



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA SUSPENSIÓN UTILIZANDO EL
ACCESORIO BUFFER POWER CUSHION EN UN VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTOR: KLEVER JONNATHAN CABRERA TACURI

TUTOR: ING. JUAN PABLO SINCHI RIVAS, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Klever Jonnathan Cabrera Tacuri con documento de identificación N° 0107134801, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 1 de febrero del 2024

Atentamente,



Klever Jonnathan Cabrera Tacuri

0107134801

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Klever Jonnathan Cabrera Tacuri con documento de identificación N° 0107134801, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Estudio del comportamiento de la suspensión utilizando el accesorio Buffer Power Cushion en un vehículo Hyundai Accent”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 1 de febrero del 2024

Atentamente,



Klever Jonnathan Cabrera Tacuri

0107134801

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Sinchi Rivas con documento de identificación N° 0104168794, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA SUSPENSIÓN UTILIZANDO EL ACCESORIO BUFFER POWER CUSHION EN UN VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT, realizado por Klever Jonnathan Cabrera Tacuri con documento de identificación N° 0107134801, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 1 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Sinchi Rivas, MSc.

0104168794

I. DEDICATORIA

Quiero expresarle mi más profundo agradecimiento a mi papá Kleber Cabrera y mamá Narcisa Tacuri por su constante apoyo, amor y sacrificio a lo largo de mi vida y especialmente durante este viaje académico. Sus palabras de aliento y su ejemplo de perseverancia han sido una fuente constante de inspiración para mí.

A mi querida hermana Belén Cabrera, gracias por ser mi compañera de vida y por estar siempre presente en cada paso de este camino. Tu cariño y apoyo incondicional son un regalo invaluable que atesoro profundamente.

A mi tío Severo Tacuri, agradezco tus palabras de sabiduría y tu aliento constante. Tu presencia en mi vida ha sido una bendición y un recordatorio constante del valor del trabajo arduo y la determinación.

Este logro es también suyo, ya que cada uno de ustedes ha sido parte fundamental de mi camino hacia el éxito.

Klever Jonnathan Cabrera Tacuri.

II. AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar, a mis padres, les expreso mi gratitud por su inquebrantable apoyo y por haberme brindado la oportunidad de recibir una educación de calidad. Agradezco profundamente a los ingenieros Néstor Rivera y Juan Sinchi por su invaluable orientación y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto, así como a mi compañera Lizbeth por su guía y apoyo. También agradezco a mis compañeros del grupo de investigación "Cuyerito" por su colaboración y apoyo durante este proceso. Su participación fue fundamental para el éxito de este proyecto. A todos ustedes, gracias por haber formado parte de este importante capítulo de mi vida académica y por su contribución fundamental para alcanzar este logro.

Klever Jonnathan Cabrera Tacuri.

III. RESUMEN

En el marco de la tesis titulada ‘Estudio del comportamiento de la suspensión utilizando el accesorio Buffer Power Cushion en un vehículo Hyundai Accent’ esta investigación se enfoca en el análisis para comprender y evaluar como el accesorio Buffer Power Cushion afecta en el rendimiento de la suspensión en el modelo específico del vehículo Hyundai Accent.

En la etapa inicial, la fase de investigación preliminar se llevará a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica para obtener una comprensión profunda de la definición, componentes, funcionamiento y clasificación de accesorios similares y sistemas de suspensión en general.

Posterior en la segunda fase se desarrolla la obtención de datos mediante la implementación de un equipo de adquisición de datos Freematics en el sistema de suspensión del vehículo en prueba. Esto nos ayudaran a medir y recopilar datos mientras el vehículo este en marcha en diferentes situaciones.

En la tercera fase se utilizarán herramientas estadísticas y técnicas de análisis para interpretar los resultados y así evaluar el impacto real del Buffer Power Cushion en el comportamiento de la suspensión, este análisis proporcionará conclusiones y contribuirá a la comprensión global del rendimiento del accesorio.

A través de estas tres fases, la investigación busca no solo explorar el impacto del Buffer Power Cushion en la suspensión del Hyundai Accent, sino también avanzar en la comprensión general de cómo los accesorios de suspensión pueden influir en el rendimiento de los vehículos, brindando información valiosa para el diseño y la mejora continua de sistemas de suspensión en automóviles similares.

Palabras Claves: *Suspensión, Buffer Power Cushion, comportamiento, estudio, Freematics, mejora, impacto, automóvil, rendimiento vehicular.*

IV. ABSTRACT

In the framework of the thesis entitled "Study of Suspension Behavior using the Buffer Power Cushion Accessory in a Hyundai Accent Vehicle", this research focuses on the analysis to understand and evaluate how the Buffer Power Cushion accessory affects the performance of the suspension in the specific model of the Hyundai Accent vehicle.

In the initial stage, the preliminary research phase will involve an exhaustive literature review to obtain a deep understanding of the definition, components, operation, and classification of similar accessories and suspension systems in general.

Subsequently, in the second phase, data acquisition will be carried out by implementing a Freematics data acquisition device in the vehicle's suspension system under test. This will help us measure and collect data while the vehicle is in motion in different situations.

In the third phase, statistical tools and analysis techniques will be used to interpret the results and evaluate the real impact of the Buffer Power Cushion on suspension behavior. This analysis will provide conclusions and contribute to the overall understanding of the accessory's performance.

Through these three phases, the research seeks not only to explore the impact of the Buffer Power Cushion on the Hyundai Accent suspension but also to advance the general understanding of how suspension accessories can influence vehicle performance, providing valuable information for the design and continuous improvement of suspension systems in similar automobiles.

Keywords: Suspension, Buffer power Cushion, behavior, study, Freematics, improvement, impact, automobile, vehicle performance.

Contenido

I. DEDICATORIA	V
II.AGRADECIMIENTO.....	VI
III. RESUMEN	VII
IV. ABSTRACT	1
VI. Introducción	8
VII. Problema.....	9
Antecedentes.....	9
Importancia y Alcances	9
Delimitación	10
VII. OBJETIVOS.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos	11
1. Capítulo 1. Marco teórico.....	12
1.1. Sistema de suspensión	12
1.1.1. Funciones del sistema de suspensión.....	13
1.1.2. Elementos de sistema de suspensión	13
1.1.3. Tipos de sistema de suspensión.....	25
1.2. Vibraciones.....	29
1.2.1. Transmisión de vibraciones	30
1.2.2. Efectos de la exposición a vibraciones	31
1.2.3. Clases de vibraciones.....	32

1.3.	Conducción incomoda	33
1.4.	Freematics One+	34
1.5.	Buffer Power Cushion (BPC)	36
1.6.	Matlab®	37
1.7.	Transformada de Fourier	37
2.	Capítulo 2. Exploración metodológica	39
2.1.	Introducción	39
2.2.	Selección de rutas	39
2.2.1.	Calle pavimentada con asfalto	39
2.2.2.	Calle adoquinada	40
2.2.3.	Vía de tierra	41
2.3.	Selección de vehículo	42
2.4.	Modelo del sistema de medición y análisis.	43
2.5.	Preparación del Sistema para la Captura de Datos	44
2.5.1.	Conexión para Alimentación Eléctrica del Sistema	44
2.5.2.	Almacenamiento de Datos Adquiridos	46
2.5.3.	Aislamiento del sistema	47
2.6.	Integración del Sistema en el Vehículo	47
2.7.	Implementación de Power Cushion Buffer	48
2.8.	Proceso de Adquisición de Datos en las Rutas	51
2.8.1.	Obtención de Datos en Vía Asfaltada	51
2.8.2.	Registro de Datos en Vía Adoquinada	54
2.8.3.	Registro de Datos en Vía de tierra	55

3. Capítulo 3 Análisis de resultados	58
3.1. Introducción.....	58
3.2. Análisis Detallado de Gráficas de la vía asfaltada	59
3.3. Análisis Detallado de Gráficas de la vía adoquinada	62
3.4. Análisis Detallado de Gráficas de la vía de tierra.	65
4. CONCLUSIONES	68
5. RECOMENDACIONES	69
6. Bibliografía	70

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Mapa de la ciudad de Cuenca</i>	10
Figura 2 <i>Sistema de suspensión</i>	12
Figura 3 <i>Neumático</i>	14
Figura 4 <i>Porcentaje de materiales en los neumáticos</i>	15
Figura 5 <i>Estructura de un neumático</i>	16
Figura 6 <i>Barra estabilizadora</i>	18
Figura 7 <i>Resorte helicoidal</i>	19
Figura 8 <i>Tipos de resortes</i>	20
Figura 9 <i>Partes de un amortiguador</i>	21
Figura 10 <i>Amortiguador de gas partes</i>	23
Figura 11 <i>Silentbloks</i>	24
Figura 12 <i>Sistema de suspensión McPherson</i>	28
Figura 13 <i>Esquema del sistema de suspensión multibrazo</i>	29
Figura 14 <i>Vibraciones Cuerpo entero y Mano-brazo</i>	30
Figura 15 <i>Vibraciones en la conducción</i>	34
Figura 16 <i>Freematics One +</i>	35
Figura 17 <i>Buffer Power Cushion</i>	36
Figura 18 <i>Transformada de Fourier</i>	38
Figura 19 <i>Ruta de asfalto, Av. de las Américas</i>	40
Figura 20 <i>Ruta de adoquín</i>	41
Figura 21 <i>Ruta de tierra</i>	42
Figura 22 <i>Vehículo de prueba</i>	42

Figura 23 <i>Diagrama de proceso de análisis</i>	43
Figura 24 <i>Equipo de medición</i>	44
Figura 25 <i>Pines de conexión Freematics</i>	45
Figura 26 <i>Adaptador de cigarrallera</i>	45
Figura 27 <i>Freematics y antena GPS</i>	46
Figura 28 <i>Freematics y microSD</i>	46
Figura 29 <i>Protector de conexiones de medición</i>	47
Figura 30 <i>Ensamblaje del sistema de medición en el vehículo</i>	48
Figura 31 <i>Desmontaje de amortiguadores</i>	49
Figura 32 <i>Despiece del amortiguador</i>	49
Figura 33 <i>Buffer Power Cushion adaptado en el amortiguador</i>	50
Figura 34 <i>Amortiguador con Buffer Power Cushion en el vehículo</i>	51
Figura 35 <i>Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía obtenida asfaltada</i>	52
Figura 36 <i>Gráfica temporal de vía asfaltada</i>	53
Figura 37 <i>Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía adoquinada</i>	54
Figura 38 <i>Gráfica temporal de vía adoquinada</i>	55
Figura 39 <i>Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía de tierra</i>	56
Figura 40 <i>Gráfica temporal de vía de tierra</i>	57
Figura 41 <i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía asfaltada sin BPC</i>	60
Figura 42 <i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía asfaltada con BPC</i>	60
Figura 43 <i>Comparación de gráficas de calle asfáltica</i>	61
Figura 44 <i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía adoquinada sin BPC</i>	63
Figura 45 <i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía adoquinada con BPC</i>	63
Figura 46 <i>Comparación de gráficas de calle adoquinada</i>	64

Figura 47	<i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía de tierra sin BPC</i>	66
Figura 48	<i>Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía de tierra con BPC</i>	66
Figura 49	<i>Comparación de gráficas de calle asfáltica.</i>	67

VI. Introducción

El presente proyecto de titulación se centra en un tema crucial dentro del ámbito automotriz: el análisis del comportamiento de la suspensión en el vehículo Hyundai Accent, con especial atención en la evaluación del accesorio Buffer Power Cushion. Este accesorio, creado para mejorar tanto el desempeño como la comodidad de la suspensión, ha generado un creciente interés tanto en la industria automotriz como entre los usuarios de vehículos. Se ha realizado una investigación exhaustiva que abarca el análisis de datos de vibración y el procesamiento de señales mediante MATLAB, con el propósito de comprender de manera profunda el efecto de este accesorio en el comportamiento de la suspensión.

Este estudio no solo presenta en detalle los resultados obtenidos, sino que también establece una sólida base para comprender las mejoras potenciales en el rendimiento de la suspensión del Hyundai Accent al integrar el accesorio Buffer Power Cushion. Además, se examinan las implicaciones prácticas de estos hallazgos en la industria automotriz, así como su posible influencia en la experiencia de conducción para los usuarios. Este trabajo representa una contribución significativa al conocimiento en el campo de la ingeniería automotriz y ofrece valiosas perspectivas para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

VII. Problema

En el estudio realizado por (Partovi Meran, 2018a) encontró que el amortiguador elastomérico (Buffer Power Cushion) mejora la comodidad y protege la suspensión en carreteras irregulares, pero su evaluación se limitó a análisis por elementos finitos, sin pruebas en condiciones reales de conducción. Hasta la fecha, no existen estudios que respalden la viabilidad de estos productos mediante pruebas en condiciones reales. Por tanto, es crucial llevar a cabo un estudio que evalúe el rendimiento de la suspensión al emplear el accesorio Buffer Power Cushion en un vehículo Hyundai Accent.

Antecedentes

En estudios anteriores acerca del funcionamiento de la suspensión, se aborda el tema importante de mejorar el confort y la estabilidad del vehículo al momento de conducir. Estudios como (Partovi Meran, 2018), este artículo se centra en el análisis numérico de los amortiguadores de elastómero incorporados en la suspensión de automóviles con el propósito de mejorar la capacidad de amortiguación de vibraciones en el sistema de suspensión. Esta contribución proporciona una perspectiva técnica más específica sobre cómo los elastómeros integrados en la suspensión pueden afectar positivamente la reducción de vibraciones en los vehículos, abordando así un aspecto clave que podría tener relevancia para entender y mejorar la suspensión de autos como el Hyundai Accent.

Importancia y Alcances

La importancia de este estudio radica en mejorar la experiencia del conductor y la calidad del viaje en vehículos Hyundai Accent mediante la implementación del accesorio

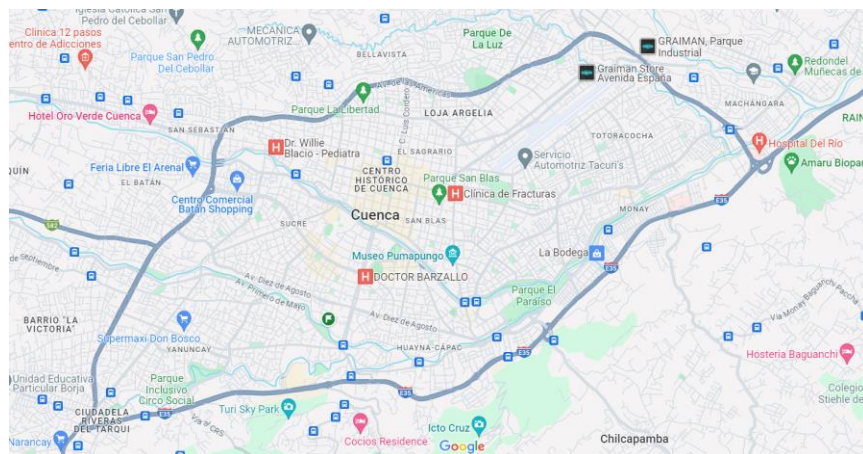
Buffer Power Cushion. El alcance de la investigación se limitará a analizar el rendimiento de la suspensión con y sin el accesorio en diversas condiciones de conducción. Se espera que los resultados proporcionen información valiosa para los fabricantes de automóviles y los propietarios de vehículos, contribuyendo así a la optimización del diseño de suspensión para mejorar el confort y la estabilidad.

Delimitación

Este proyecto se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, con un enfoque específico en la Ciudad de Cuenca, situada al sur de Ecuador. Cuenca, con una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 Km² y una población de aproximadamente 60,000 habitantes, proporcionará el contexto ideal para llevar a cabo un análisis de vibraciones en diferentes tipos de carreteras.

Figura 1

Mapa de la ciudad de Cuenca.



Nota: Mapa de la ciudad de cuenca. Adaptado de Googlemaps

VII. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el comportamiento de la suspensión utilizando el accesorio Buffer Power Cushion en un vehículo Hyundai accent.

Objetivos Específicos

- Investigar el marco teórico referencial correspondiente mediante revisiones bibliográficas para la obtención de información y funcionamiento de Buffer Power Cushion.
- Realizar el diseño de experimentos y la obtención de datos mediante un equipo de medida (Freematics), para su posterior análisis.
- Analizar los resultados obtenidos antes y después de la utilización de Buffer Power Cushion mediante programas de análisis de resultados.

