



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Análisis Comparativo de los Niveles de Ruido en los
Sistemas de Dirección Hidráulica con Mangueras de
Presión Originales y Alternas**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Arreaga Aguilar, Jhon Armando

Tutor: MSc. Chele Sancán, Darwin Gregorio

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo, Darwin Gregorio Chele Sancán, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: “Análisis Comparativo de los Niveles de Ruido en los Sistemas de Dirección Hidráulica con Mangueras de Presión Originales y Alternas.”, realizado por Jhon Armando Arreaga Aguilar ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Ing. Darwin Gregorio Chele Sancán

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Jhon Armando Arreaga Aguilar declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: Jhon Armando Arreaga Aguilar

C.I.: 0941643207

Dedicatoria

Dedico mi Proyecto de tesis a mi familia, es mi equipo que impulsa mis sueños, merito especial a mis padres que se encargaron de inculcar buenos valores en el transcurso de mis estudios preparatorios generando buenos lineamientos profesionales. En lo laboral siempre tuve la mano amiga de compañeros que ayudaron a desarrollar mis habilidades y me enseñaron que por más que uno tenga conocimiento siempre debemos seguir aprendiendo. Con todos quedo muy agradecido.

.

Agradecimiento

Mi gratitud es para con Dios, él se encarga de morar en mi vida colocando conocimiento como También Fortaleza, guiándome como un faro con su palabra y adiestra mi camino en todo tiempo. La enseñanza brindada por los docentes de la Carrera en especial al Ing. Darwing Chele tutor de tesis, además reconozco la gentileza del Ab. Wilson Sánchez jefe de taller MULTIMANGUERAS S.H.C. por brindar conocimiento, instalaciones y materiales para desarrollar este proyecto, a mis compañeros y familiares por el apoyo que hicieron culminar mis estudios con éxito. Por último, me quedo con lo aprendido cosechando frutos y compartiendo con el demás parte de este Proyecto, que sea de beneficio para seguir desarrollándose como profesional.

.

Índice de Contenido

Carátula.....	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Índice de contenido	VI
Índice de figuras	X
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo I.....	5
Antecedentes	5
1.1 Tema	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 <i>Planteamiento del problema</i>	6
1.2.2 <i>Formulación del problema</i>	6
1.2.3 <i>Sistematización del problema</i>	7
1.3 Objetivos de la investigación	7
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	7
1.4.1 <i>Justificación teórica</i>	8
1.4.2 <i>Justificación metodológica</i>	9
1.4.3 <i>Justificación práctica</i>	10
1.4.4 <i>Delimitación temporal</i>	10
1.4.5 <i>Delimitación geográfica</i>	10

1.4.6	<i>Delimitación del contenido</i>	10
Capítulo II.....		11
Marco de referencial.....		11
2.1	Marco teórico.....	11
2.1.1	<i>Función y principios de la dirección hidráulica</i>	11
2.1.2	<i>Mangueras hidráulicas automotrices</i>	12
2.1.3	<i>Fundamentos de ruido, vibración y aspereza (NVH)</i>	13
2.2	Conceptos preliminares	14
2.2.1	<i>Sistema de dirección hidráulica</i>	14
2.2.2	<i>Mangueras hidráulicas</i>	14
2.2.3	<i>Definición de ruido</i>	15
2.2.4	<i>Tipo de mangueras hidráulicas según su presión de trabajo</i>	16
2.2.5	<i>Características de mangueras hidráulicas según fabricante</i>	16
2.3	Marco conceptual.....	18
2.3.1	<i>Antecedentes comparativos entre mangueras originales con respecto a recambios alternos</i>	19
2.3.2	<i>Composición de mangueras hidráulicas</i>	20
2.3.3	<i>Expansión volumétrica en mangueras hidráulicas</i>	21
Capítulo III.....		22
Metodología.....		22
3.1	Enfoque metodológico	23
3.2	Diseño de la investigación.....	23
3.3	Variables de estudio	24
3.4	Equipo y materiales	25
3.4.1	<i>Vehículo para pruebas de sonido</i>	28
3.5	Procedimiento experimental.....	28
3.5.1	<i>Preparación del vehículo y condiciones de ensayo</i>	28
3.5.2	<i>Instalación y calibración del sonómetro digital</i>	29

3.5.3	<i>Configuración del software para adquisición de datos</i>	29
3.5.4	<i>Adquisición de datos acústicos con la manguera original</i>	30
3.5.5	<i>Prueba con manguera R1 (refuerzo metálico)</i>	31
3.5.6	<i>Prueba con manguera R3 (refuerzo Nylon)</i>	33
Capítulo IV		36
Análisis de resultados.....		36
4.1	Análisis comparativo de ruido entre manguera original, R1 y R3	36
4.1.1	<i>Tendencia general acústica</i>	36
4.1.2	<i>Comparativo acústico de los niveles de ruido</i>	37
4.1.3	<i>Ejecución de las pruebas</i>	37
4.2	Variación acústica del sistema hidráulico	38
4.2.1	<i>Material de refuerzo</i>	38
4.2.2	<i>Comportamiento de los componentes del sistema</i>	38
4.3	<i>Análisis de gráficas</i>	39
4.4	Interpretación de los resultados	40
4.5	Análisis de datos.....	40
4.5.1	<i>Rango de pruebas</i>	40
4.6	Discusión de resultados	41
Conclusiones		43
Recomendaciones		44
Referencias.....		45

Índice de tablas

Tabla 1 Variables de estudio	25
Tabla 2 Comparación de niveles de ruido	37
Tabla 3 Media acústica entre mangueras de ensayo	40
Tabla 4 Rango de decibelios	41

Índice de figuras

Figura 1 Manguera Parker SAE100 R1.....	17
Figura 2 Manguera Parker SAE100 R6.....	17
Figura 3 Manguera Steertex SAE J188/189.....	18
Figura 4 Sonómetro digital	26
Figura 5 Interfaz del software.....	26
Figura 6 Líquido hidráulico para dirección.....	27
Figura 7 Máquina para prensar mangueras.	27
Figura 8 Renault Sandero para pruebas de sonido.....	28
Figura 9 Instalación de sonómetro en el vehículo	29
Figura 10 Aplicación SoundLab para adquisición de datos.....	30
Figura 11 Gráfica de la presión sonora de la manguera original.....	31
Figura 12 Recambio de la manguera R1.....	32
Figura 13 Soldadura de espigas para manguera R3.....	32
Figura 14 La manguera tipo R1 refleja picos que sobrepasan los 100 decibelios.....	33
Figura 15 Reparación de manguera R3	34
Figura 16 Proceso de prensado para la manguera R3	34
Figura 17 Pruebas de sonidos para manguera R3.....	35
Figura 18 Gráfica de las pruebas 2 del nivel de sonido de la manguera R1	39
Figura 19 Gráfica de la prueba 2 del nivel de sonido de la manguera R3.....	39

Resumen

Este proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar los niveles de ruido generados en los sistemas de dirección hidráulica automotriz al utilizar mangueras de presión alternas reemplazando a la de tipo original. Este estudio surge debido a la presencia de casos que presenta un vehículo con la pérdida de fluido, mantenimiento del kit de retención de cremallera o bomba que provocan zumbidos, silbidos y volante duro que pueden manifestarse tras el recambio del componente original por alternos, mediante un ensayo experimental y cuantitativo, se evalúa el comportamiento acústico del sistema utilizando un sonómetro digital para registrar los niveles de presión sonora durante condiciones de operación, se compararon dos tipos de mangueras con distintas características constructivas, como el material de refuerzo, rigidez estructural y la capacidad de amortiguación del paso del fluido y anomalías mecánicas que se presentan al momento de la conducción. Los resultados evidenciaron que una manguera en especial con refuerzo textil presento una considerable baja acústica y mejor comportamiento dinámico en comparación con la manguera con refuerzo de acero, contribuyendo al confort de la conducción.

Palabras clave: dirección hidráulica, ruido, mangueras alternas.

Abstract

This research project aimed to analyze the noise levels generated in automotive power steering systems when using aftermarket pressure hoses to replace the original type. This study arose from the occurrence of vehicles experiencing fluid loss, rack and pinion retainer kit maintenance, or pump issues that cause humming, whistling, and stiff steering, which can manifest after replacing the original component with aftermarket parts. Through an experimental and quantitative test, the acoustic behavior of the system was evaluated using a digital sound level meter to record sound pressure levels under operating conditions. Two types of hoses with different construction characteristics were compared, including reinforcement material, structural rigidity, and the ability to dampen fluid flow and mechanical anomalies that occur while driving. The results showed that a hose with textile reinforcement exhibited significantly lower noise levels and better dynamic performance compared to the hose with steel reinforcement, contributing to driving comfort.

Keywords: hydraulic steering, noise, alternative hoses.

Introducción

La dirección hidráulica constituye uno de los sistemas más importantes para la seguridad, estabilidad y confort en el manejo del vehículo, ya que permite reducir el esfuerzo para direccionar las ruedas mediante la utilización de energía hidráulica.

Parte de este sistema, trabaja la manguera de presión la cual cumple la función de transportar el fluido hidráulico desde la bomba hacia la cremallera de dirección bajo condiciones de alta presión y temperatura.

