] Arias, M. (s.f.). Mecánica del Automóvil.
- [3] Chacón, V. (2010). Diseño de una Suspensión para un Vehículo Automóvil Basada en Amortiguadores Magneto - Reológicos. Universidad Carlos III, Madrid.
- [4] Helguera, I. (2009). Un Nuevo Modelo De Simulación Para Vehículos Con 4 Ruedas Motrices Y Directrices Basado En La Dinámica

De Fricción De La Rueda Con El Pavimento.
 Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica
 Superior de Ingeniería, Madrid.

- [5] Revista Carburando edición 202 Pag. 12
- [6] Manual De Reparación Chevrolet para vehículo Aveo
- [7] Ocaña Ocaña, Antonio, Tratado del Automóvil. La técnica del siglo XX, Edi Cie. Año 2000.
- [8] Alberdi, J. (s.f). Amortiguadores y Suspensión. Universidad de Navarra, Navarra.
- [9] Pichardo, Juan Manuel Tipos de suspensiones independientes (año 2009)
- [10] Dixon JC, 1999, The Shock Absorber Handbook, SAE In- ternacional, Warrandale, PA, EEUU.
- [11] Milliken FW y Milliken DL, 1995, Race Car Vehicle Dy- namics, SAE International, EEUU.
- [12] Penske Shocks, Adjustable Tech Manual Penske, EEUU, Recuperado el 07-09-2004 en el sitio web
- [13] Gavilánez Endara, Camilo: Análisis e Importancia de Sistema de Suspensión de Vehículos Livianos Mediante Modelo Digital
- [14] Mendoza Dueñas, Jorge: Oscilaciones y ondas mecánicas.
- [15] Lloret Sebastián, José: Fundamentos de electricidad y magnetismo.

8. BIOGRAFÍAS



¹Guillermo Gorky Reyes Campaña - Ingeniero Mecánico Automotriz, Coordinador Investigación - Docente TC Universidad Internacional del Ecuador, Director de artículos y proyectos de investigación, MSc, Maestría en Sistemas Automotrices, Phd(c) Doctorado en Humanidades y Artes con mención en Educación.



²Miguel Estuardo Granja Paredes. - Ingeniero Mecánico Automotriz, docente TC en la Universidad Internacional del Ecuador, Director de artículos y proyectos de investigación, Phd(c) Doctorado en Humanidades y Artes con mención en Educación.



³Juan Leonardo Buendía da Silva, Ingeniería Automotriz. Universidad Internacional del Ecuador.



⁴Daniel Ricardo Niño Garcés, Ingeniero Automotriz. Universidad Internacional del Ecuador.



⁵Jaime Homero Baño Chango,
Ingeniero Automotriz.
Universidad Internacional del
Ecuador

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	24 septiembre 2018
Fecha aceptación	17 noviembre 2018