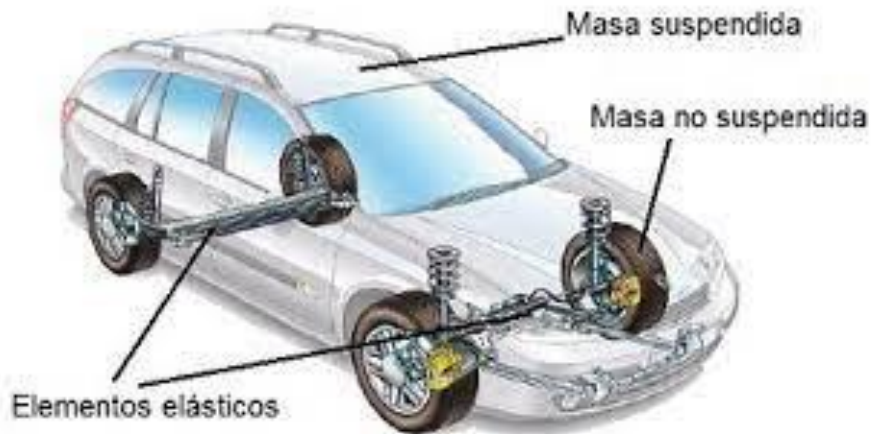
1. Capítulo 1. Marco teórico

1.1. Sistema de suspensión

La suspensión de un vehículo (figura 2) se define como un sistema compuesto por elementos deformables situados entre el chasis-carrocería y las ruedas. Su función principal es absorber las irregularidades del pavimento, especialmente aquellas provenientes de la carretera, con el objetivo de minimizar la transmisión de impactos y vibraciones a los órganos del vehículo. Este sistema busca garantizar que el contacto entre los neumáticos y el pavimento se mantenga de manera constante. En un automóvil, parte de los mecanismos están soportados por la carrocería, constituyendo los "pesos suspendidos", mientras que otros, como el eje y las ruedas, se apoyan directamente en el firme y se denominan "pesos no suspendidos". El conjunto de chasis, carrocería, grupo motor-propulsor, pasajeros y carga conforma el chasis del vehículo. (González -Gonzalo Del Río -José & Torres, 2011)

Figura 2

Sistema de suspensión



Nota: El grafico representa las diferentes partes que interactúan en el sistema de suspensión.

Adaptado de (Ingemecánica, 2010)

1.1.1. Funciones del sistema de suspensión

La suspensión en competición busca maximizar el rendimiento del vehículo mediante funciones esenciales. Se centra en garantizar movimientos verticales de la rueda, minimizando variaciones no deseadas. Prioriza mantener la adherencia de los neumáticos para asegurar estabilidad y control, favoreciendo cargas verticales que potencien la resistencia lateral y la aceleración.

La suspensión también se encarga del control direccional, guiando precisamente las ruedas durante los movimientos y virajes. Sostiene la masa suspendida sobre la no suspendida para brindar estabilidad estructural. Además, resiste el balanceo y cabeceo del vehículo, minimizando transferencias de peso en curvas y frenadas para un mejor comportamiento dinámico.

Aunque el confort no es prioritario en competición, las funciones de la suspensión convergen para optimizar la estabilidad, control y rendimiento del vehículo en entornos competitivos.(Cordero Mijael, 2018)

1.1.2. Elementos de sistema de suspensión

1.1.2.1. Neumáticos

El neumático es un componente esencial del vehículo que desempeña un papel crucial en la seguridad y comodidad de este. Actuando como el único punto de contacto entre el vehículo y la carretera, cumple diversas funciones, entre las que se incluyen soportar el peso del vehículo, transmitir la potencia del motor, dirigir el vehículo y contribuir a la estabilidad, frenado y suspensión. Su importancia radica en que, al ser sometido a condiciones de trabajo rigurosas como golpes, aceleraciones y frenazos a lo largo de miles de kilómetros, el neumático se

convierte en un elemento vital que incorpora una avanzada tecnología para garantizar niveles aceptables de seguridad en el vehículo. (*Ruedas y Neumáticos*, 2016)

Figura 3

Neumático



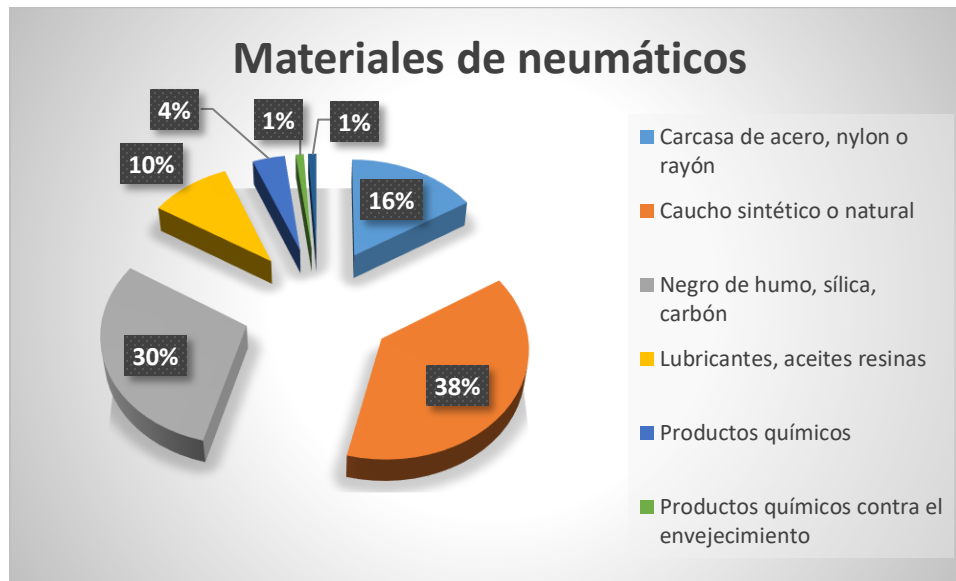
Nota: Adaptado de (elEconomista, 2011)

1.1.2.1.1 Materiales de los neumáticos

Los neumáticos están compuestos con más de 200 elementos involucrados en su fabricación, los componentes esenciales incluyen cauchos (sintéticos y naturales), carga de refuerzo (como sílice y negro de carbono), agentes de vulcanización (aceleradores y azufre), aditivos químicos (resinas, aceites y ceras) y hilos (tanto textiles como metálicos). Estos elementos trabajan en conjunto para conferir al neumático propiedades cruciales como resistencia, elasticidad y durabilidad, contribuyendo de manera integral al óptimo rendimiento del vehículo, en la figura se presentan los porcentajes relativos de su composición.

Figura 4

Porcentaje de materiales en los neumáticos.



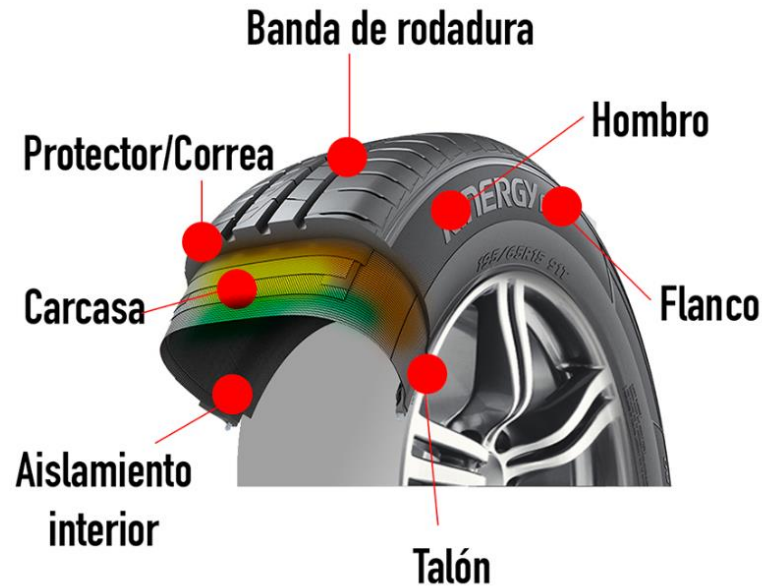
Nota: Representación de los materiales de los neumáticos en porcentajes. Fuente. Autor

1.1.2.1.2 Componentes de los neumáticos

Los neumáticos están compuestos (figura 5) por diversos elementos esenciales que contribuyen a su funcionamiento integral. Estos componentes incluyen la cubierta, que es la capa exterior que entra en contacto con la superficie de la carretera; la llanta, que proporciona la estructura y el soporte necesario; el aire, que se encapsula en el interior para proporcionar elasticidad y absorción de impactos; y la válvula de inflado, que facilita el ajuste y mantenimiento adecuado de la presión interna del neumático. Cada uno de estos elementos desempeña un papel crucial en el rendimiento general de los neumáticos, contribuyendo a aspectos como la tracción, la estabilidad y la durabilidad.

Figura 5

Estructura de un neumático



Nota. Representación de una estructura básica del neumático. Adaptado de (Neumáticos Km0, 2013)

1.1.2.2. Tipos de neumáticos

La selección de neumáticos constituye una parte fundamental en el mantenimiento y rendimiento de un vehículo, ya que estos se clasifican en diversas categorías diseñadas para adaptarse a las necesidades específicas de conducción. Al tomar la decisión sobre qué neumático utilizar, es imperativo tener en cuenta factores cruciales como el tipo de vehículo, las condiciones climáticas prevalentes y el estilo de conducción del usuario.

En el mercado actual, se encuentran disponibles diferentes tipos de neumáticos, cada uno diseñado para proporcionar un rendimiento óptimo en situaciones particulares. No existe un neumático universalmente perfecto; en cambio, la elección más acertada implica encontrar la combinación adecuada de atributos que satisfagan las necesidades individuales del conductor.

Entre las categorías más comunes se encuentran los neumáticos de verano, ideales para condiciones climáticas cálidas, y los neumáticos de invierno, diseñados para ofrecer tracción y seguridad en carreteras heladas o nevadas. Para aquellos que buscan versatilidad, los neumáticos todo terreno son una opción adecuada, capaces de enfrentar diversas condiciones de conducción.

Los neumáticos todo tiempo (All Season) se destacan por su capacidad para adaptarse a variaciones climáticas moderadas a lo largo del año. Por otro lado, los neumáticos deportivos están diseñados para brindar un rendimiento superior en términos de agarre y manejo, ideal para aquellos conductores apasionados por la conducción dinámica.

Para experiencias más especializadas, existen neumáticos de pista que ofrecen un rendimiento excepcional en entornos de conducción de alta velocidad. Además, los neumáticos antipinchazos brindan una capa adicional de seguridad al minimizar el riesgo de sufrir pinchazos y averías en carretera.

En última instancia, la diversidad de opciones disponibles en el mercado permite a los conductores seleccionar neumáticos que optimicen el rendimiento en términos de tracción, durabilidad y manejo, asegurando así una conducción segura y eficiente en una variedad de condiciones. (Yoel Mamani, 2017)

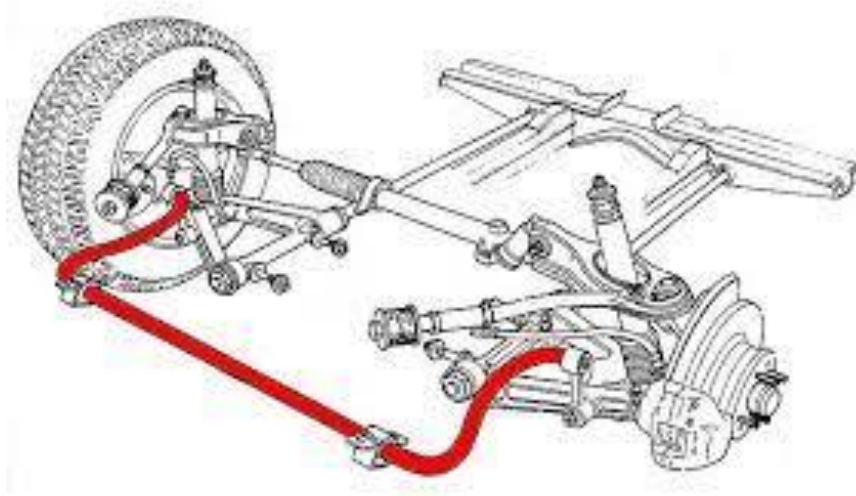
1.1.2.3. Barra estabilizadora

Una barra estabilizadora (figura 6) en la suspensión automotriz es un componente compuesto por una barra de acero conectada a cada rueda de un mismo eje. Su función principal es unir las dos ruedas de un mismo eje, limitando el balanceo del vehículo. La rigidez de la barra afecta la transmisión de movimientos entre las ruedas, influyendo en la capacidad de limitar el balanceo y el confort de la marcha. Una barra más rígida reduce el movimiento independiente de las ruedas, minimizando el balanceo, pero potencialmente afectando el confort, mientras que una

barra más flexible permite mayores balanceos, pero mejora la comodidad de la suspensión. La geometría y grosor de la barra dependen del diseño de suspensión del vehículo, buscando un equilibrio para optimizar tanto la estabilidad como el confort. (Chávez Abraham, 2008)

Figura 6

Barra estabilizadora



Nota: Representación de la ubicación de la barra estabilizadora en el sistema de suspensión.

Adaptado de (Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2014)

1.1.2.4. Resorte

Un resorte helicoidal (figura 7) es una pieza mecánica diseñada en forma de espiral, comúnmente conocida como muelle, cuya función principal es almacenar energía y liberarla posteriormente. Este dispositivo se emplea para absorber impactos, mantener la fuerza entre dos superficies o proporcionar un elemento elástico en sistemas mecánicos. La estructura helicoidal le confiere la capacidad de deformarse al recibir energía y, al liberarla, volver a su tamaño original.

Figura 7

Resorte helicoidal.



Nota: Amortiguador de Hyundai Accent tipo muelle helicoidal. Fuente. Autor

1.1.2.4.1 Materiales de resorte

Los materiales utilizados en la fabricación de resortes deben cumplir con requisitos específicos que incluyen una elevada resistencia máxima, resistencia de fluencia y resistencia a la fatiga, preferiblemente con un bajo módulo de elasticidad. Los materiales más comúnmente empleados son aceros de medio y alto carbono, tanto laminados como estirados en frío o en caliente. Además de los aceros, se utilizan también aceros inoxidables, latón, bronce y cobre para satisfacer diversas necesidades. El alambre más utilizado en la confección de resortes es generalmente de forma redonda. Entre los aceros comunes que cumplen con estas especificaciones se encuentran ASTM A227 o SAE 1066 (estirado en frío), ASTM A228 o SAE 1085 (alambre de piano), ASTM A229 o SAE 1065 (alambre revenido al aceite), ASTM A230 o SAE 1070 (alambre revenido en aceite), y ASTM A232 o SAE 6150 (Cromo vanadio). Estos

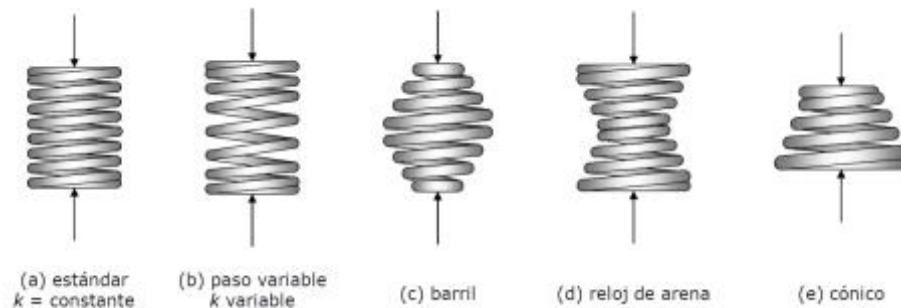
materiales garantizan propiedades mecánicas adecuadas para cumplir con los requerimientos de resistencia y durabilidad de los resortes. (Libardo Vanegas Useche, 2011)