Sin embargo, el desgaste prematuro de los materiales constructivos es frecuente, haciendo necesario su reemplazo mediante recambio disponibles en el mercado.

En la práctica de mantenimiento automotriz se ha observado que tras la sustitución de la manguera original con un recambio alternativo, pueden presentarse desperfectos mecánicos en forma de sonido en el sistema de dirección, manifestando zumbidos y vibraciones durante el giro del volante.

Aunque el sistema mantiene su funcionalidad mecánica presenta alteraciones acústicas que afectan el confort del conductor y los pasajeros, además generan incertidumbre respecto a la calidad del material de la manguera utilizado.

Ante esta problemática, el presente proyecto tuvo como finalidad analizar comparativamente los niveles de ruidos generados por sistemas de dirección hidráulica equipados con mangueras de presión originales y alternas.

Para dar respuesta al problema en la medición del objetivo planteado, se desarrolló un estudio experimental basado en mediciones objetivas de los niveles de ruido mediante el uso del sonómetro digital instalando en un vehículo de prueba con este tipo de sistema para la dirección hidráulica donde se evaluaron tres configuraciones que son: manguera original, una manguera R1 con refuerzo metálico y una manguera tipo R3 con refuerzo de Nylon, manteniendo una constante en las variables de operación como el giro del volante.

Los objetivos planteados en esta investigación fueron alcanzados satisfactoriamente, se logra medir los niveles de ruido generados por cada tipo de manguera mediante procedimientos experimentales y configuraciones controladas dentro del vehículo, se

evaluaron las características de construcción además de los materiales internos y externos de la manguera, y finalmente se identifica una alternativa de reemplazo que minimiza los niveles de ruido que puede ser utilizada como recambio.

La metodología aplicada corresponde a un enfoque cuantitativo con diseño experimental y alcance comparativo.

La investigación se fundamenta en la recopilación de datos mediante mediciones directas de presión sonora expresadas en decibelios (dB) registradas mediante un sonómetro digital conectado a un software de adquisición de datos que se muestran en graficas.

Posteriormente los resultados fueron procesados y comparados para determinar las diferencias acústicas entre las mangueras de ensayo, la estructura de la presente investigación se encuentra organizada en capítulos.

El capítulo I presenta el planteamiento del problema, la formulación y sistematización, los objetivos, justificación y las delimitaciones de la investigación. El capítulo II desarrolla el marco referencial, abordando los fundamentos teóricos relacionados con la dirección hidráulica, mangueras y conceptos de ruido y vibraciones (NVH).

El capítulo III describe la metodología empleada, incluyendo el diseño experimental, variables de estudio, equipos utilizados y el procedimiento de ensayo desarrollado. El capítulo IV expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, discusión de los hallazgos y las conclusiones del estudio.

La importancia de esta investigación radica en su aporte al campo del mantenimiento automotriz y a los procesos de reparación de sistemas de dirección hidráulica.

Los resultados obtenidos proporcionan información técnica que permite seleccionar de manera más adecuada los materiales y configuraciones de mangueras utilizadas como recambio, contribuyendo a reducir los niveles de ruido, mejorar el confort de conducción y aumentar la confiabilidad del sistema.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Análisis comparativo de los niveles de ruido en los sistemas de dirección hidráulica con mangueras de presión originales y alternas

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

En la reparación del sistema de dirección hidráulica automotriz, la manguera de presión cumple un papel fundamental ya que es la encargada de transferir la energía desde la bomba hacia la cremallera, este tipo de fluido se mueve a alta presión y además a altas temperaturas.

Su funcionamiento óptimo garantiza una asistencia suave al volante y evita vibraciones o sonidos indeseados, sin embargo, en procesos de mantenimiento o reparación es común que las mangueras originales con el tiempo pierdan su vida útil por el deterioro de los materiales y generen pérdidas de fluido en zonas de prensado, por lo cual se reemplaza con repuesto alternativo de menor costo o con características constructivas similares a la original.

En los vehículos se genera un incremento en los niveles de ruidos después de realizar el cambio de la manguera original por una alterna. Estos ruidos pueden escucharse como zumbidos, vibraciones o silbidos provenientes de la bomba al momento de girar el volante, afectando el confort del conductor incluso cuando se mantiene la funcionalidad mecánica normal.

La relación entre el tipo de manguera que se instala y los niveles de ruido generados no están documentados, ya que la diferencia de los materiales entre el recambio y la original varía en el diámetro interno, rigidez, tipo de refuerzo, diseño de conectores y tolerancia de fabricación lo cual podrían alterar el flujo hidráulico y generar turbulencias o resonancias acústicas. Esto genera un estudio que compare de manera objetiva el desempeño acústico de la implementación de manguera alternas en el sistema.

1.2.1 Planteamiento del problema

En la dirección hidráulica de un vehículo, uno de los componentes críticos que maneja el flujo de la presión es la manguera principal, debido a que un correcto funcionamiento garantiza que se pueda transportar el fluido desde la bomba hasta la cremallera bajo condiciones de alta presión. Cualquier variación en las características constructivas puede cambiar la dinámica del flujo y a su vez el comportamiento acústico del sistema.

Durante procesos de reparación o mantenimiento de la dirección hidráulica ya sea por desgaste de componentes o fuga de fluido es común que las mangueras originales sean reemplazadas por alternas las cuales difieren en los materiales, rigidez, diámetro interno o el tipo de conexiones.

La reparación de mangueras hidráulicas por parte de talleres analiza que la mayoría de fallas en la dirección es debido a que este sistema presenta desgaste prematuro en la manguera principal, por lo que se procede a realizar el recambio con las mismas conexiones de la original, el tipo de manguera que se utiliza como alterna muchas veces genera ruidos en la bomba debido al diseño estructural la cual es fabricada la manguera, dificulta la comprensión de los mecanismos y vibraciones en el volante.

Existen estudios generales sobre el comportamiento hidráulico, la influencia del tipo de manguera en la producción del recambio requiere un análisis detallado que permita relacionar el diseño del componente con el desempeño del sistema.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar un estudio que permita comparar de manera objetiva los niveles de ruido generados por mangueras de presión originales y mangueras alternas instaladas en un sistema de dirección hidráulica bajo condiciones controladas de operación. Este análisis proporcionará información clave para comprender a que se debe cierto defecto, y para establecer criterios técnicos que orienten la selección adecuada de materiales para evitar defectos en el sistema de dirección.

1.2.2 Formulación del problema

En este contexto se plantea la siguiente interrogante para realizar la investigación:
¿Cómo varían los niveles de ruido generados en un sistema de dirección hidráulica cuando

se utiliza una manguera de presión original en comparación con una manguera alterna, y qué tan adecuado es el desempeño acústico de cada una bajo condiciones controladas de operación?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Cómo medir los niveles de ruido generados en la dirección hidráulica?
- ¿Cuáles son las características de los materiales de las mangueras y conexiones de recambio?
- ¿Qué materiales y conexiones de recambio se puede proponer para minimizar los niveles de ruido?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar los niveles de ruido en los sistemas de dirección hidráulica con mangueras de presión originales y alternas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Medir los niveles de ruido generados al reemplazar la manguera de presión de la dirección hidráulica.
- Evaluar las características de los materiales de las mangueras y conexiones de recambio.
- Proponer materiales y conexiones de recambio que minimicen los niveles de ruido.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

Esta investigación va orientada al análisis comparativo de los niveles de ruido generados en sistemas de dirección hidráulica al cambiar mangueras de presión originales con alternas, esto es fundamental para mejorar la seguridad sin comprometer la calidad y confiabilidad del sistema hidráulico, la adaptabilidad de una manguera alterna compromete el funcionamiento de la dirección debido a las características de fabricación que se ocupa para el recambio afectando el paso del fluido, además estos sonidos pueden interpretarse

como indicio de posibles fallas mecánicas de los componentes cercanos. Se busca comprender como influyen las características constructivas de las mangueras de presión en la generación de ruido permitiendo establecer criterios más precisos para seleccionar un mejor reemplazo.

La justificación de este análisis radica en la necesidad de evaluar y comparar de manera objetiva el comportamiento acústico del sistema de dirección adaptando mangueras alternas reemplazando las originales, considerando que el recambio puede generar variaciones debido al material, rigidez, tolerancias y diseño, lo que modifica significativamente en el flujo hidráulico generando ruido.

Mediante ensayos controlados esta investigación busca aportar información técnica que contribuya a una toma de decisiones más fundamentada durante procesos de mantenimiento y reparación, generando la confianza al uso de repuestos alternos que garanticen un óptimo funcionamiento del sistema de dirección, los resultados obtenidos pueden servir como referencia para talleres posibilitando mejoras en los materiales y diseños en este tipo de mangueras.

1.4.1 Justificación teórica

El análisis del comportamiento acústico de la dirección hidráulica con la reparación de mangueras hidráulicas disponiendo de un recambio alternativo, se constituye mediante ensayos experimentales y mediciones acústicas controladas, constituye una herramienta fundamental para comprender la generación de ruido durante el funcionamiento del sistema.