1.1.2.4.2 Tipos de resortes

Los resortes helicoidales (figura 8) se dividen en diversos tipos según sus características y aplicaciones. El resorte estándar presenta una espiral regular de alambre y se utiliza en aplicaciones generales de compresión. El resorte de paso variable se distingue por un cambio en el espaciado entre las espiras, ofreciendo resistencia variable durante la compresión. El resorte barril adopta la forma de un barril, siendo ideal para situaciones que requieren mayor flexibilidad en el centro. Por su parte, el resorte de reloj de arena tiene secciones más estrechas en los extremos y un centro más ancho, proporcionando características específicas de compresión. Finalmente, el resorte cónico presenta una forma cónica con extremos más estrechos que el centro, permitiendo ajustes progresivos de resistencia durante la compresión. Estas variaciones brindan soluciones especializadas para diversas aplicaciones mecánicas. (Dávalos Diego Joel, 2023)

Figura 8

Tipos de resortes



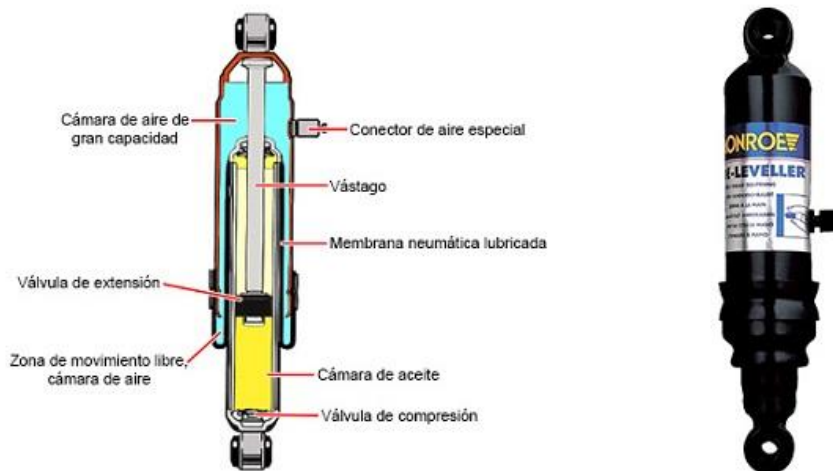
Nota: Diferentes tipos de resortes de vehículos. Adaptado de (Dávalos Diego Joel, 2023)

1.1.2.5. Amortiguadores

Un amortiguador (figura 9) es un componente mecánico diseñado para frenar parcial o totalmente los movimientos no deseados en un sistema, ya sea de manera intencionada o no. En el contexto automotriz, la función principal del amortiguador va más allá de simplemente amortiguar los movimientos indeseados; debe hacerlo de manera óptima, considerando los criterios de maniobrabilidad y confort. En términos prácticos, la disminución de la velocidad de una masa se logra aplicando una fuerza que se oponga a su movimiento, y los amortiguadores más comúnmente utilizados se basan en la fricción. En el caso de los amortiguadores para automóviles, se busca específicamente la fricción asociada al movimiento de un fluido, conocida como fricción hidráulica. Además, se busca que la fuerza que proporciona el amortiguador sea proporcional a la velocidad, ya que los fabricantes automotrices han concluido que la optimización de la maniobrabilidad y el confort se logra mejor con una dependencia lineal entre la velocidad y la fuerza de amortiguamiento. (Alonso Báez, 2013)

Figura 9

Partes de un amortiguador



Nota: Adaptado de (Mecánicos, 2018)

1.1.2.5.1 Tipos de amortiguadores

Según (Rodríguez Raúl Ulises, 2005) existen varios tipos de amortiguadores diseñados para adaptarse a diversas condiciones de conducción los cuales son los siguientes.

Los amortiguadores hidráulicos convencionales son: dispositivos que regulan los movimientos de masas suspendidas y no suspendidas al dirigir el flujo de fluido a través de aperturas calibradas. Estos amortiguadores, ampliamente utilizados y asequibles, tienen una vida útil limitada y pueden perder eficacia con trabajos intensos debido al aumento de temperatura. No se recomiendan para actividades deportivas. Las fluctuaciones de temperatura afectan la viscosidad del aceite, impactando en la capacidad de amortiguación. No obstante, no requieren mantenimiento.(Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

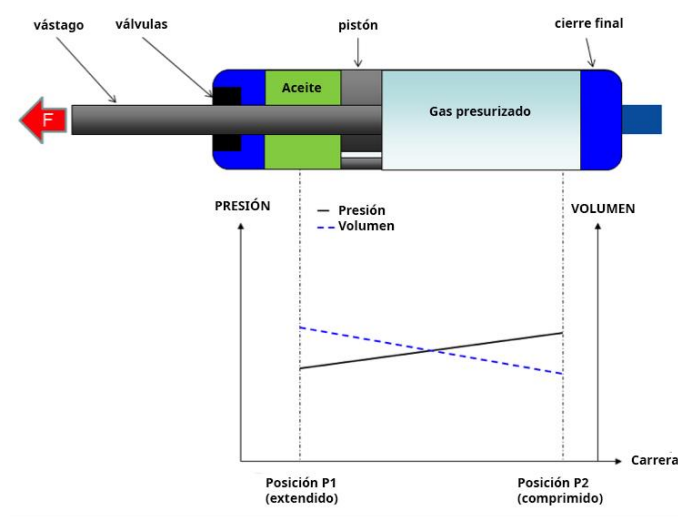
En el caso de los amortiguadores hidráulicos presurizados: se involucra la presurización interna al agregar una cámara de gas de baja presión. Este diseño presenta beneficios como mayor sensibilidad de la válvula para pequeñas amplitudes, mayor comodidad y mejor rendimiento de amortiguación en situaciones extremas. Estos amortiguadores continúan funcionando incluso si pierden gas, y los de doble tubo presurizados son más compactos y generan menos fricción que el mono tubo.(Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

Los amortiguadores a gas (figura 10): incorporan nitrógeno a alta presión en uno de sus extremos, separado del aceite por un pistón flotante. Proporcionan una respuesta instantánea, operan silenciosamente y tienen características elásticas similares a las de un resorte. Pueden ser regulables o no regulables. Los no regulables, tanto mono como bitubos, son resistentes a impactos, duraderos y conservan su eficacia a altas temperaturas, siendo idóneos para vehículos de alto rendimiento. Los regulables permiten ajustar la dureza para adaptarse a distintos terrenos,

siendo frecuentemente utilizados en entornos deportivos y vehículos de competición. (Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

Figura 10

Amortiguador de gas partes.



Nota: Representación de las partes de un amortiguador de gas. Adaptado de (SUSPAIN, 2010)

Los amortiguadores hidráulicos con válvulas: Estos sustituyen los pistones por válvulas, mejorando la eficiencia al permitir el paso del aceite cuando hay presión, ofreciendo una conducción más suave. (Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

El amortiguador regulable en dureza posibilita ajustar la amortiguación mediante modificaciones en el flujo de aceite, brindando flexibilidad al usuario para adaptarse a diversas condiciones. Los regulables en suspensión permiten modificar la altura del vehículo, afectando la aerodinámica y el consumo de combustible según las necesidades del terreno. (Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

El amortiguador Reológico (MagneRide): representa un avance que utiliza un líquido con partículas metálicas orientables mediante una corriente electromagnética, permitiendo ajustar

la dureza del mecanismo de manera instantánea. Sus beneficios incluyen una respuesta diez veces más rápida que los amortiguadores convencionales, capacidad para modificar la fluidez del líquido de manera rápida, fiabilidad sin necesidad de mantenimiento y un bajo consumo de energía. Este sistema se implementa en vehículos deportivos y de lujo. (Rodríguez Raúl Ulises, 2005)

1.1.2.6. Topes de suspensión o silentbloks.

Los topes de suspensión (figura 9) son elementos diseñados para detener el movimiento de la suspensión en situaciones de compresión excesiva. Pueden adoptar formas elásticas o semirrígidas, como tacos o casquillos. Su función principal es actuar como límite para el conjunto de la suspensión, evitando daños en casos de compresión excesiva. La instalación de estos topes varía según su forma, siendo común montarlos en el interior del vástago del amortiguador en suspensiones McPherson, o anclarlos a la carrocería en suspensiones por ballesta. (Muñoz Felipe Borja, 2012)

Figura 11

Silentbloks



Nota: Adaptada de (AUTODOC CLUB, 2014)

1.1.3. Tipos de sistema de suspensión.

En la ingeniería de suspensión de vehículos, se emplean diversas configuraciones para cumplir con requisitos específicos de confort, estabilidad y diseño, dependiendo de factores como el accionamiento de las ruedas y la estructura del vehículo. Las suspensiones mecánicas se dividen en tres categorías principales: rígidas, semirrígidas e independientes, cada una con características distintivas para adaptarse a las necesidades particulares de cada vehículo. (González -Gonzalo Del Río -José & Torres, 2011)

1.1.3.1. Suspensión rígida.

La suspensión semirrígida en vehículos implica que ambas ruedas están montadas sobre un mismo eje, lo que significa que los movimientos de una rueda afectan a la otra, generando incomodidad y oscilación en la carrocería al pasar por irregularidades en el terreno. Aunque esta disposición es menos común en la actualidad, ya que los turismos tienden a adoptar sistemas de suspensión de ruedas independientes para evitar que las oscilaciones de una rueda afecten a la otra. En comparación con la suspensión rígida, que puede ocasionar que la carrocería no mantenga su posición horizontal al pasar obstáculos, la suspensión semirrígida utiliza elementos elásticos como ballestas y amortiguadores telescópicos para proporcionar cierta flexibilidad y mejorar el confort de la conducción.

1.1.3.2. Suspensión semirrígida

La suspensión semirrígida se define por la unión de las ruedas entre sí, de manera similar a un eje rígido, pero con la particularidad de que transmite menos las irregularidades provenientes del terreno al resto del vehículo. Este diseño busca reducir la transferencia de impactos y vibraciones de una rueda a la otra, mejorando así el confort de la conducción y minimizando las molestias causadas por las imperfecciones del firme.

1.1.3.2.1 Suspensión semirrígida con eje de dion

En este sistema, las ruedas están unidas mediante semiejes articulados al diferencial, que forma parte de la masa suspendida y está unido al chasis del vehículo. La transmisión del giro a las ruedas se realiza mediante semiejes, similar a una suspensión independiente. Las dos ruedas están conectadas de manera rígida a través de un eje de Dion, anclado al chasis. Este diseño tiene la ventaja de reducir el peso no suspendido en comparación con un eje rígido, ya que el eje de Dion es más liviano que el conjunto diferencial. El elemento elástico es un muelle, y se complementa con dos tirantes longitudinales que limitan el desplazamiento longitudinal del vehículo.

1.1.3.2.2 Suspensión semirrígida con eje dotalink

Este sistema implica el guiado de las ruedas mediante dos brazos longitudinales unidos al eje Dotalink, constituido por dos brazos transversales conectados mediante cojinetes elásticos. El guiado de los brazos se realiza con tirantes transversales, y el elemento elástico utilizado es un muelle. También se conoce como suspensión semi-independiente, ya que el eje Dotalink está anclado de manera elástica, permitiendo cierta independencia en el movimiento de las ruedas y evitando una conexión completamente rígida.

1.1.3.3. Suspensión independiente

La suspensión independiente se refiere a la instalación de sistemas de suspensión distintos en cada una de las cuatro ruedas de un vehículo, siendo la preferencia actual de los fabricantes de turismos. Su finalidad es mejorar el confort y la estabilidad, al mismo tiempo que reducir las oscilaciones provenientes del terreno y evitar su transferencia de una rueda a otra. Este diseño también contribuye a minimizar el desplazamiento de la carrocería, mejorando el

agarre de las ruedas al suelo debido a la disminución del peso no suspendido. En lugar de emplear un eje rígido, se utilizan brazos de menor peso, lo que resulta en menos movimiento transmitido a la carrocería. Existen varios tipos de suspensiones independientes, entre ellos, el eje oscilante, brazos tirados con barras de torsión, brazos tirados con muelles, McPherson, paralelogramo deformable y multibrazo.

1.1.3.3.1 Suspensión independiente de eje oscilante

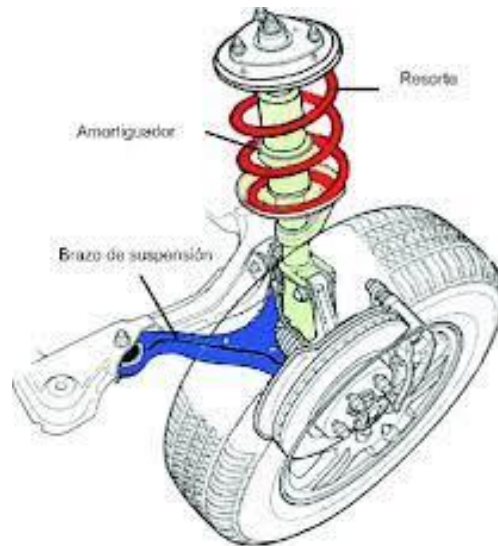
Este sistema de suspensión implica que los elementos de rodadura y el semieje son solidarios, permitiendo que el conjunto oscile alrededor de una o dos articulaciones próximas al punto medio de la vía del vehículo. En caso de ser un eje propulsor, se monta sobre una articulación, mientras que, si es arrastrado, se utiliza sobre dos articulaciones. Esta suspensión emplea muelles con amortiguador telescópico como elementos elásticos.

1.1.3.3.2 Suspensión independiente McPherson

Esta suspensión (figura 12), común en el eje delantero, consiste en un brazo oscilante unido al bastidor por cojinetes elásticos, conectándose por el otro extremo a la mangueta a través de una rótula. La mangueta se une al amortiguador vertical, que soporta el muelle y se apoya en la carrocería. Este diseño también sirve como eje vertical de giro de las ruedas, describiendo un ángulo proporcional al efectuado en el volante.

Figura 12

Sistema de suspensión McPherson.



Nota: Representación de la ubicación de la suspensión McPherson. Adaptado de (ResearchGate, 2014)

1.1.3.3 Suspensión independiente paralelogramo deformable

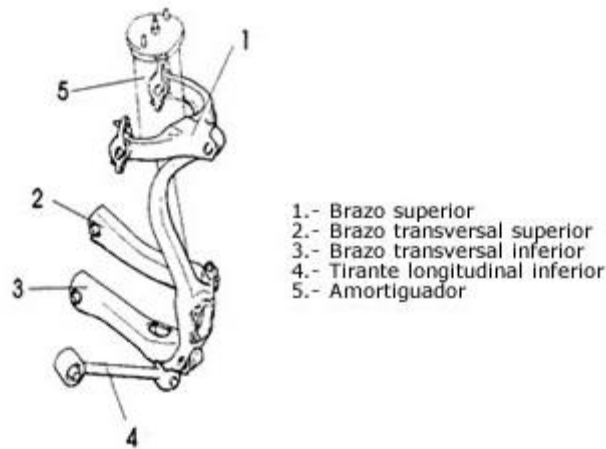
Este sistema utiliza un paralelogramo formado por dos brazos en forma de triángulo, uno superior y otro inferior, unidos al bastidor mediante cojinetes elásticos. Ambos brazos se conectan a la mangueta, que articula mediante rótulas. Utiliza un muelle como elemento elástico, con bloques de choque como tope elástico para limitar la carrera del amortiguador.

1.1.3.4 Suspensión independiente multibrazo

Esta es una evolución de la suspensión de paralelogramo deformable (figura 13), donde los elementos de guía (brazos) tienen varios brazos oscilantes anclados mediante cojinetes elásticos. Esta configuración permite modificar parámetros como la caída o convergencia de la rueda para optimizar el contacto con el pavimento. Construida con acero ligero, ofrece un ahorro de peso significativo, mejorando la agilidad y prestaciones deportivas del vehículo.

Figura 13

Esquema del sistema de suspensión multibrazo.



Nota: Adaptado de (Multiservicio Automotriz 3H, 2011)

1.1.3.3.5 Suspensión independiente de brazos tirados

En esta configuración, los brazos están unidos por un extremo a la carrocería y por el otro extremo a la rueda. En el caso de ejes de tracción, las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos que pivotan en la unión con la carrocería. Se utilizan barras de torsión y muelles como elementos elásticos, pudiendo tener disposiciones tanto en el tren delantero como trasero.

1.2. Vibraciones

La vibración se refiere al movimiento oscilatorio, caracterizado por fluctuaciones regulares de un cuerpo en contacto con una superficie vibrante o por la transmisión de oscilaciones a través de las manos. Este fenómeno se encuentra presente en situaciones cotidianas, como el transporte o el trabajo cercano a maquinaria industrial. La exposición a vibraciones puede generar trastornos, y el mareo inducido por el movimiento puede originarse por oscilaciones corporales, rotaciones o cambios visuales. (Griffin Michael J., 2017)

1.2.1. Transmisión de vibraciones

Las vibraciones pueden transmitirse al cuerpo entero o de forma parcial.

Figura 14

Vibraciones Cuerpo entero y Mano-brazo



Nota. Fuente (Antea, 2010)

1.2.1.1. Vibraciones al Cuerpo Entero

Las vibraciones al cuerpo entero, también conocidas como vibraciones globales, se refieren a las oscilaciones mecánicas transmitidas a través del asiento y/o suelo, afectando todo el cuerpo del trabajador. Este tipo de exposición ocurre cuando la mayoría del peso corporal descansa sobre superficies vibrantes, como asientos en vehículos o maquinaria pesada. La permanencia en áreas sometidas a vibraciones de cuerpo entero puede dar lugar a enfermedades, especialmente lumbalgias y lesiones en la columna vertebral. Estas vibraciones, con frecuencias en el rango de 1 a 80 Hz, afectan diversos sistemas del cuerpo. (Parra Jorge Andrés, 2019)

1.2.1.2. Vibraciones Parciales (Transmitidas al Sistema Mano-Brazo)

Las vibraciones parciales, también denominadas vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, son vibraciones mecánicas frecuentes generadas por el uso de herramientas

portátiles, como taladros, martillos neumáticos y desbrozadoras. Este tipo de exposición afecta específicamente las manos y los brazos del trabajador (Parra Jorge Andrés, 2019)

1.2.2. Efectos de la exposición a vibraciones

Los efectos en el cuerpo humano derivados de la vibración de todo el cuerpo abarcan diversas manifestaciones que han sido extensamente analizadas en el ámbito de la medicina del trabajo. La exposición crónica a estas vibraciones se ha asociado con la posibilidad de desencadenar degeneración espinal, siendo el dolor lumbar identificado como una causa prominente de discapacidad industrial en individuos menores de 45 años. Además, se ha planteado la vibración de cuerpo entero como una intervención terapéutica y de ejercicios, evidenciando su eficacia en el aumento de la capacidad de generación de fuerza y como alternativa no farmacológica para el tratamiento del dolor lumbar. La exposición breve a estas vibraciones también ha mostrado incrementos en los niveles séricos de testosterona y hormona del crecimiento, sugiriendo beneficios potenciales en condiciones como la sarcopenia y la osteoporosis.

Dada la potencial peligrosidad de la exposición prolongada a la vibración de cuerpo entero, se considera crucial la elaboración de protocolos de ejercicio seguros dirigidos a diversas poblaciones. Los resultados obtenidos bajo parámetros específicos y condiciones controladas han revelado sorprendentes beneficios, corrigiendo la pérdida ósea y muscular, mejorando la fuerza, la flexibilidad y reduciendo la adiposidad.

La exposición cotidiana a diversas fuentes de vibración, como aquellas presentes en el transporte público o entornos laborales con maquinaria pesada, impacta al cuerpo humano de manera multifacética. La respuesta a estas vibraciones está condicionada por factores como frecuencia, amplitud, duración, dirección de entrada, ubicación y masa corporal. Esta influencia

se manifiesta tanto a nivel mecánico, generando daño en los tejidos por resonancia, como a nivel psicológico, desencadenando reacciones de estrés que no siempre están directamente vinculadas a la frecuencia. La energía mecánica transmitida por las vibraciones es absorbida por tejidos y órganos, afectando la función muscular y el rendimiento motor. Estudios adicionalmente indican que las vibraciones ejercen una influencia en el estado general de conciencia, impactando el sueño, el rendimiento funcional y generando reacciones de estrés psicológico.

1.2.3. Clases de vibraciones

1.2.3.1. Vibraciones por Excitación

Las vibraciones por excitación se dividen en dos categorías: vibraciones libres y forzadas. Las vibraciones libres ocurren de manera instantánea debido a la aplicación de energía cinética o la existencia de energía potencial en el sistema. En contraste, las vibraciones forzadas son resultado de una excitación continua. Los sistemas, al poseer algún movimiento inicial, experimentan vibraciones libres por la aplicación de energía cinética o la presencia de energía potencial. (Ariza July Astrid & Zamora Nelson Eduardo, 2009)

1.2.3.2. Vibraciones por Disipación de Energía

La clasificación por la disipación de energía distingue entre vibraciones amortiguadas y no amortiguadas. Las vibraciones amortiguadas sufren una afectación en la oscilación debido a la disminución de energía, causada por factores como la fricción o elementos físicos. Por otro lado, las vibraciones no amortiguadas no experimentan cambios en el fenómeno inicial a pesar de la disipación de energía. (Ariza July Astrid & Zamora Nelson Eduardo, 2009)

1.2.3.3. Vibraciones por Linealidad de los Elementos

Según la linealidad de los componentes, las vibraciones se categorizan como lineales o no lineales. Aunque la mayoría de los elementos exhiben un comportamiento no lineal, bajo

condiciones específicas, es posible convertirlos en fenómenos lineales.(Ariza July Astrid & Zamora Nelson Eduardo, 2009)

1.2.3.4. *Vibraciones por la Señal*

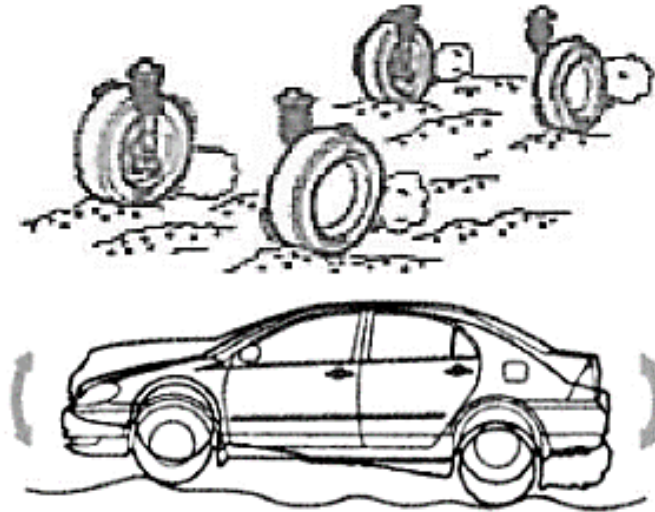
La clasificación por la señal distingue entre vibraciones determinísticas y probabilísticas. Las vibraciones determinísticas permiten representarse mediante ecuaciones matemáticas, facilitando la predicción de su comportamiento. En contraste, las vibraciones probabilísticas generan movimientos irregulares e impredecibles. Dentro de las vibraciones determinísticas se encuentran las periódicas, con repeticiones en intervalos de tiempo, y las senoidales, con una configuración similar a una onda senoide.(Ariza July Astrid & Zamora Nelson Eduardo, 2009)

1.3. Conducción incómoda

La conducción incómoda (figura 15) hace alusión al balanceo y bamboleo experimentado por todo el vehículo, refiriéndose a la transmisión de cada irregularidad presente en la calzada hacia la carrocería. Este fenómeno se manifiesta al circular sobre baches o superficies irregulares a velocidades específicas. Principalmente, la incomodidad en la conducción surge debido a las irregularidades en la carretera, ya sea por la presencia de baches o por vibraciones provenientes de los neumáticos o la suspensión del vehículo. El proceso de desarrollo de esta incomodidad es el siguiente: la carrocería del vehículo se balancea al transitar sobre una carretera con irregularidades, transmitiendo estas oscilaciones a la suspensión. A su vez, las oscilaciones en la suspensión generan un bamboleo repetitivo en la carrocería del vehículo, creando la sensación de balanceo para los pasajeros. En resumen, la conducción incómoda se refiere a la sensación de inestabilidad y movimiento repetitivo que experimentan los ocupantes del vehículo debido a las condiciones adversas de la carretera o a problemas en la suspensión y neumáticos.(Vega David Mauricio, 2014)

Figura 15

Vibraciones en la conducción.



Nota: Adaptado de (Vega David Mauricio, 2014)

1.4. Freematics One+

Freematics ONE + (figura 16) es una plataforma basada en Arduino diseñada para conectarse al puerto OBD de un vehículo. Actúa como un dispositivo autónomo para registrar datos, con acceso a la ECU del vehículo. Incluye un sensor de movimiento de 9 grados de libertad (9-DOF) y posiblemente otros sensores externos. Los datos capturados pueden ser procesados en tiempo real, almacenados internamente o en una tarjeta microSD, y transmitidos mediante BLE, Wifi o red celular. Este hardware es de código abierto e incluye un conjunto de herramientas de desarrollo (SDK) y software de programación (firmware) basado en Arduino. (Gárate Danilo Abelardo, 2018)

Figura 16

Freematics One +



Tabla 1

Especificaciones de Freematics

Especifica de Freematics One +	
Controlador Principal	Espressif ESP32
Transceptor	Construido HT40
Red inalámbrica	Bluetooth, contiene modo dual
Suplemento	Co – procesador STM -32
Rastreador de desplazamiento	Sensor MPU – 9250
Dispositivo GPS	M8030 10Hz
Comunicación inalámbrica	SIM800L O SIM53600 para red celular
Potencia nominal	80 MHz: 20 mA (Wifi Inactivo) 80 MHz: 50 mA (Wifi Activo) 80 MHz : 180 Ma (3G Activo)

Nota. Fuente,(Vega David Mauricio, 2014)

1.5. Buffer Power Cushion (BPC)

Buffer Power Cushion (figura 17) es un cojín de uretano TTC que se utiliza para mejorar la suspensión y aumentar el confort y la seguridad al conducir. Este cojín está diseñado para reducir el impacto contra el amortiguador al pasar sobre baches y carreteras irregulares, lo que ayuda a prolongar la durabilidad del amortiguador y minimiza los impactos provenientes de la superficie de la carretera. Además, evita el fenómeno de inclinación al entrar en curvas a alta velocidad, reduce las vibraciones, el ruido del cuerpo del automóvil, y disminuye la fatiga del conductor durante trayectos largos o conducción frecuente. En comparación con los cojines de amortiguación de potencia existentes, el Buffer Power Cushion proporciona una sensación de conducción mucho más cómoda. (*TTC Urethane Cushion*, 1994)

Figura 17

Buffer Power Cushion



Nota: Adaptado de (Partovi Meran, 2018)

1.6. Matlab®

MATLAB® es un entorno y lenguaje de programación de alto rendimiento diseñado para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices, así como con números escalares, cadenas de caracteres y otras estructuras de información más complejas. Además de ser una herramienta para realizar cálculos técnicos, permite a los usuarios construir sus propias herramientas reutilizables mediante la creación de funciones y programas especiales, conocidos como M-archivos, que pueden ser agrupados en Toolbox o librerías especializadas para trabajar en clases particulares de problemas. MATLAB® es capaz de manejar una amplia gama de operaciones matemáticas y técnicas, incluyendo cálculo matricial, álgebra lineal, manipulación de polinomios, funciones, ecuaciones diferenciales ordinarias y generación de gráficos. (Cristina & Fernández, 2018)

1.7. Transformada de Fourier

La transformada de Fourier es una herramienta matemática utilizada en el análisis de señales y sistemas. Permite descomponer una señal en sus componentes de frecuencia, lo que facilita el estudio y la manipulación de la señal en el dominio de la frecuencia en lugar del dominio del tiempo.

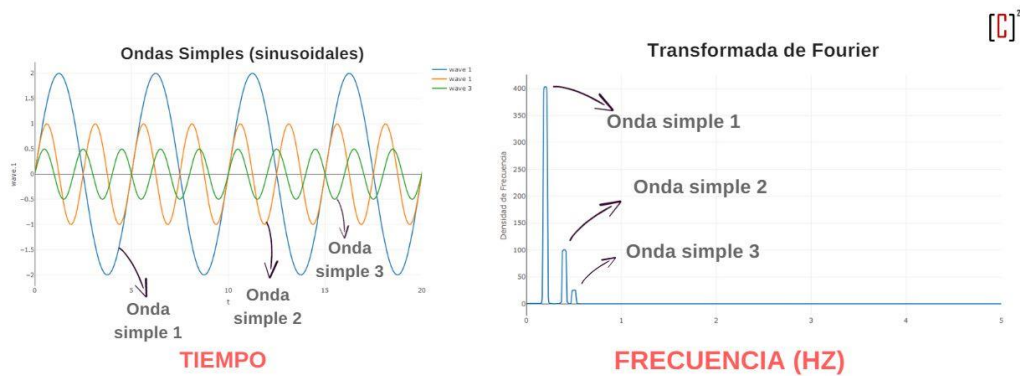
La transformada de Fourier toma una función en el dominio del tiempo (una señal en el tiempo) y la convierte en una función en el dominio de la frecuencia, mostrando las diferentes frecuencias que componen la señal original. Esto es útil en muchas áreas, como procesamiento de señales, comunicaciones, procesamiento de imágenes, análisis de sistemas físicos, entre otros.

La transformada de Fourier se usa para analizar la periodicidad y las características de frecuencia de una señal, lo que permite realizar filtrado de señales, modulación, demodulación, compresión de datos, entre otras aplicaciones.

Hay varias formas de la transformada de Fourier, como la transformada de Fourier continua (para señales continuas en el tiempo), la transformada de Fourier discreta (para señales discretas en el tiempo), la transformada de Fourier de tiempo discreto (para señales discretas en el tiempo y periódicas), entre otras variantes. Cada una tiene sus propias aplicaciones y propiedades matemáticas específicas. (LAF A, 2008). (figura 18) Muestra la diferencia entre ondas simples (sinusoidales) y su transformada de Fourier. La transformada de Fourier descompone una señal compleja en ondas simples, mostrando su frecuencia y amplitud

Figura 18

Transformada de Fourier



Nota: Adaptada de (Conceptos claros, 2008)

2. Capítulo 2. Exploración metodológica

2.1.Introducción

En este capítulo, se desarrolla el diseño de experimentos y la obtención de datos, elementos fundamentales para comprender el comportamiento de la suspensión con el accesorio Buffer Power Cushion en el Hyundai Accent. Se exploran la selección de la muestra, la aplicación del accesorio y la metodología detallada, destacando la relevancia de cada paso. Este enfoque meticuloso no solo proporciona una visión detallada de los experimentos, sino que también sienta las bases para resultados sólidos y significativos en capítulos posteriores.

2.2.Selección de rutas

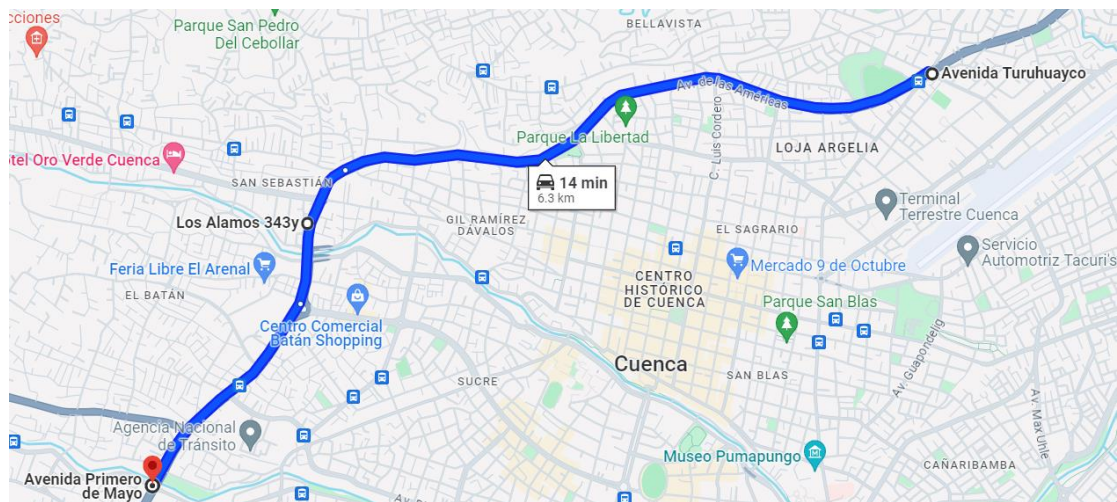
En el contexto de la ciudad de Cuenca, se realizó una meticulosa evaluación de las rutas para la adquisición de señales, asegurando así la representatividad de los datos recopilados. Se consideraron las características clave de las vías locales en el diseño experimental para abordar la diversidad de condiciones de conducción presentes en la ciudad. Las rutas elegidas fueron las siguientes: calle pavimentada con asfalto, calle adoquinada y vía de tierra.