Las mangueras de presión son la pieza fundamental para la dirección hidráulica por lo que cualquier variación en sus características constructivas puede alterar el paso del fluido y provocar fenómenos como turbulencias, vibraciones y sonidos.

Este estudio permite evaluar el desempeño comparativo entre mangueras originales y mangueras alternas como repuesto aportando información técnica relevante para su correcta selección.

Desde el punto de vista teórico, el estudio comparativo apoya en el principio de la mecánica de fluidos, particularmente en el análisis del flujo interno, pérdidas de carga y

comportamiento del fluido bajo condiciones de trabajo, así como conceptos de fallas mecánicas en forma de sonido. Además, se consideran criterios de análisis estructural relacionados con el fluido hidráulico y la estructura interna de la manguera, permitiendo explicar cómo las diferencias entre mangueras originales y alternas pueden influir en el comportamiento acústico del sistema.

La aplicación de modelos teóricos y métodos experimentales de medición acústica permiten validar de manera objetiva las variaciones en los niveles de ruido generados por ambos tipos de mangueras. Desde esta forma, la investigación va orientada al desarrollo de criterios técnicos para la selección del tipo de manguera utilizada para el recambio que minimicen la generación de ruido asegurando un funcionamiento óptimo para el sistema de dirección hidráulica.

1.4.2 Justificación metodológica

El enfoque a resolver de este problema para la presente investigación se basa en un proyecto de carácter experimental, orientado al análisis comparativo y funcional de las mangueras de presión utilizadas como recambio en dirección hidráulica. Este enfoque permite evaluar el comportamiento acústico de la dirección bajo condiciones reales de operación, garantizando que los resultados obtenidos sean representativos.

Para el desarrollo del estudio se emplea un procedimiento experimental que consiste en la instalación de una variante alterna a la original como manguera de presión en un mismo vehículo manteniendo el mismo tipo de conexiones y cañerías solo realizando el recambio al tramo de manguera de caucho además de realizar el prensado de férulas con una maquina crimpadora disponible.

De esta manera se asegura que las variaciones observadas en los niveles de ruido atribuyan a las características constructivas de las mangueras evaluadas.

Este enfoque metodológico facilita la recopilación de información objetiva y replicable, necesaria para establecer comparaciones claras entre la disposición de repuestos alternos para este tipo de sistema, así mismo permite evaluar los factores como el material del refuerzo, rigidez y calidad del prensado de las conexiones.

1.4.3 Justificación práctica

La presente investigación se justifica desde el punto de vista práctico debido a su aplicación directa en el diagnóstico, mantenimiento y reparación de mangueras de dirección hidráulicas automotriz.

El análisis comparativo de los niveles de ruido generados por mangueras de presión originales reemplazadas con recambios alternos, realizado directamente en el vehículo, permite evaluar el desempeño real de estos componentes bajo condiciones normales de operación, temperatura y régimen de giro del volante.

En la práctica diaria de los talleres que reparan mangueras hidráulicas, es común encontrar que las mangueras de presión originales sean cambiadas por recambios alternos debido a su rápida disponibilidad en el mercado, sin embargo, después de su instalación, suelen presentarse ruidos anómalos en el sistema de dirección, lo que genera inconformidad en el cliente y dudas sobre la calidad de trabajo realizado.

1.4.4 Delimitación temporal

La presente investigación se desarrollará en un periodo de 16 semanas, comprendiendo entre la segunda semana de abril y la primera semana de agosto de 2026, durante este tiempo se llevará a cabo de manera planificada las distintas fases de estudio, desde la recopilación de información teórica hasta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

1.4.5 Delimitación geográfica

La delimitación geográfica por parte de este proyecto se realizará en el taller de la Universidad internacional del Ecuador (UIDE), sede Guayaquil bajo parámetros de seguridad se llevará a cabo las simulaciones de las pruebas que buscamos realizar a distintos tipos de manguera reparadas previamente.

1.4.6 Delimitación del contenido

El presente proyecto se delimita al estudio y análisis comparativo de los niveles de ruido generados en los sistemas de dirección hidráulica considerando exclusivamente la influencia del tipo de manguera que se utiliza para el recambio, versus la original.

Capítulo II

Marco de referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Función y principios de la dirección hidráulica*

El concepto de dirección hidráulica es de replicar el esfuerzo del giro del volante para orientar las ruedas del vehículo, especialmente a bajas velocidades o durante maniobras de estacionamiento mejorando el confort, maniobrabilidad y seguridad.

Su correcto funcionamiento permite al conductor tener el control de la maquina con menor esfuerzo, ayuda a transmitir la presión hidráulica mediante un fluido (aceite hidráulico), hacia un actuador de doble acción que mueve la orientación de las ruedas delanteras del vehículo sin embargo el confort dentro de la cabina se ve limitada debido a ciertos desperfectos mecánicos que se escuchan en el tren superior, durante el giro del volante la bomba hidráulica genera ruido debido al fallo de una línea de presión por fuga.

Las configuraciones del sistema dirección puede variar dependiendo del vehículo, la dirección mecánica o manuales cuyo funcionamiento es el movimiento de un sistema de cremallera, el cual es el contacto directo entre un piñón y una barra dentada que realiza la dirección a las ruedas (Solis Obando , Yaselga , & Guevara, 2022).

La dirección hidráulica o también conocida como asistida, funciona con una bomba de paleta que presuriza el fluido enviándolo directamente al actuador por medio de las mangueras de presión y retorno.

el depósito de aceite generalmente es fabricado de plástico o de chapa embutida, se encarga de almacenar el fluido hidráulico para que circule por todos los conductos, este flujo está en constante movimiento lo cual elimina las impurezas por medio de un filtro, estratégicamente está colocado en una zona alta con respecto a la bomba para aprovechar la gravedad, estas pueden tener asistencia eléctrica.

Cilindro de dirección es el encargado de transformar la energía hidráulica en movimiento, este actuador cumple la función de generar un doble efecto en las dos articulaciones que están atornilladas a cada lado, las cañerías individualmente se encargan

de transportar el fluido hidráulico de un componente a otro, se las divide en alta y baja presión, por lo cual la manguera principal conecta la bomba con la cremallera (Solis Obando , Yaselga , & Guevara, 2022).

2.1.2 Mangueras hidráulicas automotrices

Las mangueras hidráulicas son conductos flexibles que transportan el fluido en su tubo interior, reforzada con varias capas de material textil o acero alrededor del tubo, la capa externa se encarga de proteger la manguera de las condiciones ambientales con materiales de goma sintética.

Las mangueras de alta presión son fabricadas para transportar el fluido desde la bomba hacia el actuador soporta pulsaciones constantes generadas durante el giro del volante, las líneas de retorno conducen el fluido hacia la bomba, este tipo de mangueras trabajan a altas temperaturas.

La constitución de los materiales de un tramo de manguera es polyester, caucho sintético, refuerzo de acero o nylon, la magnitud de la presión va a depender la cantidad de refuerzos.

Las propiedades físicas de la manguera indica que, a bajas temperaturas, el material se vuelve rígido, en cambio a altas temperaturas se ablanda y sufre alteraciones permanentes.

La degradación del revestimiento externo deja visualizar la fuga del fluido por parte de las férulas de mangueras prensadas, además el resquebrajamiento se genera por las altas temperaturas externa a la manguera causa principal de perdida de hermeticidad.

La diferencia entre mangueras originales con alternas para dirección hidráulica se basa en el origen de fabricación, especificaciones técnicas, calidad de los materiales, procesos de prensado y ensamblaje de acuerdo con el cumplimiento de normas del fabricante.

La confiabilidad entre colocar mangueras alternas a comparación de las originales es el funcionamiento del sistema, un adecuado recambio va a inferir en el sonido y vibraciones en la dirección, ya que el control y pulsaciones originan desperfectos mecánicos, la calidad

del prensado ayuda a generar estanqueidad y micro fugas, un mal prensado afecta el caudal del fluido por la variación de diámetros internos (Parker, 2009).

2.1.3 Fundamentos de ruido, vibración y aspereza (NVH)

Las técnicas NVH (Noise, vibration and Harshness) son aplicadas en diversos ámbitos de la ingeniería sin embargo su mayor desarrollo en el ámbito automotriz consiste en el análisis de ruidos, vibraciones, impactos y sonidos no deseados los cuales son generados por los sistemas del vehículo o el comportamiento de dinámico del motor.

El ruido ha sido entendido como cualquier sonido indeseado, durante las primeras etapas de desarrollo de la industria automotriz y el audio, este aspecto no representa una prioridad significativa para los componentes por otra parte los sonidos generados por sistemas o componentes específicos del automóvil, zumbido del sistema de dirección, ruido del motor son considerados ruidos no deseados que son percibidos dentro del habitáculo.

La vibración es como un movimiento oscilatorio que ocurre alrededor de un punto de equilibrio y se caracteriza por una frecuencia específica. La aspereza superficial en componentes automotrices como engranajes y ejes constituye un factor determinante en el comportamiento NVH. Consta en reducir la deficiencia por pérdidas de fricción o desgaste.