2.2.1. Calle pavimentada con asfalto

La Figura 19 presenta la primera ruta seleccionada, que recorre la Avenida de las Américas en la ciudad de Cuenca, con una extensión total de 6.3 kilómetros. Este itinerario se inicia en el redondel de la Avenida Turuhuayco y concluye en el redondel de la Avenida Primero de Mayo. Las condiciones del pavimento de asfalto exhiben uniformidad y consistencia a lo largo de los de la ruta. Este enfoque meticuloso en la integridad del pavimento garantiza la fiabilidad y precisión de los datos recopilados en el estudio.

Figura 19

Ruta de asfalto, Av. de las Américas.

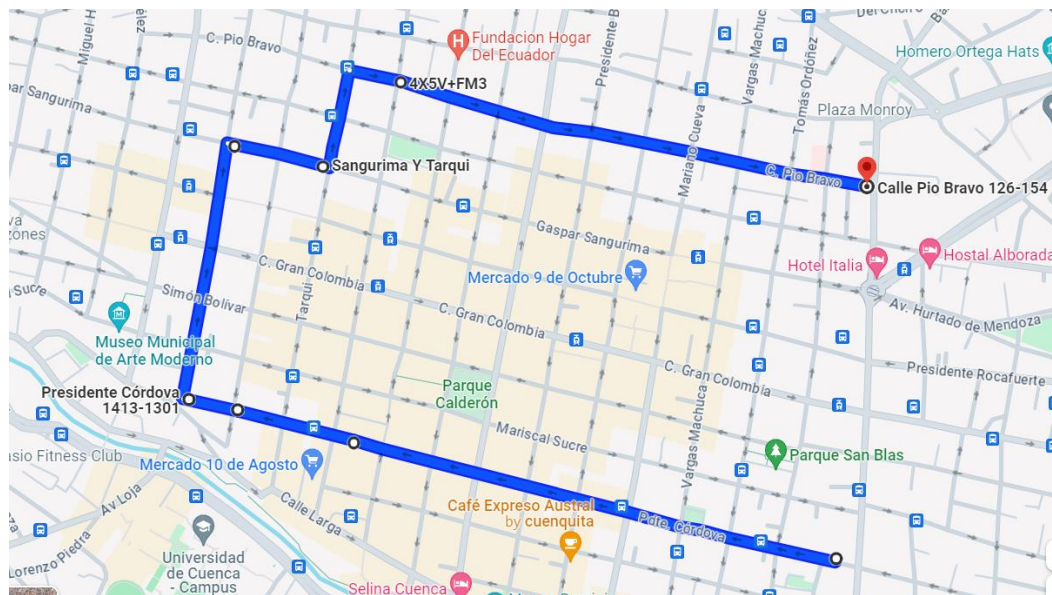


2.2.2. Calle adoquinada

Se presenta la segunda ruta (figura 20), con una longitud de 3.7 kilómetros, se inicia en la intersección de la Avenida Huayna Cápac y Presidente Córdova, finalizando en la intersección de la Huayna Cápac y Pío Bravo. Esta ruta, centrada en áreas históricas y calles empedradas, de la ciudad de Cuenca. Las calles incluidas son Presidente Córdova, Estévez de Toral, Gaspar Sangurima, Tarqui y Pío Bravo. El pavimento de adoquines presenta desafíos como superficies irregulares y juntas entre los adoquines, afectando la transmisión de vibraciones. Se registran posibles variaciones en la textura y estado del adoquín a lo largo del recorrido, proporcionando una visión detallada de las condiciones del pavimento en este contexto histórico.

Figura 20

Ruta de adoquín.

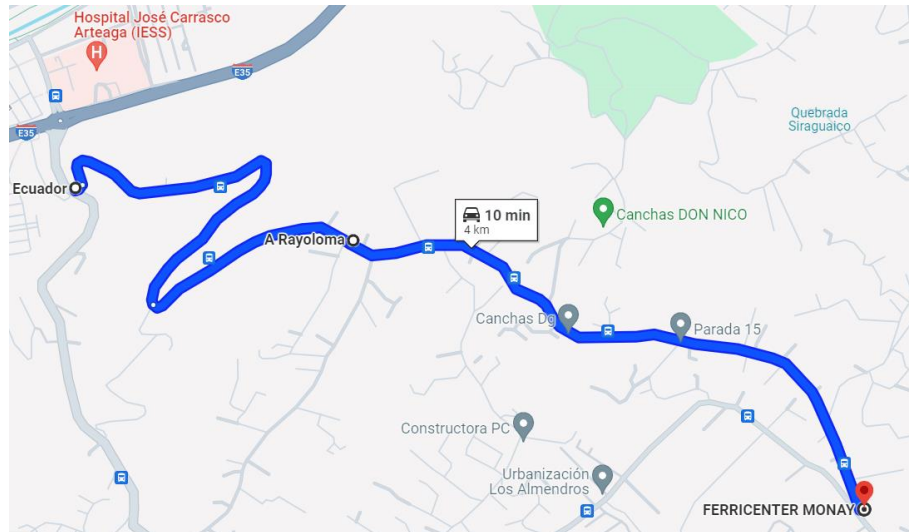


2.2.3. Vía de tierra

Se presenta la tercera ruta (figura 21) abarca la Vía Rayoloma, que se extiende desde la entrada de la ciudadela Bello Horizonte hasta la ferretería Ferricenter Monay, con una longitud de 4 kilómetros. Se ha seleccionado esta ruta de tierra estratégicamente en áreas periféricas de la ciudad, caracterizadas por caminos no pavimentados., presenta superficies de tierra y grava. La investigación se centra en evaluar las condiciones cambiantes del terreno, considerando posibles baches, desniveles y la influencia de las condiciones climáticas en la textura del camino. La conducción en esta ruta puede requerir adaptaciones en la velocidad y el manejo del vehículo debido a la naturaleza menos estructurada de las vías de tierra.

Figura 21

Ruta de tierra



2.3. Selección de vehículo

La figura 22 presenta el vehículo seleccionado para el análisis de vibraciones, siendo un automóvil de la marca Hyundai, modelo Accent, correspondiente al año 2013.

Figura 22

Vehículo de prueba



2.4. Modelo del sistema de medición y análisis.

El procedimiento (figura 23) se divide en dos fases distintas para lograr una ejecución eficiente. En la primera fase, denominada "Procesamiento de la señal", se lleva a cabo la recopilación de datos y el acondicionamiento necesario de la señal. Este proceso engloba la captura y preparación de la información pertinente para su análisis subsiguiente. La segunda fase, titulada "Procesamiento y análisis de datos", se centra en el análisis y diagnóstico de la información recolectada. Durante esta etapa, se aplican diversas técnicas y métodos para comprender exhaustivamente la información, lo que permite identificar patrones, detectar posibles anomalías y extraer conclusiones significativas.

Figura 23

Diagrama de proceso de análisis.

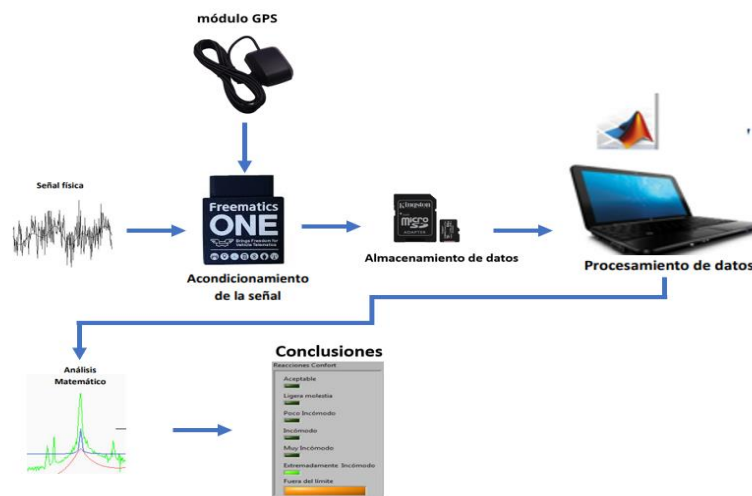


Figura 24

Equipo de medición



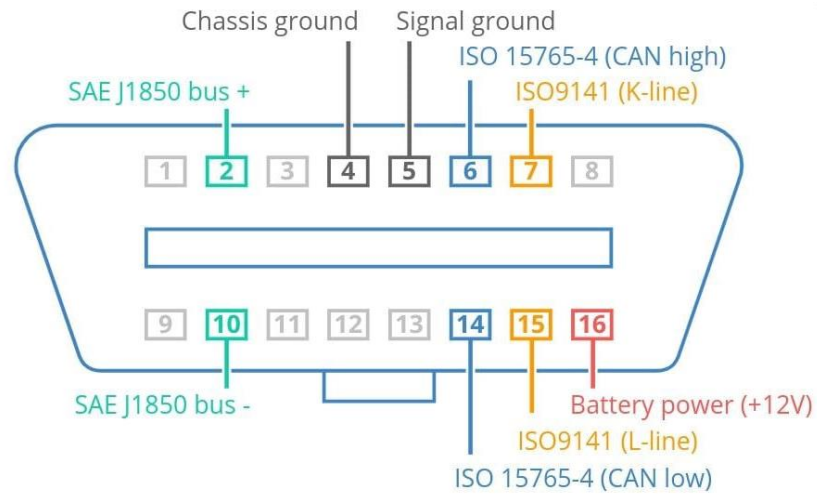
2.5.Preparación del Sistema para la Captura de Datos

2.5.1. Conexión para Alimentación Eléctrica del Sistema

La figura 25 exhibe la disposición de los pines de señal en el dispositivo Freematics, destinado a la adquisición de datos. Los pines 5 y 4 están asignados para la conexión a tierra, mientras que el pin 16 se designa como el terminal positivo. Estos terminales positivo y negativo se conectarán a un adaptador de encendedor de automóvil ("car cigarette adapter") representado en la figura 26 para la alimentación correspondiente.

Figura 25

Pines de conexión Freematics



Nota. Fuente, (Linkedin, 2013)

Figura 26

Adaptador de cigarrallera.



La figura 27 ilustra la conexión de la antena GPS al dispositivo Freematics con el propósito de recibir las señales correspondientes a las rutas transitadas.

Figura 27

Freematics y antena GPS



2.5.2. Almacenamiento de Datos Adquiridos

A través de una tarjeta microSD insertada en el dispositivo Freematics (figura 28), se desempeña la función de almacenamiento para los datos recopilados durante el proceso de captura de información. Los datos obtenidos son las aceleraciones en x , y , z y la resultante r y se expresan en m/s^2

Figura 28

Freematics y microSD



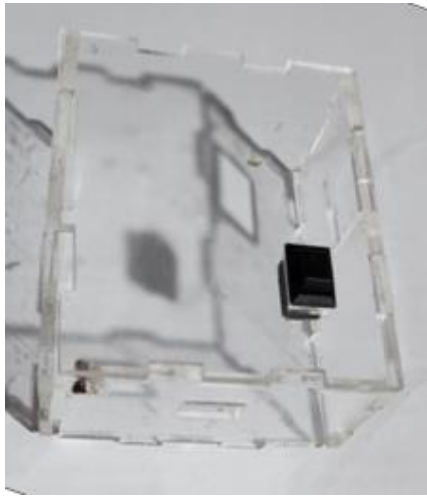
Nota. Fuente, (Freematics, 2011)

2.5.3. Aislamiento del sistema

A través del empleo de acrílico (figura 29), se confecciona una carcasa protectora integral destinada a preservar la integridad de las conexiones y garantizar una óptima recepción de datos en el sistema.

Figura 29

Protector de conexiones de medición.



2.6. Integración del Sistema en el Vehículo

La figura 30 representa la colocación del sistema en el chasis del vehículo, específicamente en la parte superior del amortiguador, asegurándolo de manera estable. Asimismo, se observa la disposición de la antena GPS y la conexión a la batería mediante un adaptador conocido como "Wholesale Enchufe Hembra IP67 para Cigarrillos",

Figura 30

Ensamblaje del sistema de medición en el vehículo.



2.7.Implementación de Power Cushion Buffer

Para llevar a cabo la implementación del accesorio Power Cushion Buffer, se requiere seguir rigurosamente los pasos detallados que se presentan a continuación.(*TTC Urethane Cushion*, 1994)

En el primer paso, se procede a elevar el vehículo con los debidos dispositivos de seguridad, asegurándolo con caballetes de acuerdo con las normativas de seguridad vigentes.

A continuación, se lleva a cabo la remoción de los neumáticos del vehículo.

En el tercer paso, se procede a la desinstalación de los amortiguadores (figura 31) para facilitar el acceso y la manipulación del sistema, preparándolo para la siguiente etapa.

Figura 31

Desmontaje de amortiguadores.



Posteriormente, se desarma por completo el sistema de suspensión (figura 32) para verificar estado de los elementos.

Figura 32

Despiece del amortiguador.



Después se realiza la colocación del accesorio Buffer Power Cushion (figura 33) en el muelle de la suspensión, asegurándose de seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante.

En el siguiente paso, se procede a ensamblar los amortiguadores de manera adecuada preparándolos para su instalación en el vehículo

Figura 33

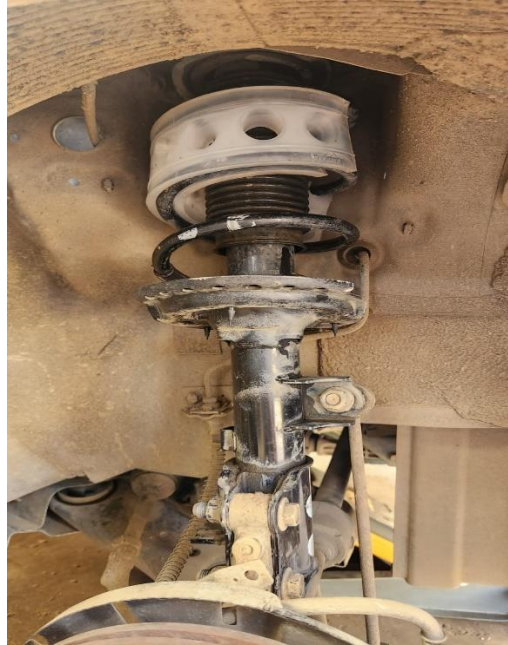
Buffer Power Cushion adaptado en el amortiguador.



Finalmente, se lleva a cabo la instalación de los amortiguadores ya ensamblados en el vehículo (figura 34) y se procede a colocar los neumáticos. Una vez completada esta tarea, se retiran los caballetes y se desbloquea el vehículo de manera segura.

Figura 34

Amortiguador con Buffer Power Cushion en el vehículo



2.8. Proceso de Adquisición de Datos en las Rutas

Para la obtención de los datos mediante las pruebas de suspensión, se debe considerar que todos los datos recopilados de las tres rutas se obtuvieron bajo condiciones uniformes. Estas condiciones incluyen velocidades consistentes, tipos de calzadas idénticos, el uso del mismo vehículo y una conducción homogénea. Es importante destacar que el vehículo fue sometido a un mantenimiento correctivo previo a las pruebas, con el propósito de garantizar que dicho mantenimiento no afectara las mediciones realizadas.

2.8.1. Obtención de Datos en Vía Asfaltada

Las pruebas efectuadas en la ruta pavimentada con asfalto han arrojado resultados que se encuentran representados en la figura 35. Esta figura ilustra la trayectoria recorrida y proporciona información detallada sobre los diferentes puntos de conducción. Los datos recopilados están

exhaustivamente detallados en la tabla 2, donde se registran las velocidades alcanzadas a lo largo del trayecto.

La velocidad máxima registrada durante el recorrido fue de 70.38 km/h, mientras que la mínima se situó en 0 km/h. La velocidad promedio del recorrido se ha calculado en 31.89 km/h. Cabe destacar que este valor se atribuye al límite máximo de velocidad permitido en la Avenida España, que es de 70 km/h, con un excedente del 0.5% debido al modo de conducción.

Figura 35

Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía obtenida asfaltada.