Las escalas de decibelios se miden por la exposición prolongada a ruidos por encima de 85 dB puede ser perjudicial, la escala varía desde sonidos apenas audibles hasta niveles que pueden causar daño al oído (Caiza Arroyo & Salazar Tiban, 2024).

Este es uno de los problemas más comunes en este tipo de sistemas ya que influye en la generación de ruido, el tipo de manguera juega un papel fundamental a la hora de transportar el fluido hidráulico desde la bomba hacia la cremallera de dirección. El uso de mangueras con características constructivas inadecuadas, como variaciones en el material, rigidez, diámetro interno o calidad de refuerzo, puede provocar alteraciones en el paso del fluido, generando turbulencias, vibraciones y, en consecuencia, niveles altos de ruido.

La transmisión de vibraciones en los sistemas hidráulicos de dirección está directamente asociada al comportamiento dinámico del fluido donde fenómenos como las pulsaciones de presión generadas por la bomba, la cavitación, la turbulencia del flujo y la

resonancia en los conductos actúan como principales fuentes de ruido y vibración. Este tipo de defecto se propagan a través de las mangueras y tubería (Pérez , 2009).

2.2 Conceptos preliminares

2.2.1 Sistema de dirección hidráulica

El sistema de dirección hidráulica es el conjunto de componente mecánicos e hidráulicos que están diseñados para asistir al movimiento de las ruedas durante la conducción, el uso de fluido hidráulico ayuda a minimizar el esfuerzo del conductor, mejora la maniobrabilidad, la estabilidad y la seguridad, especialmente en maniobras de estacionamiento o velocidad reducida.

Este tipo de sistema consta de reservorio donde esta almacenado el aceite hidráulico, el cual es absorbido por la bomba, esta se encarga de presurizar el fluido ayudado mecánicamente por el movimiento de la polea y la banda de distribución, interiormente gira las aspas para impulsar al hidráulico hacia la cremallera.

El componente que transforma la presión hidráulica en movimiento juntamente con terminales y articulaciones en cada extremo ayuda a las ruedas a direccionar el vehículo, todos estos componentes están conectados con mangueras y cañerías, las cuales se dividen en alta presión comúnmente está ubicada entre la bomba y la cremallera, las mangueras de baja presión son las que retornan el aceite hidráulico al reservorio para volver a circular por el sistema (Asqui, 2025).

2.2.2 Mangueras hidráulicas

Las mangueras hidráulicas son tubos de caucho sintético que se encargan de transportar el aceite hidráulico hacia los componentes mecánicos, estos elementos esenciales dentro del sistema de dirección, los latiguillos no solo se limitan a la transportación sino también a cumplen el rol importante en la amortiguación de pulsaciones de presión y vibraciones, ayudando a estabilizar el comportamiento hidráulico del sistema y a reducir la transmisión de ruido al vehículo (Parker, 2009).

Las manguera alternas o genéricas corresponden a la viabilidad de recambio optimo por parte de los fabricantes, son repuestos fabricados por proveedores independientes al

original del vehículo, su adaptación requiere consideraciones especiales de compatibilidad con el sistema hidráulico, ya que representa la diferencia en materiales, diámetro interno, refuerzos y procesos de prensado, estas variaciones pueden afectar el mecanismo de giro con sonidos en la bomba hidráulica.

La línea de mangueras diseñadas para aplicaciones automotrices que incorporan materiales con mayor resistencia térmica, como refuerzos de acero inoxidable, trenzado de nylon y tubos internos de que se adaptan al paso del fluido.

Este tipo de configuración permite soportar rangos de temperaturas más amplios y reduce la degradación del material, contribuyendo a una mayor estabilidad del flujo y la disminución de vibraciones o ruidos (Utreras, 2020).

Una buena instalación de la manguera cuando se respeta la curvatura recomendada por el fabricante esto no solo garantiza un correcto funcionamiento a largo plazo si no un correcto funcionamiento de los componentes móviles que contribuyen a mantener el flujo hidráulico estable, además la funcionalidad de la manguera original conlleva a colocar cada uno de sus soportes reduciendo la generación de vibraciones.

2.2.3 Definición de ruido

El ruido se define como un sonido no deseado que se genera por la interacción entre el contacto entre componentes del vehículo y el fluido hidráulico en movimiento. En los sistemas de dirección el control del ruido es de gran ayuda para que el confort acústico dentro de la cabina del conductor sea satisfactorio (Caiza Arroyo & Salazar Tiban, 2024).

El nivel de ruido se los expresa mediante la unidad de decibelio (dB), el ruido en la dirección hidráulica puede transmitirse a través de las mangueras, debido a fenómenos como las pulsaciones del cambio de presión producidas por la bomba, la cavitación y la turbulencia del fluido.

La medición acústica permite cuantificar de manera objetiva los niveles de ruidos generados por los componentes móviles del sistema de dirección hidráulica, este tipo de mediciones ayudan a evaluar el impacto del diseño de las mangueras alternas en el comportamiento del fluido en este sistema (González, 2023).

2.2.4 Tipo de mangueras hidráulicas según su presión de trabajo

La gama de mangueras hidráulica depende del tipo de sistema donde se vaya a instalar como también la presión que esta debe soportar, según su composición interna se divide en baja, media, alta y extrema presión va a depender de esto su mallado interno siguientes:

Manguera de baja presión (SAE100 R6): Este tipo de manguera comúnmente se coloca en sistemas de baja presión por ejemplo es la dirección hidráulica de un vehículo esta se denomina la absorbente de reservorio, como su nombre lo indica es la encargada de atraer el líquido hidráulico que se encuentra almacenado hasta la bomba para que sea impulsado hacia la cremallera.

La composición interna es de una malla de nylon como refuerzo y caucho sintético, está encargada de soportar altas temperatura con una presión que no excede los 300 PSI (Jaimes, 2019).

Manguera hidráulica de mediana presión (SAE100 R1): fabricada para transportar aceites minerales como de dirección hidráulica compuesta por un tubo interno de caucho sintético de nitrilo-butadieno (NBR) usado para soportar productos químicos a base de petróleo.

La malla de alambre de una sola capa de acero y un exterior de caucho sintético es ideal para soportar altas temperaturas y cubra de la abrasión, esta manguera en la dirección hidráulica del vehículo cumple la función de enviar la presión de la bomba hasta la cremallera con un tubo de mejor drenaje térmico para evitar deformaciones.

2.2.5 Características de mangueras hidráulicas según fabricante

Cada fabricante de mangueras hidráulicas mantiene un régimen constante de selección para sus materiales que sean resistentes a altas temperaturas, compactos para mayor resistencia a cambios de presión y que sean compatibles con los fluidos que están manipulando.

Se rigen a las normas internacional SAE 100 que especifica estándares para los ingenieros automotrices de mangueras hidráulicas, cada número que sigue ya SAE100R1,

R2, etc., especifica las propiedades internas, tipo de trenzado entre otras especificaciones. A continuación, se describen estos tipos de mangueras, cuyos ejemplos se presentan en las Figuras 1, 2 y 3.

SAE 100 R1

“PARKER”

- TUBO: Nitrilo Sintético
- REFUERZO: Una malla trenzada acero carbón (Figura 1)
- CUBIERTA: Hule sintético
- TEMPERATURA: -40°C a 100°C”

Figura 1

Manguera Parker SAE100 R1



Fuente: (Jaimes, 2019)

SAE 100 R6

“Parker”

- TUBO: Nylon (Figura 2)
- REFUERZO: Fibra sintética.
- CUBIERTA: Poliuretano.
- TEMPERATURA: -40°C a 100°C”.

Figura 2

Manguera Parker SAE100 R6



Fuente: (Jaimes, 2019)

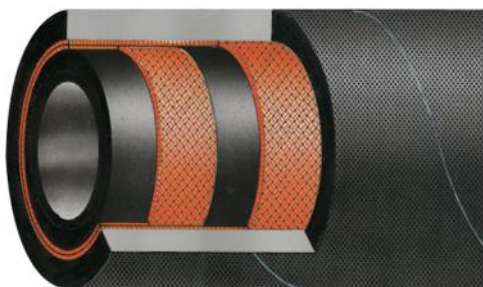
SAE J 188/189

“Steertex”

- Caucho sintético especial resistente al aceite hidráulico (Figura 3).
- 2 trenzas textiles sintéticas de alta tensión.
- Goma sintética resistente al aceite, abrasión, ozono y a la intemperie.
- Para la manguera de dirección asistida em turismos o camiones ligeros.

Figura 3

Manguera Steertex SAE J188/189



Fuente: (Steertex, 2026)

2.3 Marco conceptual

El correcto funcionamiento del sistema de dirección hidráulica depende de la interacción eficiente entre sus componentes principales, donde destacan el fluido, bomba de presión, líneas de alta presión y retorno.

Estos elementos trabajan de manera conjunta para transmitir la energía que permite asistir el movimiento del volante, reduciendo el esfuerzo aplicado por el conductor y garantizar una respuesta adecuada del sistema.

La presión hidráulica es un parámetro fundamental dentro del sistema, ya que permite la transmisión de fuerza a través del fluido hacia la cremallera de dirección, variaciones anormales de presión debido a la obstrucción del paso o restricción en el circuito hidráulico pueden generar fenómenos como cavitación, turbulencia y vibraciones.

los cuales se manifiestan principalmente en forma de sonidos perceptibles durante el giro del volante.

Las mangueras de presión cumplan la función de transportar el fluido a altas presiones por lo que el diseño del material y estado de esta influyen directamente en la estabilidad del flujo, factores como el tipo de refuerzo interno y el método de prensado de las conexiones pueden afectar el funcionamiento de la bomba ya que al no pasar el flujo adecuado esta tiende a generar contratiempos en el sistema de forma acústica como mecánica,

la manguera debe tener propiedades mecánicas como tubo interno ideal para el paso de fluido a altas temperaturas como también el revestimiento externo que soporta la intemperie de la zona de trabajo.

Asimismo, el ruido en el sistema de dirección se considera un indicador de posibles deficiencias mecánicas o hidráulicas, este puede originarse por fallas en la bomba, presencia de aire en el circuito, uso de fluidos inadecuados o instalación de mangueras de recambio que no cumplen con las especificaciones del fabricante.

Por ello, la comprensión de estos conceptos preliminares resulta esencial para fundamentar el análisis comparativo entre mangueras originales y las que son utilizadas para el recambio

2.3.1 Antecedentes comparativos entre mangueras originales con respecto a recambios alternos

El concepto básico de una manguera es de transportar fluidos de un sistema a otro, las mangueras hidráulicas ayudan a generar energía de empuje a la bomba que va hacia la cremallera de dirección, soportando elevadas presiones, temperaturas variables y ciclos de trabajo continuos.

Con el uso de mangueras alternas como repuestos se presenta como una frecuente, sin embargo en muchos casos no se evalúa el impacto que las características constructivas y los materiales de estas mangueras tienden a comprometer el comportamiento acústico del sistema de dirección.

El ruido que se genera durante el funcionamiento de la dirección hidráulica suele estar asociado a variaciones de presión, pérdidas de hermeticidad, deformaciones internas de la

manguera o deficiencias en el proceso de prensado de férulas y espigas. Estas condiciones pueden presentarse con mayor frecuencia en mangueras reparadas, debido a diferencias en la calidad de los materiales.

Unos de los estudios propuestos de mangueras indican que la presión de prueba propone que Esta presión corresponde normalmente al 50% del valor mínimo de presión de rotura y solo se utiliza para fines de control de calidad. Esta prueba es corta para no llegar a afectar la vida útil de la manguera.

2.3.2 Composición de mangueras hidráulicas

Las mangueras mantienen una composición interna especial con propiedades mecánicas que favorecen el transporte del fluido ya que actúan como conductos flexibles que se encargan de conectar la bomba con la cremallera de dirección, de manera conceptual, pueden compararse con arterias que permiten la circulación del fluido hidráulico, garantizando la correcta transmisión de energía dentro del sistema (Parker, 2009).

La selección adecuada del tipo de manguera hidráulica implementada para recambio depende de diversos factores técnicos, los cuales destacan características del tubo interno, refuerzo y revestimiento externo principales para poder evitar ciertos contratiempos a la hora de volver a colocar la manguera en el vehículo, estas condiciones influyen directamente no solo en la durabilidad del componente sino también en la generación y transmisión de vibraciones y ruidos.

Las mangueras utilizadas en aplicaciones automotrices suelen incorporar refuerzos internos mediante trenzados de acero de una o más capas, cuya función principal es soportar las altas presiones internas y limitar la expansión volumétrica de la manguera, la cantidad y el tipo de refuerzo influyen en la rigidez del conjunto, lo que puede afectar la capacidad de amortiguación de pulsaciones hidráulicas.

Mangueras excesivamente rígidas tienden a transmitir vibraciones hacia la carrocería, incrementando los niveles de ruido percibidos durante el funcionamiento del sistema de dirección (Utreras, 2020).

La estructura interna de la manguera está compuesta principalmente por un tubo,

fabricado generalmente de elastómeros sintéticos o materiales termoplásticos como el nylon, los cuales deben ser compatibles con el fluido hidráulico y resistentes a las temperaturas de trabajo, estas propiedades son determinantes para garantizar un flujo uniforme y evitar fenómenos de turbulencia interna, los cuales pueden convertirse en una fuente adicional de ruido hidráulico.

La cubierta o revestimiento externo de la manguera cumple una función protectora frente a agentes externos como abrasión, humedad y calor. En conjunto, la correcta combinación de materiales además el diseño estructural de las mangueras influye directamente en el comportamiento acústico de la bomba generadora de presión siendo un aspecto clave en la comparación entre mangueras originales con respecto a recambios alternos

2.3.3 *Expansión volumétrica en mangueras hidráulicas*

La expansión volumétrica en las mangueras hidráulicas se define como la variación dimensional que experimenta la manguera cuando es sometida a incrementos de presión interna durante su funcionamiento.

Esta deformación se manifiesta principalmente en el aumento del diámetro interno y en menor medida en la elongación longitudinal del conducto, siendo el refuerzo interno de alambre de acero es el encargado de limitar dichos cambios (Castañeda & francisco , 2010).

En los sistemas de dirección hidráulica, la expansión volumétrica constituye un parámetro de gran relevancia, ya que influye directamente en la estabilidad del flujo.

Una manguera con elevada expansión volumétrica tiende a absorber parte de la energía generada por la bomba, generando retrasos en la respuesta del sistema y variaciones en el caudal.

Desde el punto de vista acústico, la expansión volumétrica también está relacionada con la generación de ruido hidráulico. las variaciones repetitivas de volumen provocadas por las pulsaciones de presión pueden generar vibraciones en la estructura de la manguera, las cuales se transmiten al interior del vehículo y se perciben como zumbidos o silbidos durante el giro del volante.

Capítulo III

Metodología

La evaluación del tipo de manguera a utilizar en un recambio, disponiendo de las mismas conexiones técnicas, ayuda despejar varias incógnitas por parte de técnicos que realizan reparación o mantenimiento del sistema de dirección, este proyecto se dispone a comparar dos tipos de mangueras compuestas por diferentes propiedades físicas, refuerzo de alambre o refuerzo de nylon trenzado.

Este tipo de estudio comparativo analiza la respuesta de la dirección hidráulica al momento de realizar la reparación de la manguera principal buscando algún posible defecto en la bomba o cremallera ya sea este en forma de sonidos, pérdidas de fluido o vibraciones.

Este análisis experimental responde a los principios de mecánica y comportamiento de materiales enfocado al tipo de manguera de presión para dirección hidráulica y su relación con el ruido, el estudio experimental se desarrolla mediante pruebas practicas controladas directamente en el vehículo, permitiendo evaluar el desempeño acústico del sistema con repuestos alternos dando validez a las propiedades físicas de la manguera utilizada como recambio.

El presente estudio de enfoque cuantitativo busca evaluar y comparar el desempeño de las mangueras hidráulicas alternas con repuestos originales que son adaptadas en el sistema de dirección de vehículos automotrices, mediante la medición objetiva de variables relacionadas al ruido, la vibración y el comportamiento hidráulico del sistema.

El estudio comparativo ejerce contrastar el desempeño de mangueras de presión con dos variantes para el recambio, evaluando su influencia en el sistema durante maniobras de giro del volante, el estudio se fundamenta en la comparación directa de variables cuantificables, tales como niveles de ruido, comportamiento del paso de fluido con repuesto alterno.

Mediante la aplicación de pruebas experimentales y el uso de instrumentación adecuada para los niveles de ruido se busca identificar diferencias significativas entre ambos tipos de mangueras, considerando aspectos como el diseño criterios técnicos y materiales.

Los resultados permitirán establecer criterios que facilite comprender qué tipo de manguera sea adecuada implementar en el recambio, contribuyendo a mejorar el confort del usuario, la confiabilidad del sistema de dirección hidráulica y la durabilidad de los componentes asociados.

3.1 Enfoque metodológico

El método para realizar pruebas experimentales, mediante herramientas de medición digital en este caso un sonómetro (decibelímetro) que se utiliza para medir los niveles de ruido generados por el sistema de dirección hidráulica.

Registrando simultáneamente la Presión sonora que genera las piezas móviles de la bomba de dirección, bajo las condiciones de operación del vehículo, siguiendo un protocolo de pruebas que van apegadas a la reparación de la manguera de presión.

Se realiza un posterior recambio con la finalidad recabar datos en condiciones de carga y maniobras de la dirección, para realizar registros comparativos del comportamiento sonoro del sistema.

El estudio comparativo ejerce constatar el desempeño de manguera de presión con dos variantes para el recambio, evaluando su influencia en el sistema durante maniobras de giro del volante.

El estudio se fundamenta en la comparación directa de variables cuantificables, tales como niveles de ruido, comportamiento del paso de fluido con repuestos alterno y la medición de la presión de trabajo.

Este proyecto se fundamenta en la aplicación de principios de mecánica experimental y comportamiento de materiales, enfocados al análisis de mangueras de presión para dirección hidráulica y su relación con el ruido,

El estudio experimental se desarrolla mediante pruebas controladas directamente en el vehículo instalando un aparato de medición que permite medir el ruido que se genera en la bomba hidráulica dando validez a las propiedades físicas de la manguera como recambio.