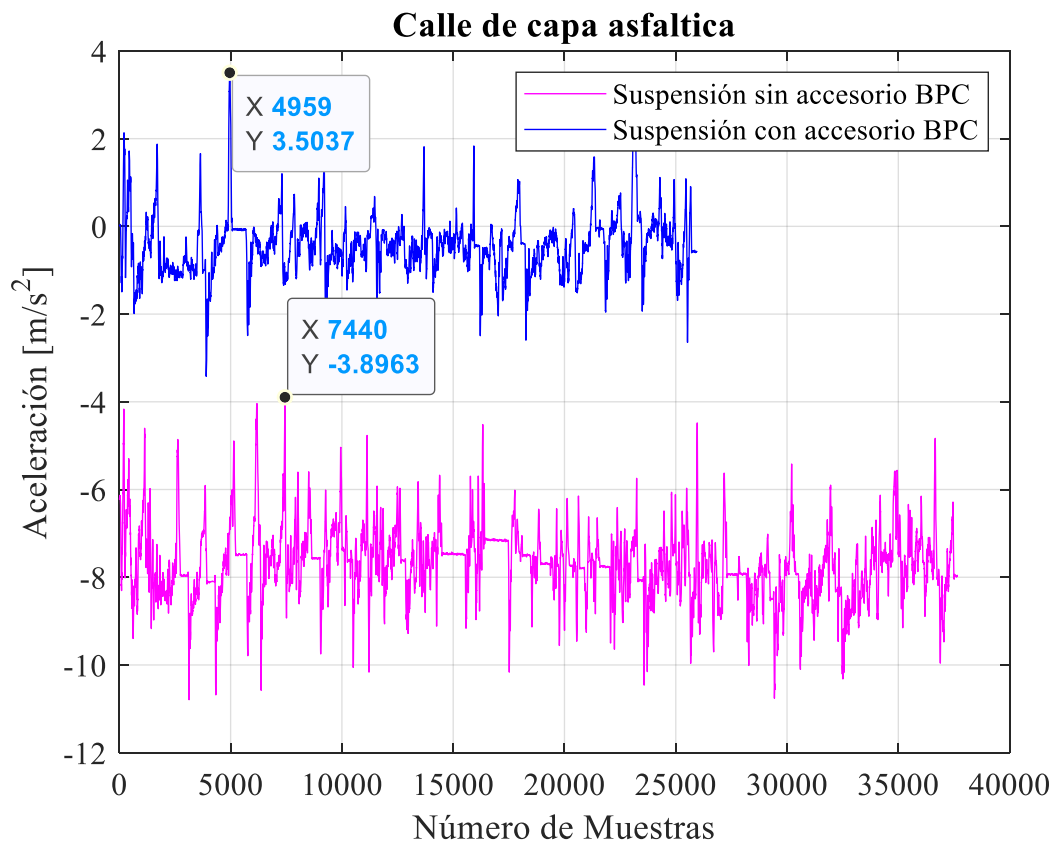
Tabla 2

Velocidades de conducción en vía asfaltada

Velocidad de conducción	
Velocidad máxima	70.38 km
Velocidad mínima	0 km/h
Velocidad media	31.89km/h

Figura 36

Gráfica temporal de vía asfaltada.



2.8.2. Registro de Datos en Vía Adoquinada

Las pruebas realizadas en la ruta pavimentada con adoquines han arrojado resultados representados en la figura 37, la cual ilustra la trayectoria recorrida y proporciona información sobre los diferentes puntos de conducción. Los datos recopilados se encuentran detallados en la tabla 3, donde se registran las velocidades alcanzadas durante el trayecto. La velocidad máxima alcanzada fue de 45.65 km/h, mientras que la mínima se registró en 0 km/h. La velocidad media del recorrido se calculó en 18.30 km/h.

Figura 37

Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía adoquinada.

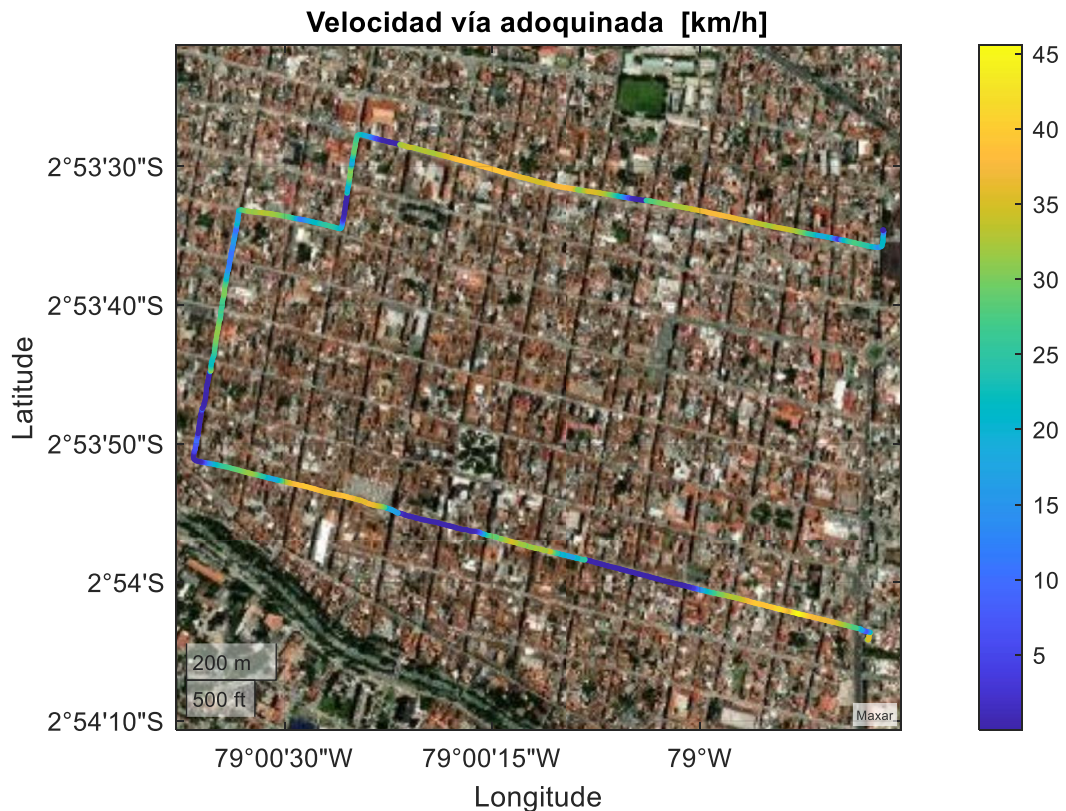


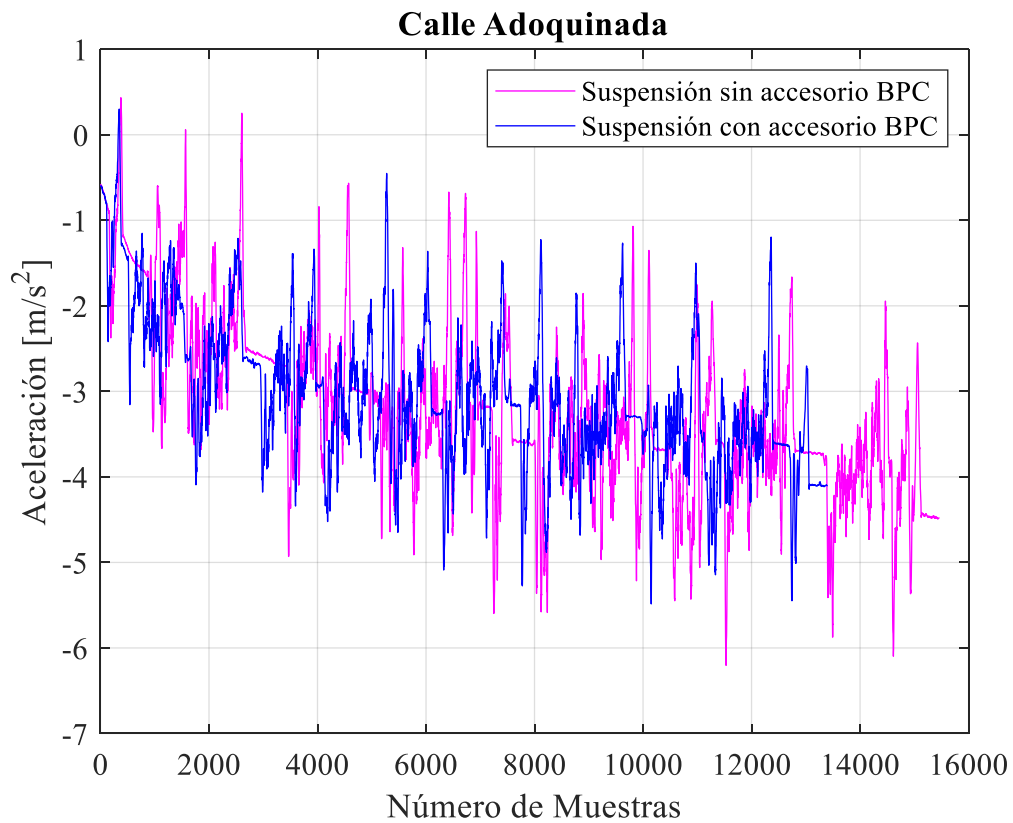
Tabla 3

Velocidades de conducción en vía adoquinada.

Velocidad de conducción	
Velocidad máxima	45.65 km
Velocidad mínima	0 km/h
Velocidad media	18.30 km/h

Figura 38

Gráfica temporal de vía adoquinada



2.8.3. Registro de Datos en Vía de tierra

Los análisis efectuados en la ruta de tierra han generado resultados que se presentan en la figura 39, la cual grafica la trayectoria recorrida y ofrece información detallada sobre los

distintos puntos de conducción. Los datos recopilados están minuciosamente desglosados en la tabla 4, donde se registran las velocidades alcanzadas a lo largo del trayecto.

Se observó una velocidad máxima de 52.63 km/h, mientras que la mínima se mantuvo en 0 km/h. La velocidad promedio del recorrido se ha calculado en 31.89 km/h. Se destaca que este valor experimenta un desfase del 5.36% debido al modo de conducción empleado.

Figura 39

Velocidades de la ruta obtenida por GPS de vía de tierra

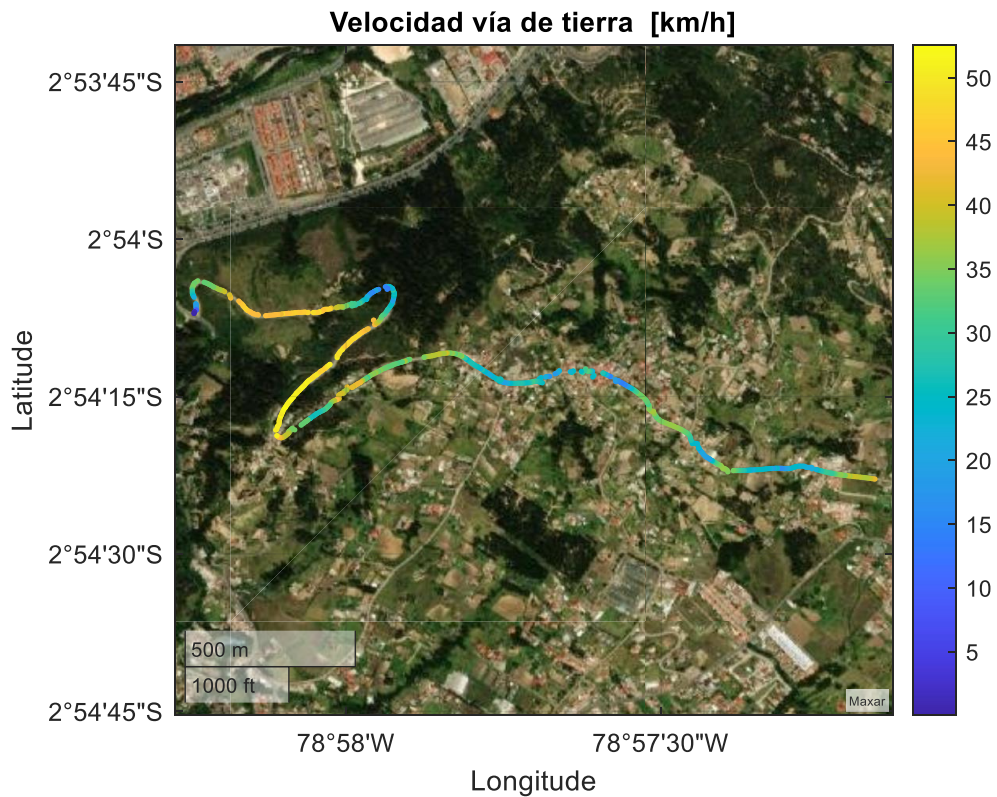


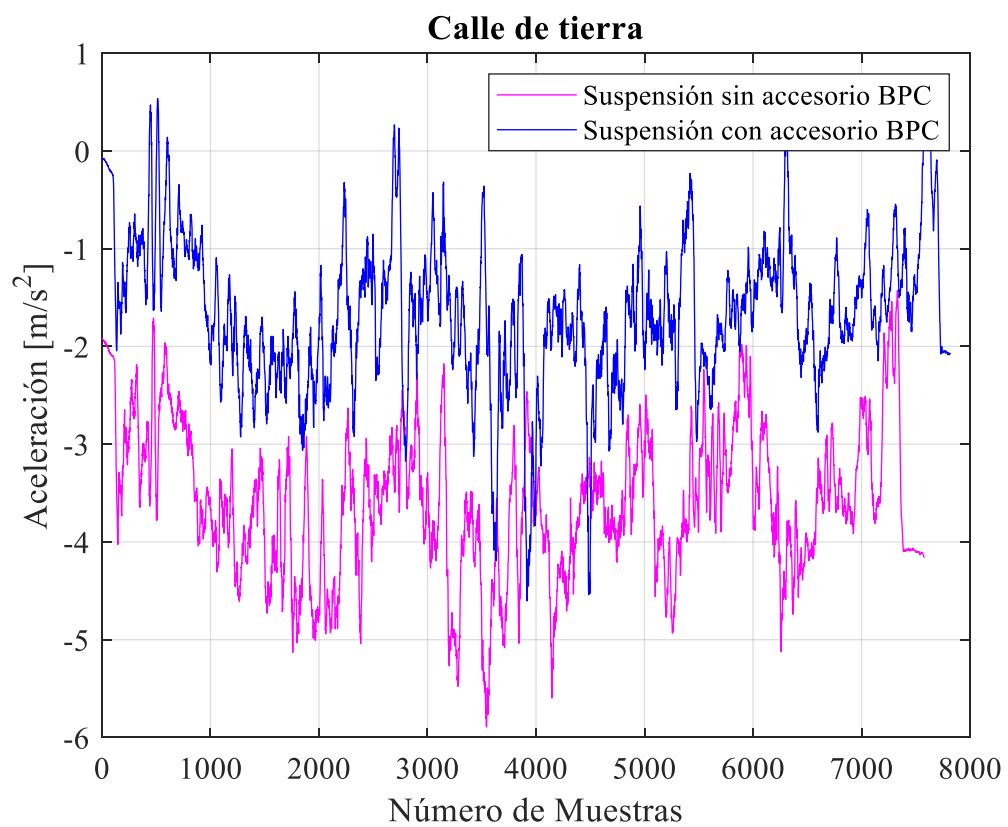
Tabla 4

Velocidades de conducción

Velocidad de conducción	
Velocidad máxima	52.63 km
Velocidad mínima	0 km/h
Velocidad media	31.89 km/h

Figura 40

Gráfica temporal de vía de tierra



3. Capítulo 3 Análisis de resultados

3.1.Introducción

El presente capítulo marca el punto culminante de la investigación, donde se lleva a cabo un exhaustivo análisis de los resultados obtenidos a través de la aplicación de técnicas de procesamiento de señales utilizando MATLAB®. Este software especializado despliega un código diseñado para realizar una serie de operaciones fundamentales en la evaluación de matrices de vibración, que son esenciales para comprender el comportamiento de la suspensión bajo diferentes configuraciones.

El código desarrollado carga dos conjuntos de datos que representan matrices de vibración, y a partir de ahí, inicia un minucioso procesamiento de señales. Este proceso incluye etapas cruciales como el filtrado de datos y el análisis de Fourier, que permiten descomponer las señales en el dominio de la frecuencia y obtener amplitudes relevantes para el estudio.

Una vez obtenidas estas amplitudes, el código procede a visualizarlas de manera suavizada, lo que facilita la identificación de patrones y diferencias significativas entre las dos configuraciones de la suspensión analizadas. Además, se realiza una comparación gráfica entre las señales de aceleración de ambas matrices, lo que proporciona una comprensión visual inmediata de las variaciones en las condiciones de vibración.

Para complementar este análisis visual, se calculan estadísticas descriptivas que arrojan luz sobre las características cuantitativas de las amplitudes máximas en frecuencias específicas. Además, se lleva a cabo una comparación detallada de las diferencias porcentuales entre las amplitudes de las dos matrices, lo que permite identificar de manera precisa el impacto del accesorio BPC en la suspensión.

En conjunto, este análisis exhaustivo no solo ofrece una evaluación rigurosa de las diferencias en las condiciones de vibración entre las dos configuraciones estudiadas, sino que también proporciona una comprensión detallada de los efectos del accesorio BPC en la suspensión. Estos hallazgos son fundamentales para la formulación de conclusiones sólidas y para destacar las implicaciones prácticas y teóricas de la investigación realizada.

Comparación vía de asfalto

3.2. Análisis Detallado de Gráficas de la vía asfaltada

Al analizar detalladamente las gráficas, se revela que la figura 43 muestra la superposición de la señal de la vía asfaltada con (figura 41) y sin el accesorio Buffer Power Cushion (figura 42). Además, la tabla 5 proporciona los datos obtenidos de la gráfica en frecuencias de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Hz. Estos datos indican que la amplitud de la señal con el accesorio BPC es considerablemente mayor que la de la señal sin el accesorio Buffer Power Cushion en varias frecuencias, lo que sugiere una amplificación en esos puntos de frecuencia.

Específicamente, se observa un aumento máximo del 128.31% en la amplitud de la señal con el accesorio BPC a 3 Hz, junto con un aumento mínimo del 31.31% a 7 Hz. Estos resultados contribuyen a un aumento promedio significativo del 75.45% en la amplitud de la señal con el accesorio BPC en comparación sin el accesorio BPC, lo que indica una tendencia general hacia mayores amplitudes en la señal con el accesorio BPC en todas las frecuencias analizadas.

Este análisis resalta la variación en la respuesta de las señales a diferentes frecuencias y subraya la importancia de comprender cómo estas diferencias pueden influir en el comportamiento del sistema.

Figura 41

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía asfaltada sin BPC

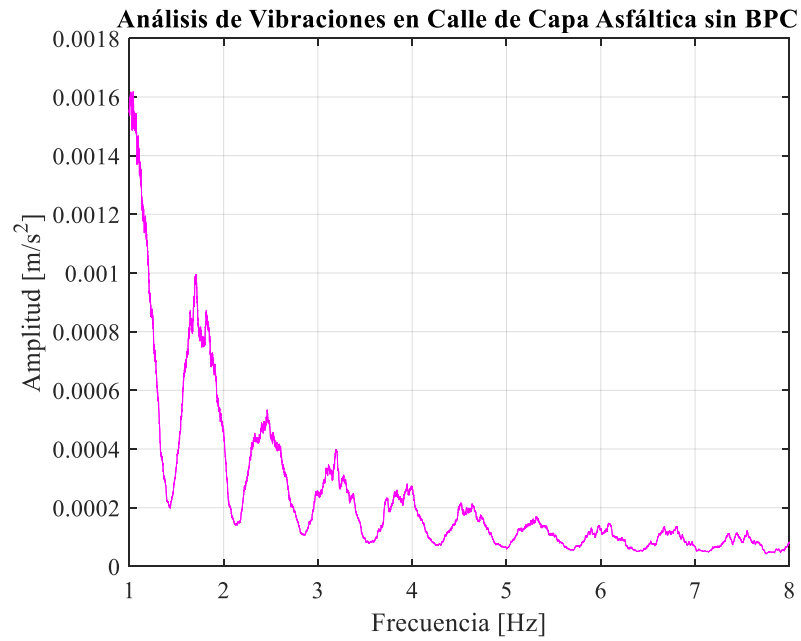


Figura 42

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía asfaltada con BPC

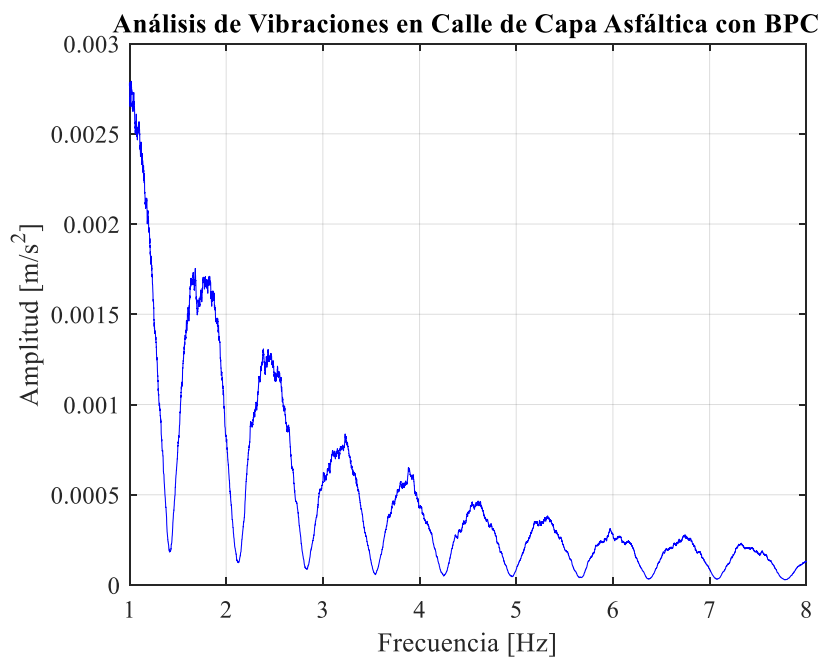


Figura 43

Comparación de gráficas de calle asfáltica.

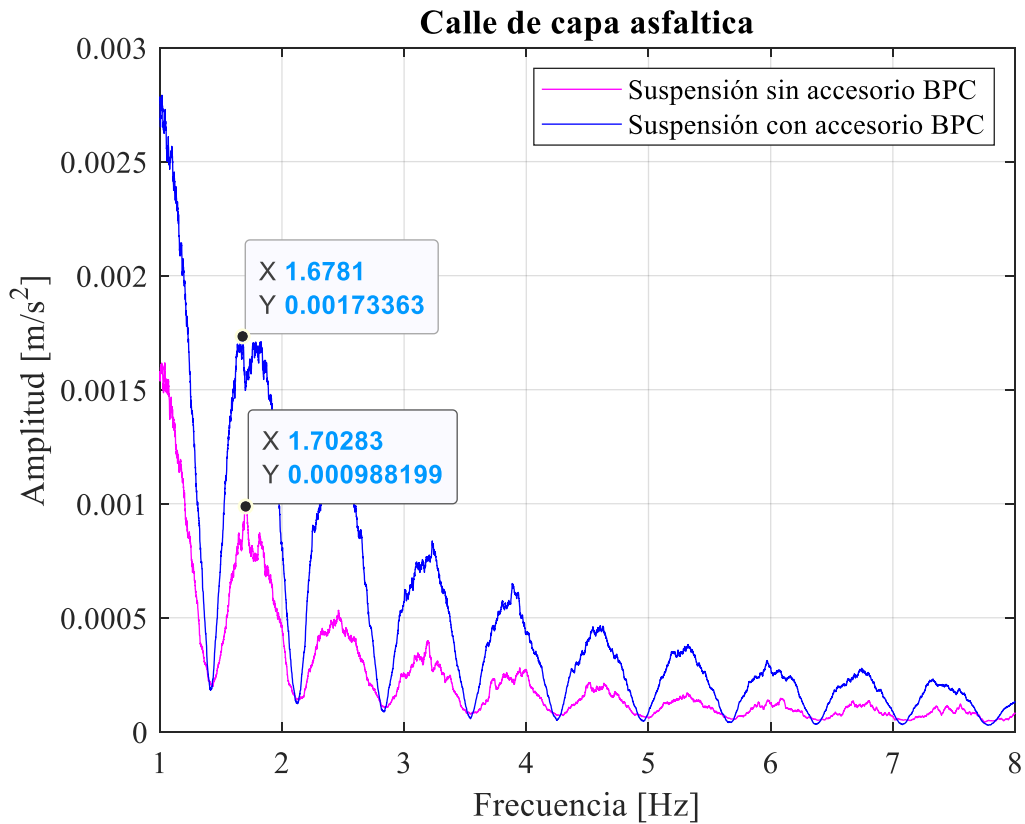


Tabla 5

Tabla comparativa de variación de amplitud (m/s) en vía asfaltada.

Frecuencia (Hz)	Amplitud sin el accesorio BPC (m / s^2)	Amplitud con el accesorio BPC (m / s^2)	Diferencia (m / s^2)	Porcentaje (%)
1	0.0015561	0.0027834	0.0012273	78.87
2	0.00046121	0.00080667	0.00034546	74.903
3	0.00025018	0.00057118	0.000321	128.31
4	0.00026865	0.00043027	0.00016162	60.16
5	6.0758e-05	8.5678e-05	2.492e-05	41.015
6	0.00012351	0.00027927	0.00015576	126.11
7	6.7316e-05	8.8398e-05	2.1082e-05	31.318
8	8.0463e-05	0.00013109	5.0627e-05	62.92
Porcentaje Medio				75.45%

3.3.Análisis Detallado de Gráficas de la vía adoquinada

Al analizar detalladamente las gráficas de la vía adoquinada(figura 46), se observa que la frecuencia máxima alcanza un aumento del 67.634%, mientras que la mínima registra una disminución del -25.378%. Además, se evidencia un aumento promedio del 3.5%.

Estos hallazgos revelan una variación significativa en la respuesta de las señales a diferentes frecuencias en la vía adoquinada. La amplitud de las señales experimenta un aumento notable en la frecuencia máxima, indicando una mayor vibración o resonancia en ese punto específico. Por otro lado, la disminución en la frecuencia mínima puede estar asociada con una menor absorción de energía o una respuesta menos pronunciada en esa frecuencia particular.

El aumento promedio del 3.5% sugiere una tendencia general hacia un incremento leve en la amplitud de las señales en comparación con las condiciones de referencia. Este análisis subraya la importancia de comprender cómo las características de la vía adoquinada pueden influir en el comportamiento del sistema y destaca la necesidad de considerar estas variaciones al diseñar o evaluar estructuras y dispositivos para su uso en este tipo de superficies.

Figura 44

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía adoquinada sin BPC

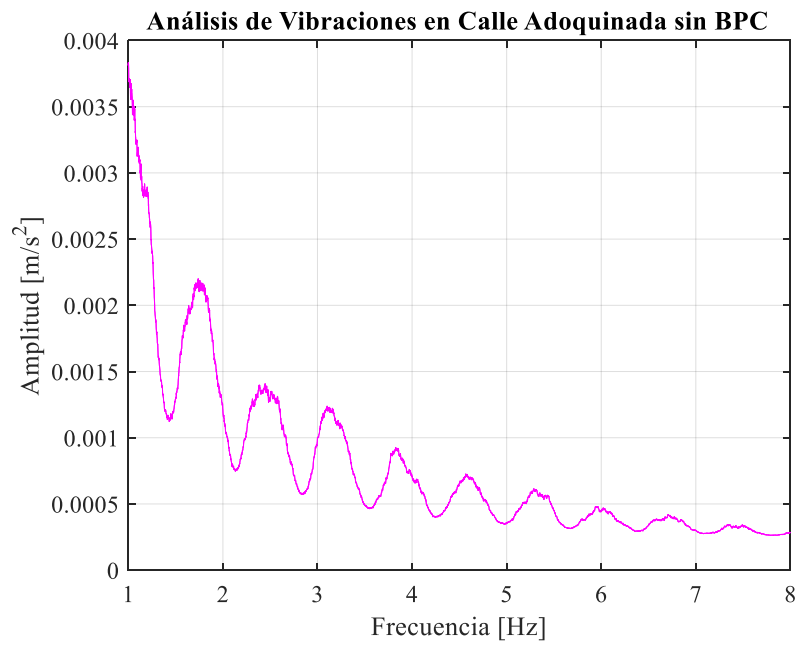


Figura 45

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía adoquinada con BPC

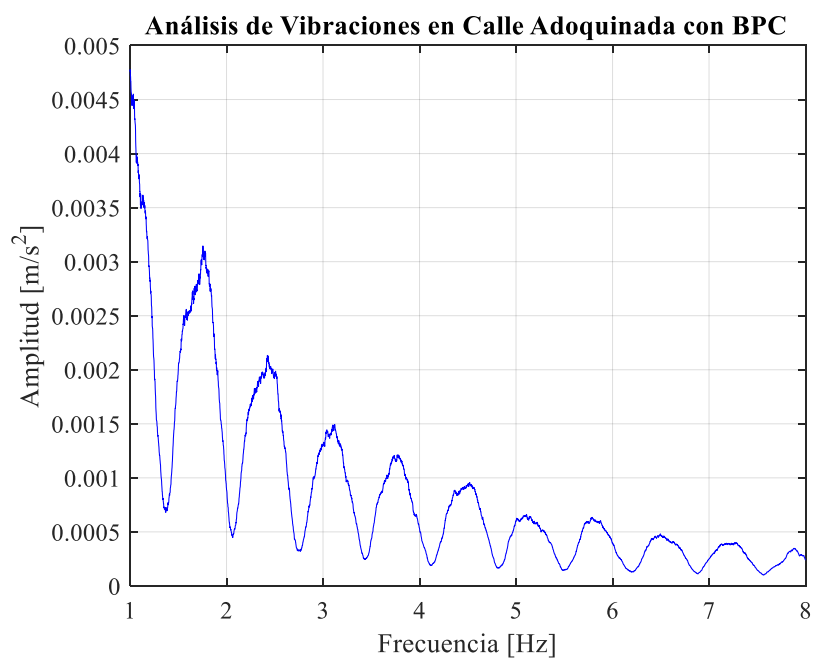


Figura 46

Comparación de gráficas de calle adoquinada.

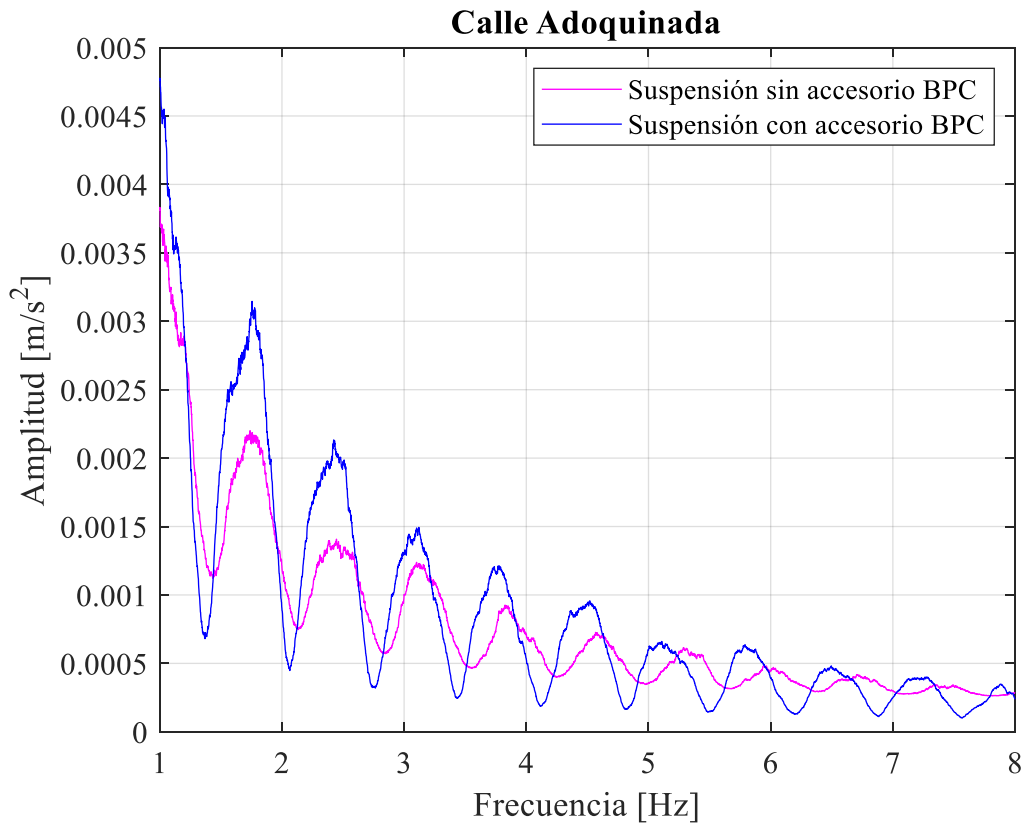


Tabla 6

Tabla comparativa de variación de amplitud (m/s) en vía adoquinada.