3.2 Diseño de la investigación

El proyecto se dirige en desarrollar pruebas controladas con el fin de obtener

resultados que sustenten la comparación de una manguera de presión original con la adaptación de un recambio alternativo.

De la misma forma se considera descriptiva-comparativa ya que se caracterizan los comportamientos acústicos del sistema mediante registros de niveles sonoros, análisis paramétricos y representación gráfica de los datos obtenidos a través del sonómetro digital.

Este proceso permite establecer la comparación técnica y objetiva entre ambas configuraciones, identificando posibles diferencias entre el material asociadas a fenómenos de resonancia hidráulica, comportamiento dinámico, cavitación, presión o variaciones del sonido en el sistema.

3.3 Variables de estudio

En este proyecto de investigación, se dirige al análisis comparativo de los niveles de ruido que genera la dirección cuando se utiliza una manguera recambiada alterna comparada a la original, las variables se clasifican en dependientes, independientes y de control (ver Tabla 1).

Con el fin de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados experimentales; la variable dependiente corresponde al nivel de ruido (sonorización) medido en decibelios (dB) generado por el sistema.

La Variable independiente está relacionada a la reparación de la manguera, adaptación de la manguera que será utilizada para las pruebas, las variables de control nos ayudan a mantener condiciones constantes como la presión, hermeticidad y flujo constante durante la medición.

La reparación de la manguera consiste en el corte de la férula vieja para reutilizar las conexiones, se suelda espiga con el fin de tener un buen proceso de prensado sin perder hermeticidad, la manguera que se utiliza tiene el mismo diámetro de la espiga y sigue los parámetros como el tipo de refuerzo y el tubo interno para el paso del fluido.

Tabla 1*Variables de estudio*

Variable	Definición operacional	Instrumento / método de medición	Unidad	Uso en el análisis
Nivel de ruido	Intensidad sonora generada por el sistema de dirección	Sonómetro digital	dB	Comparación de niveles de ruido
Tipo de manguera de presión	manguera original vs manguera alterna	Sustitución controlada del componente	—	Variable principal de comparación experimental
Régimen del motor (RPM)	Velocidad de giro del motor durante las pruebas	Tacómetro	rpm	Condición constante para garantizar repetibilidad
Condición de giro del volante	reposo, giro parcial y giro a tope	Protocolo de prueba estandarizado	—	comportamiento acústico bajo carga hidráulica

Nota. Las variables de control garantizan que la diferencia del nivel de ruido se debe al tipo de manguera de presión evaluada, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados.

3.4 Equipo y materiales

Para las pruebas de medición en los niveles de ruido de la dirección hidráulica se emplea un medidor de decibelios, instrumento diseñado para la regulación en la calidad sonora y prevención de los entornos como los ruidos en el sector automotriz.

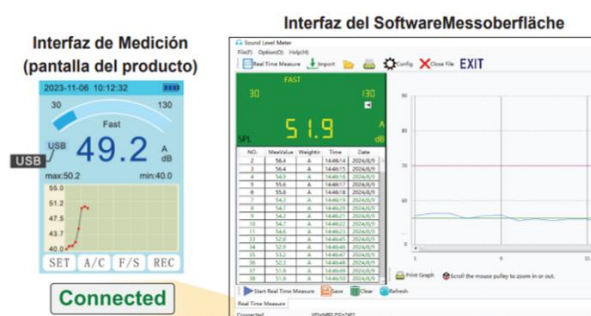
- Medidor de nivel de sonido digital, (Figura 4) el sonómetro es un instrumento de medición de ruidos o niveles de ruidos de presión con lo cual la unidad es de decibelios.

El decibel es una unidad adimensional para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medible y una referencial, el gráfico de líneas y picos de los cambios en los datos de ruido permite la descarga de registros en tiempo real (Merchan, 2017).

Figura 4*Sonómetro digital*

- El software para adquisición de datos mantiene una interfaz de medición que capta, procesa y registra los niveles de presión sonora expresadas en decibelios (dB).

Es adaptable para el ordenador conforme a los resultados obtenidos en gráficos en tiempo real se genera una data que se puede analizar y comparar entre los dos tipos de mangueras que se adaptan en el vehículo (Figura 5).

Figura 5*Interfaz del software*

- Fluido hidráulico que se transporta por la manguera de tipo ATF (fluido de transmisión automática), funciona para transmitir la energía que genera la bomba hacia la cremallera de dirección, además ayuda a proteger los componentes internos contra el desgaste (Figura 6).

Figura 6

Líquido hidráulico para dirección



- Prensa para manguera hidráulicas (Figura 7) este equipo se utiliza para remachar férulas en conexiones y terminales que forman los latiguillos, garantiza la estanqueidad del fluido y resistencia mecánica. Deforma la férula con el fin de generar una sujeción que soporta la presión que pasa por la manguera, un mal proceso de prensado implica un deterioro prematuro del latiguillo en condiciones de trabajo, además de producir accidentes por el desprendimiento de materiales de la manguera.

Figura 7

Máquina para prensar mangueras



3.4.1 Vehículo para pruebas de sonido

Las pruebas de sonido se emplean en vehículo de marca Renault Sandero (Figura 8) tipo Sedán, dirección convencional bomba y cremallera, la opción que da este vehículo es el fácil acceso a la manguera de presión lo cual permite que el despiece de sea más rápido acortando tiempo de las pruebas. El motor genera menos ruidos en ralentí de fondo lo que permite una mejor adquisición de datos y fácil instalación del sonómetro digital.

El vehículo presenta sonidos en la dirección por lo cual se procedió a cambiar y realizar la adaptación de dos tipos de mangueras que se constituyen R1 refuerzo de alambre y R3 refuerzo de nylon.

Figura 8

Renault Sandero para pruebas de sonido



3.5 Procedimiento experimental

3.5.1 Preparación del vehículo y condiciones de ensayo

Previo a la realización de los ensayos acústicos, se prepara el vehículo, se efectúa un chequeo visual en todo el sistema de dirección hidráulico con el propósito de verificar su correcto funcionamiento y garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

Además, cada una de las tres pruebas se hicieron con un lapso de 5 minutos con el vehículo apagado, se corre el programa y se enciende el vehículo para que el ralentí del motor se grafique en la señal por lo consiguiente se gira el volante varias veces.

3.5.2 Instalación y calibración del sonómetro digital

se instala el sonómetro cerca de la manguera con el fin de medir con precisión los sonidos, además se configura la alarma luminosa con colores para que refleje cuando pasa de nivel bajo, medio y alto. El medidor genera un almacenamiento para guardar los datos recopilados dependiendo del periodo de tiempo que se determina para cada prueba. Se conecta el medidor de decibelios al ordenador para exportar los resultados.

Figura 9

Instalación de sonómetro en el vehículo



3.5.3 Configuración del software para adquisición de datos

Se realizó la configuración del software SoundLab adecuado para PC (Figura 10), este programa garantiza la correcta adquisición y almacenamiento de los datos acústicos, el sonómetro se conecta al ordenador mediante cable USB, después se configuraron los parámetros de medición empleados durante las pruebas seleccionando la ponderación de frecuencia A-Weighting para la evaluación del ruido ambiental y automotriz.

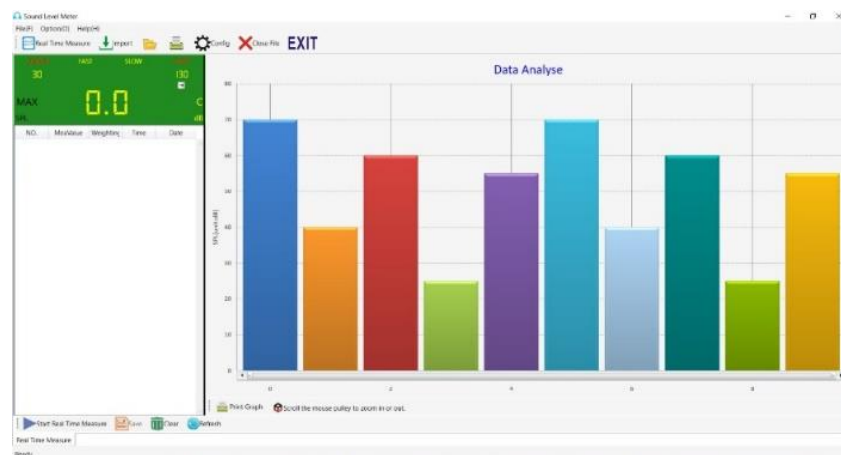
Así como la opción FAST que permite registrar las variaciones instantáneas del sonido. Para interpretar los datos obtenidos, se establece una escala operativa de análisis dentro del rango de medición del equipo, la cual se ha organizado de la siguiente manera:

- 30-60 dB es un funcionamiento normal con baja presencia de ruido y vibraciones,

- 61-85 dB significa incremento moderado del ruido con pulsaciones hidráulicas durante el movimiento de la dirección,
- 86-130 dB manifiesta picos elevados de ruido asociados a condiciones de carga y mayor cambio de vibraciones.

Figura 10

Aplicación SoundLab para adquisición de datos



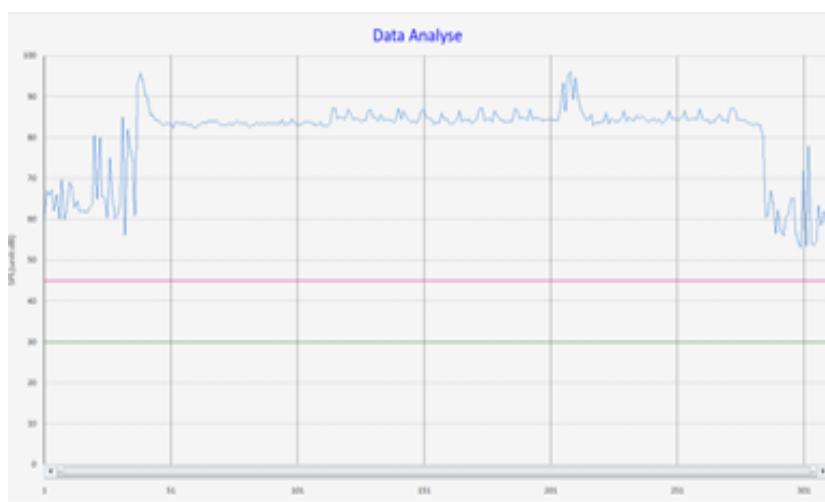
3.5.4 Adquisición de datos acústicos con la manguera original

Con el correcto funcionamiento del sistema de dirección hidráulica y configurado el sonómetro digital se realiza las pruebas con la manguera original (figura 11), durante la prueba se gira el volante varias veces de izquierda a derecha con la finalidad de recabar el sonido del sistema mediante el programa del sonómetro.

Los resultados obtenidos evidenciaron medias acústicas de 83,91 dB en la prueba 1, de 84,64 dB en la prueba 2 y 80,42 dB en la prueba 3, valores dentro del rango moderado definido para el estudio, bajo los picos registrados posteriormente con la manguera R1.

Figura 11

Gráfica de la presión sonora de la manguera original



3.5.5 Prueba con manguera R1 (refuerzo metálico)

Finalizadas las mediciones con la manguera original se realizaron las pruebas de sonido de la manguera R1 con refuerzo de acero trenzado, tomando en cuenta la correcta fijación de las conexiones para evitar fugas antes de iniciar con el registro de datos del programa.

3.5.5.1 Despiece, reparación e instalación de la manguera R1 con refuerzo metálico. Siguiendo con el proceso de las pruebas, se realiza el desarme de la manguera original para hacer el recambio con el tipo R1 de refuerzo de acero trenzado (Figura 12), se suelda espigas con cañerías (Figura 13).

Se prensaron las férulas a la manguera siguiendo el proceso correspondiente, después se vuelve a instalar, se llena el depósito con aceite hidráulico y se realiza el purgado.

Figura 12

Recambio de la manguera R1

**Figura 13**

Soldadura de espigas para manguera R3



3.5.5.2 Adquisición de datos acústicos con la manguera R1. Previamente instalada la manguera R1, llenado el reservorio de aceite hidráulico y purgado el sistema se procede a la adquisición de datos (Figura 14) con el objetivo de evaluar el nivel de ruido que se refleja picos altos que superan los 100 decibelios con el giro del volante para ambos lados por varias veces.

Figura 14

La manguera tipo R1 refleja picos que sobrepasan los 100 decibelios



3.5.6 Prueba con manguera R3 (refuerzo Nylon)

Después de las pruebas con la manguera R3 se construye un prototipo parecido a la original con la cual se realizaron los ensayos.

Se registraron los datos obtenidos que fueron plasmados en graficas donde se analiza en tiempo real los picos de presión sonora, las pruebas se desarrollaron bajo las mismas condiciones de los ensayos anteriores.

3.5.6.1 Despiece, reparación e instalación de la manguera R3 con refuerzo de Nylon. Se realizó el desmontaje de la manguera R1 e instalamos el tipo R3, previamente a este paso reparamos (Figura 15) siguiendo el proceso de prensado (Figura 16).

Además se verifica que tenga un sellado óptimo para realizar las pruebas de sonido, finalmente se procede al llenado y purgado del sistema para que el sonómetro realice la evaluación acústica.

Figura 15

Reparación de manguera R3

**Figura 16**

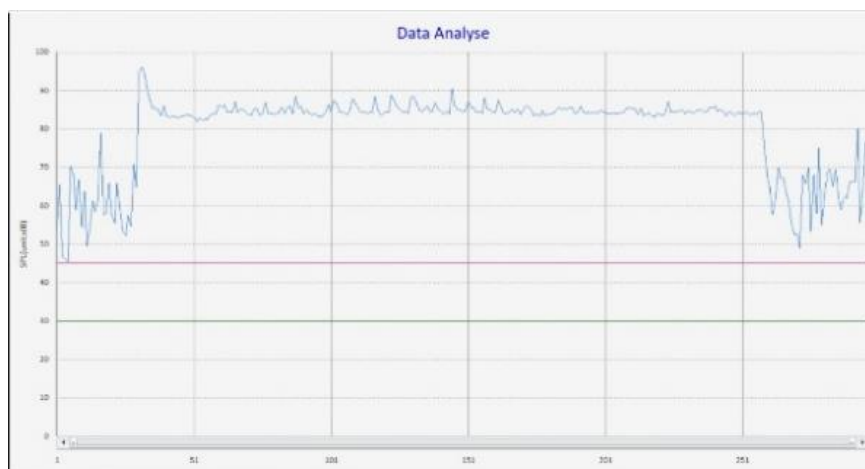
Proceso de prensado para la manguera R3



3.5.6.2 Adquisición de datos acústicos con la manguera R3. Previamente instalada la manguera, las pruebas de sonido refleja la diferencia en los niveles de sonido (Figura 17) que comparado a la R1 se ve reflejado como las curvas del sonido se mantuvo por debajo de 90 decibelios mermado por el tipo de manguera que está instalado en el sistema.

Figura 17

Pruebas de sonidos para manguera R3



Capítulo IV

Análisis de resultados

El análisis comparativo de los dos tipos de mangueras sostiene una variable dispuesta a reemplazar la original lo cual comprende el comportamiento acústico de las dos muestras evaluadas en este proyecto.

Las variables medidas por el sonómetro digital muestra una significativa diferencia en los decibelios de la presión del sonido con respecto al tipo original puesto que las muestras van sujetas al tipo de refuerzo interno propias de cada manguera.

Este capítulo evidencia la forma comparativa de los resultados de cada manguera, destacando características de elaboración, desempeño de trabajo y puntos elevados de los niveles de ruido en los constantes cambios de presión conforme al giro del volante.

4.1 Análisis comparativo de ruido entre manguera original, R1 y R3

Las pruebas realizadas mostraron cambios en los niveles de sonido que genera el sistema de dirección hidráulica, la manguera con refuerzo de acero trenzado R1 presenta valores más altos de ruido comparado con la manguera R3 construida sobre un refuerzo de Nylon características que minimiza la carga acústica.

Por su parte la manguera original mantuvo un manejo intermedio entre los resultados, estos datos evidencian que el refuerzo influye directamente en la transmisión de vibraciones y comportamiento del sistema.

4.1.1 *Tendencia general acústica*

La manguera con refuerzo metálico R1 evidencia un pico más alto de decibelios con respecto a la manguera tipo R3 conforme al sonómetro se generó:

- Aumento paulatino del sonido en la zona de la bomba hidráulica.
- Cambio de forma elástica de la manguera
- Giro de forma rustica el volante de la dirección

Disposición de la manguera con refuerzo de Nylon denominada R3 propone un cambio diferente en la dirección con respecto a la R1:

- Disminuye el sonido conforme se va purgando el aire interno que quedo en el sistema
- Cambio en la tolerancia interna del tubo en el paso del fluido.
- Volante más suave conforme al giro de la dirección.

4.1.2 Comparativo acústico de los niveles de ruido

Los datos obtenidos mediante el sonómetro permitieron recabar diferencias visibles entre ambos tipos de mangueras

Tabla 2

Comparación de niveles de ruido

Condiciones de prueba	Manguera R1	Manguera R3	Diferencia
Motor en ralentí	70 dB	68 dB	Similar comportamiento
Giro del volante dirección	104 dB	96 dB	8 dB menos en R3

Nota. Los datos recopilados por medio del sonómetro digital reflejan una disminución progresiva del sonido de la manguera R3 con respecto a la R1

4.1.3 Ejecución de las pruebas

En la ejecución de las pruebas se identificaron diferentes cambios físicos en el sistema de dirección del vehículo.

Manguera R1

- Rigidez estructural
- Vibraciones constantes con el giro del volante
- Sensación rustica en el volante

Manguera R3

- Pulsaciones hidráulicas absorbidas por el refuerzo interno
- Mejor absorción de las pulsaciones
- Volante, más suave paulatinamente

De acuerdo con el marco teórico se observa un comportamiento en la amortiguación al paso de fluido el cual genera pulsaciones constantes, beneficia en la disminución paulatina del ruido conforme se va purgando el sistema, puesto que siendo un sistema cerrado herméticamente el aire que genera un cambio de la línea de presión o retorno provoca sonido en la bomba y genera burbujas en el reservorio.