Frecuencia (Hz)	Amplitud sin el accesorio BPC (m / s^2)	Amplitud con el accesorio BPC (m / s^2)	Diferencia (m / s^2)	Porcentaje (%)
1	0.0038118	0.0047596	0.0009478	24.865
2	0.0011933	0.00090425	-0.00028905	-24.223
3	0.0010037	0.0012969	0.0002932	29.212
4	0.00070694	0.00052753	-0.00017941	-25.378
5	0.00035649	0.0005976	0.00024111	67.634
6	0.00044525	0.00039444	-5.081e-05	-11.412
7	0.00030117	0.00025029	-5.088e-05	-16.894
8	0.00028354	0.00023883	-4.471e-05	-15.768
Porcentaje Medio				3.5%

3.4. Análisis Detallado de Gráficas de la vía de tierra.

Al examinar minuciosamente las gráficas de la vía asfaltada (figura 49), se evidencia la superposición de la señal tanto con el accesorio buffer Power Cushion como sin él. La información se complementa con una tabla que detalla los datos obtenidos en frecuencias que van desde 1 hasta 8 Hz. Estos datos revelan que la señal con el accesorio BPC presenta una amplitud considerablemente mayor que la señal sin el accesorio BPC en la mayoría de las frecuencias analizadas, indicando una amplificación en dichos puntos de frecuencia.

Sin embargo, se destaca una excepción en las frecuencias de 4, 6 y 8 Hz, donde la amplitud de la señal con el accesorio BPC es superior a la de la señal sin el accesorio BPC. Específicamente, se observa un aumento máximo del 128.31% en la amplitud de la señal con el accesorio BPC a 3 Hz, así como un aumento mínimo del 31.31% a 7 Hz. A pesar de estas excepciones, el análisis revela un aumento promedio significativo del 37.54% en la amplitud de la señal con el accesorio BPC en comparación con la señal Amplitud sin el accesorio BPC, indicando una tendencia general hacia mayores amplitudes en la señal 11 en la mayoría de las frecuencias analizadas.

Este análisis subraya la variación en la respuesta de las señales a diferentes frecuencias, destacando la importancia de comprender cómo estas discrepancias pueden influir en el comportamiento del sistema.

Figura 47

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía de tierra sin BPC

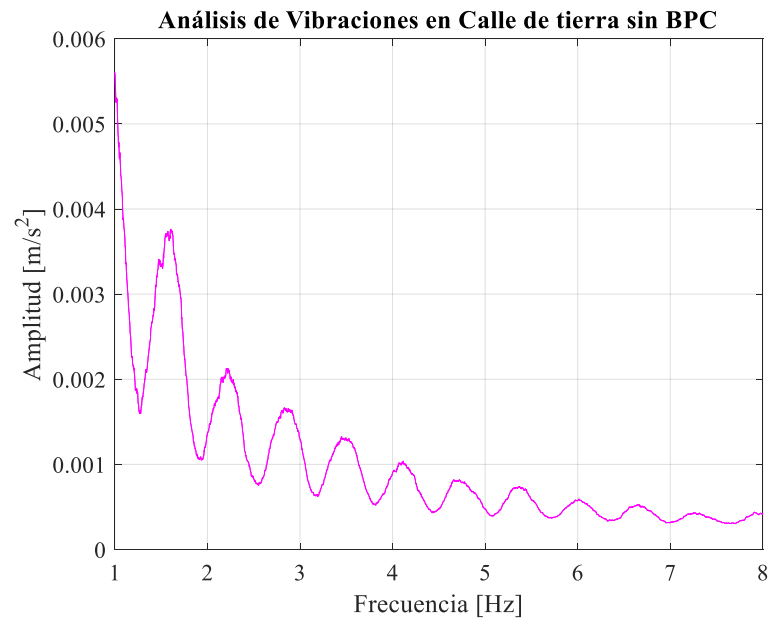


Figura 48

Gráfica de amplitud de vibraciones de la vía de tierra con BPC

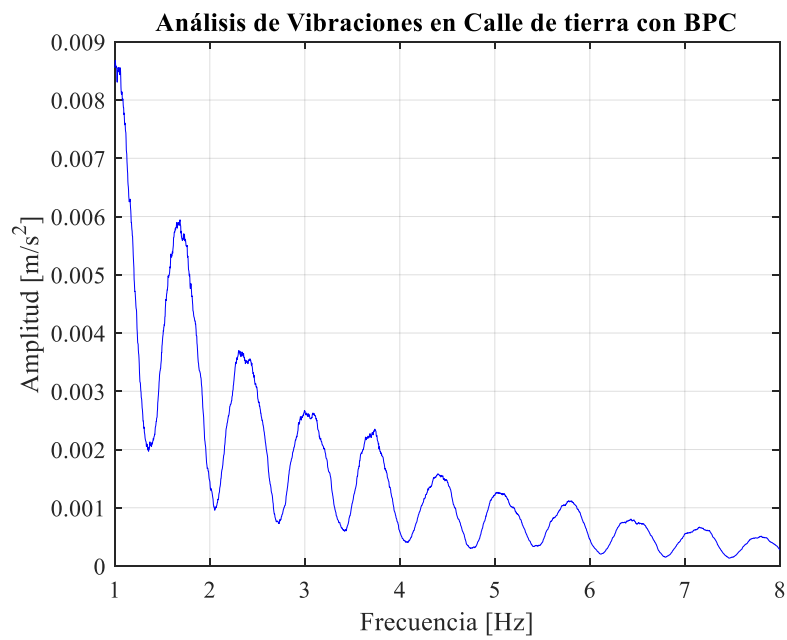


Figura 49

Comparación de gráficas de calle asfáltica.

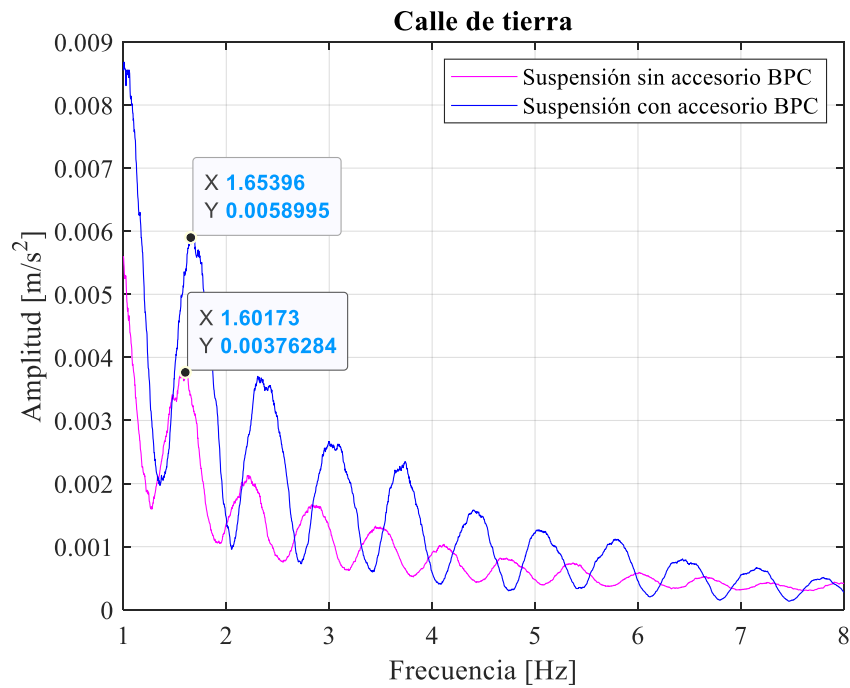


Tabla 7

Tabla comparativa de variación de amplitud (m/s) en vía de tierra.

Frecuencia (Hz)	Amplitud sin el accesorio BPC (m / s^2)	Amplitud con el accesorio BPC (m / s^2)	Diferencia (m / s^2)	Porcentaje (%)
1	0.0055985	0.0085632	0.0029647	52.955
2	0.001368	0.0014435	0.0000755	5.519
3	0.0013003	0.0026633	0.001363	104.82
4	0.00090271	0.00058474	-0.00031797	-35.224
5	0.00047861	0.001219	0.00074039	154.7
6	0.00057802	0.00045329	-0.00012473	-21.579
7	0.00031869	0.00055143	0.00023274	73.03
8	0.00041872	0.00027758	-0.00014114	-33.707
Porcentaje Medio				37.56%

4. CONCLUSIONES

El estudio detallado sobre el impacto del accesorio Buffer Power Cushion (BPC) en las vibraciones del vehículo Hyundai Accent revela una discrepancia significativa entre los beneficios anticipados y los resultados observados. Contrario a las expectativas, el análisis de las vibraciones en tres tipos de calzada muestra un aumento sustancial en las amplitudes de frecuencia, con incrementos medios del 75.45% en vía asfaltada, del 3.5% en vía adoquinada y del 37.56% en vía de tierra, al utilizar el BPC.

Estos resultados indican que el accesorio BPC no logra cumplir su propósito principal de mejorar el confort del vehículo al reducir las vibraciones transmitidas al chasis. Más bien, se observa una amplificación de las vibraciones en ciertos puntos de resonancia, lo que potencialmente podría generar una experiencia de conducción más incómoda para los ocupantes del vehículo.

La variación en las respuestas vibratorias entre las configuraciones con y sin el accesorio BPC, especialmente en condiciones de vía asfaltada, resalta la necesidad de reevaluar el diseño y la eficacia de este accesorio en términos de su verdadero impacto en el confort y la estabilidad del vehículo. Estos hallazgos sugieren que, a pesar de la intención inicial de mejorar el rendimiento de la suspensión, la implementación actual del BPC no cumple con las expectativas en cuanto a la reducción de vibraciones y la mejora del confort en la conducción.

Lo cual subraya la importancia de un enfoque continuo en la investigación y desarrollo de accesorios para vehículos, con el fin de garantizar que los productos diseñados para mejorar la experiencia de conducción cumplan efectivamente con sus objetivos y satisfagan las necesidades de los usuarios.

5. RECOMENDACIONES

Se sugiere explorar potenciales mejoras en el diseño del Buffer Power Cushion con el objetivo de optimizar su eficacia en la reducción de vibraciones. Esto implica la posibilidad de ajustar el material empleado, la configuración geométrica del accesorio o su ubicación dentro del sistema de suspensión del vehículo.

Se recomienda llevar a cabo pruebas exhaustivas de durabilidad y resistencia del Buffer Power Cushion para evaluar su desempeño a largo plazo en una variedad de condiciones de uso. Esta etapa resulta fundamental para asegurar que el accesorio conserve su funcionalidad y eficacia a lo largo de toda la vida útil del vehículo.

Es recomendable profundizar en la investigación sobre el impacto del Buffer Power Cushion en el confort y la seguridad de los ocupantes del vehículo. Esto incluye análisis de la percepción del confort durante la conducción y evaluaciones de su capacidad para reducir la fatiga del conductor y mejorar la estabilidad del vehículo.

Se sugiere proporcionar orientación detallada sobre cómo integrar de forma efectiva el Buffer Power Cushion en el diseño y la producción de vehículos comerciales o de consumo. Esto podría incluir directrices específicas dirigidas a fabricantes de automóviles, ingenieros de suspensión y diseñadores de sistemas de amortiguación.

6. Bibliografía

- Antea. (2010). *Evaluacion de riesgos laborales por exposición a vibraciones mecánicas* . Recuperado de <https://www.anteapreencion.com/evaluacion-de-riesgos-laborales-por-exposicion-a-vibraciones-mecanicas/>
- AUTODOC CLUB. (2014). *Silenblocks de la suspension: sintomas y funcion*. [Fotografía]: Adaptado de <https://club.autodoc.es/magazin/silentblocks-de-la-suspension-sintomas-y-funcion>
- Conceptos claros. (2008). *Transformada de Fourier*. [Fotografía]: Adaptado de <https://conceptosclaros.com/transformada-de-fourier/>
- elEconomista. (2011). *Numatico* . [fotografia]: Recuperado de <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/9106652/04/18/El-peligro-de-los-neumaticos-cristalizados-que-es-y-el-truco-para-detectarlo.html>
- Freematics. (2011). *Freematics ONE + Model B*. [Fotografía]: Recuperado de <https://freematics.com/pages/products/freematics-one-plus-model-b/>
- Ingemecánica. (2010). *sistema de suspensión en los vehiculos*. [Fotografía]: Recuperado de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2014). *Barra estabilizadora*. [Fotografía]: Recuperado de <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/barra-estabilizadora-funcionamiento-en-la-suspencion-automotriz/>
- Linkedin. (2013). *Una introducción a OBD2*. [Fotografía]: Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-obd2-diego-riquelme-fgjuf>
- Mecánicos. (2018). *los amortiguadores con carga de aire*. [Fotografía]: Adaptado de <https://www.blogmecanicos.com/2016/09/que-son-los-amortiguadores-con-carga-de.html>

- Multiservicio Automotriz 3H. (2011). *Suspension multibrazo trasera* . [Fotografía]: Adaptado de <https://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/03/suspension-multibrazo-trasera.html>
- Neumáticos Km0. (2013). *Estructura de un neumático* . [Fotografía]: Recuperado de <https://www.neumaticoskm0.com/estructura-de-un-neumatico/>
- ResearchGate. (2014). *Sistema de suspension McPherson*. [Fotografía]: Adaptado de https://www.researchgate.net/figure/Sistema-de-suspension-McPherson_fig1_318793067
- SUSPAIN. (2010). *Resorte de Gas*. [Fotografía]: Adaptado de <https://suspaintecnica.es/blog/resortes-de-gas-que-son-y-como-funcionan-n2>
- Alonso Báez, M. (2013). *Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo*.
- Ariza July Astrid, & Zamora Nelson Eduardo. (2009). *Exposición a vibraciones en trabajadores de buses de transporte masivo de ciudades*.
- Chávez Abraham, M. S. (2008). *Estudio del acero utilizado en una barra estabilizadora automotriz*.
- Cordero Mijael. (2018). *Sistema de suspensión concepto y funciones*.
- Cristina, M., & Fernández, C. (2018). *Manual básico de matlab*.
- Dávalos Diego Joel. (2023). *Comportamiento mecánico de resortes de tracción fabricados en Ecuador*.
- Gárate Danilo Abelardo. (2018). *Desarrollo de una algoritmo para la adquisición y almacenamiento de datos provenientes del sistema de diagnóstico a bordo OBD II*.

- González -Gonzalo Del Río -José, T., & Torres, T.-B. (2011). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección.*
- Griffin Michael J. (2017). *Vibraciones-enfermedades.*
- LAFA. (2008). *Transformada de Fourier * 1. De las series de Fourier a la Transformada de Fourier: primeras consideraciones.*
- Libardo Vanegas Useche. (2011). *Diseño de resortes.*
- Muñoz Felipe Borja. (2012). *Modelo directo no paramétrico de amortiguador magneto-reológico basado en redes neuronales.*
- Parra Jorge Andrés. (2019). *Evaluación de vibraciones de cuerpo completo en los trabajadores que manipulan el equipo caminero del GAD Municipal de Latacunga.*
- Partovi Meran, A. (2018a). Numerical analysis of elastomer buffer embedded in the suspension of automobile for vibration damping improvement. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 7(1), 65–75. <https://doi.org/10.18245/ijaet.438049>
- Partovi Meran, A. (2018b). Numerical analysis of elastomer buffer embedded in the suspension of automobile for vibration damping improvement. 7(1), 65–75. <https://doi.org/10.18245/ijaet.438049>
- Rodríguez Raúl Ulises. (2005). *Tipo de amortiguadores.*
- Ruedas y Neumáticos.* (2016).
- TTC Urethane Cushion.* (1994).
- Vega David Mauricio. (2014). *Análisis y diagnóstico de vibraciones en vehículos livianos de combustión interna.*
- Yoel Mamani. (2017). *Tipos de Neumáticos.*