4.2 Variación acústica del sistema hidráulico

El comportamiento acústico de la bomba hidráulica refleja un cambio con el tipo de manguera, el paso del fluido a través del sistema genera una propiedad mecánica diferente entre las dos mangueras utilizadas para las pruebas: la manguera R3 admite una mayor tolerancia (deformación) en su diámetro interno durante el transporte del fluido en comparación con la muestra R1, lo cual favorece la absorción de las pulsaciones de presión.

4.2.1 Material de refuerzo

El refuerzo metálico sostiene una propiedad rígida permitiendo la transmisión del fluido más directa provocando deformaciones que provocan sonidos en la rotación de la bomba, esta manguera dispone de una malla de alambre por lo cual permite soportar variación en las pulsaciones hidráulicas.

En contraste, la manguera R3 mantiene un refuerzo de Nylon que posee una absorción dinámica lo cual genera una tolerancia en el diámetro interno que favorece en el paso del fluido reduciendo las vibraciones que genera los cambios de presión en la bomba.

4.2.2 Comportamiento de los componentes del sistema

La bomba hidráulica genera presión constante lo cual es transportada por las mangueras, este paso del fluido genera anomalías mecánicas como ruido, fugas del fluido e influencia del confort en la conducción. Por otra parte, la cremallera de dirección presenta desgaste por falta de hidráulico ya que aparte de convertir la presión en movimiento esta también lubrica constantemente sus piezas internas. El reservorio cumple la opción de almacenar el aceite, además muestra el nivel de todo el sistema.

4.3 Análisis de gráficas

En las gráficas que se muestran a continuación se analiza un alza más relevante con la muestra R1, los picos reflejan que al momento de llegar directamente al giro total del volante el nivel de decibelios aumenta conforme se mueve la dirección, esta muestra genera una aceptación menos favorable por lo que no soluciona el desperfecto inicial de la prueba aumentando sonido, amenorando el confort lo cual se busca como reemplazo por la manguera original (ver figura 18).

Figura 18

Gráfica de las pruebas 2 del nivel de sonido de la manguera R1



La comparativa de la muestra R3 (Figura 19) refleja una caída considerable con respecto al tiempo, muy por debajo de la muestra R1 (figura 18), se toma en cuenta que las dos tienen las mismas características largo, medida y molde de acuerdo con la original mostrando aceptación a la hora de realizar recambio en caso de que no se encuentre el repuesto original.

Figura 19

Gráfica de la prueba 2 del nivel de sonido de la manguera R3



4.4 Interpretación de los resultados

En la tabla 3 se analiza la media general de las pruebas que se hicieron en el vehículo conforme a las dos mangueras de ensayo, las pruebas acústicas realizadas se desglosan verificando el objetivo general de este proyecto.

4.5 Análisis de datos

Se realizaron tres pruebas en general para cada manguera, donde los elementos de medición sonoros que se muestran en las gráficas se procesaron para determinar niveles máximos y mínimos. Además, se evalúa un rango total que muestra las diferencia en de los porcentajes de medición.

Tabla 3

Media acústica entre mangueras de ensayo

Prueba	N	Media (dB)
Prueba 1 Manguera original	325	83,91 dB
Prueba 2 manguera original	321	84,64 dB
Prueba 3 Manguera original	311	80,42 dB
Prueba 1 manguera R1	383	85,88 dB
Prueba 2 manguera R1	358	84,90 dB
Prueba 3 manguera R1	361	84,28 dB
Prueba 1 manguera R3	312	81,73 dB
Prueba 2 manguera R3	304	80,70 dB
Prueba 3 manguera R3	297	79,50 dB

Nota. N representa el número de registros acústicos captados por el sonómetro en cada prueba. La media corresponde al promedio de valores de presión sonora registrados.

4.5.1 Rango de pruebas

El rango de los ensayos en la manguera R3 no supera los 90 decibelios con respecto al de la manguera R1 que sobrepasa los 100 decibelios (ver Tabla 4). Las mediciones fueron realizadas con el motor encendido en ralentí. Entre cada ensayo, el vehículo permanece

apagado durante aproximadamente 5 minutos para estabilizar las condiciones previas a la siguiente prueba.

Tabla 4
Rango de Decibelios

Rango de ruido	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Interpretación
Manguera original	37,3 dB	40,8 dB	42,8 dB	Funcionamiento normal del sistema
Manguera R1	51,2 dB	64,6 dB	64,6	Incremento de ruido
Manguera R3	46,7 dB	45,2 dB	50,6 dB	Presencia de ruidos en condiciones de trabajo

Nota. La manguera R1 registro mayores niveles de ruido debido a la construcción de sus materiales comparada con la R3.

4.6 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos mediante las mediciones de sonido reflejan comportamiento coherente con los fundamentos teóricos relacionados con la transmisión de ruidos en el sistema de dirección hidráulica.

El análisis muestra un régimen alto de ruido en la muestra de la manguera R1 ya que este modelo dispone de un trenzado de malla metálico el cual disminuye su elasticidad, este cambio constante de presiones por parte de la bomba varía dependiendo del giro del volante, lo cual la cremallera recibe dicha presión y la convierte en movimiento, este comportamiento favorece a las vibraciones que se dan durante la conducción del vehículo.

Por otra parte, la manguera R3 con refuerzo de Nylon genero niveles de ruido bajo y una respuesta acústica más estable durante las maniobras del volante, su refuerzo textil se caracteriza por generar esa tolerancia en el tubo interno que favorece a que el paso del fluido

no se vea perturbado por los cambios de presión constantes que genera la bomba hidráulica reduciendo así la presión sonora percibida durante el funcionamiento del sistema.

Los datos registrados mediante el sonómetro evidenciaron que la mayor parte de las pruebas tuvieron un rango moderado de ruido, sin embargo, en el ensayo de la manguera R1 si se evidenció picos constantes de sonido asociados al aumento de presión constante de la bomba y el movimiento del volante.

Los resultados favorecen al tipo de manguera R3 puesto que muestra una mejor capacidad de amortiguar vibraciones y disminuir el ruido generado por la circulación del fluido, proporcionando un funcionamiento confortable para el conductor dentro de la cabina.

La manguera R1 cumple con la función de transportar el fluido a presión, pero presenta una mayor transmisión de ruido y vibraciones, comparada con la R3 ofrece esa ventaja mecánica de favorecer el confort, estabilidad de funcionamiento lo cual la convierte en una alternativa adecuada para reemplazar la manguera original en el caso de que esta sea poco probable encontrarla en el mercado.

Conclusiones

Se determino los niveles de ruido de cada tipo de manguera mediante ensayos experimentales generados en el sistema de dirección hidráulica al utilizar dos tipos de mangueras para adaptar al repuesto original, tomando que la manguera R1 mantuvo un dato de 104 dB comparada a la R3 que mantuvo 96 dB comprobándose que las características constructivas de la manguera influyen directamente en el comportamiento acústico del sistema.

La manguera R3 presento menores niveles de ruido que la manguera R1 y un comportamiento más cercano al tipo original con la ayuda del instrumento de medición y las diferentes pruebas se realizó una media con un total de tres pruebas para cada tipo de manguera que refleja que la manguera R1 mantuvo una media de 85,88 dB en la media de la prueba con mayor ruido y la manguera R3 mantuvo una media de 81,73 dB manteniendo el menor dato de toda la prueba.

El tipo de refuerzo y las características constructivas influyo directamente en la generación de ruido lo cual las pruebas con el sonómetro digital evidenciaron que la manguera R3 con refuerzo de Nylon presento un menor margen de dificultad a la hora de soportar los diferentes cambios de presión y mitigar el sonido que genera la dirección comparada con la manguera con refuerzo de acero que debido a su mayor capacidad de absorción de pulsaciones hidráulicas y vibraciones generadas por la bomba hidráulica.

Se estableció criterios para seleccionar materiales y conexiones que reduzcan el ruido del sistema como es el caso de las espigas soldadas que influyen en un buen agarre entre la férula prensada y la conexión a reutilizar el material de manguera como el trenzado de Nylon para minimizar los cambios de presión y reducir el régimen de sonido.

Recomendaciones

Con los datos recopilados se recomienda en base a este proyecto utilizar procedimientos estandarizados y un instrumento calibrado para futuras evaluaciones que se guíen a seguir probando con distintos tipos de mangueras de más mallas de refuerzo o tipo textil estructural.

Se recomienda dar prioridad a las especificaciones del fabricante, que se sigan los procesos de prensado con medidas de apriete para cada medida de férula dependiendo del fabricante de la máquina de prensado y las especificaciones de la manguera.

Priorizar el uso de mangueras con mejor desempeño acústico en reparaciones conjuntamente la relación entre la dinámica del fluido y la generación de ruido, integrando las mediciones de caudal, presión y vibraciones.

Aplicar procesos de recambios para mejorar la durabilidad y la confiabilidad del sistema de dirección hidráulica, desde que se cortan y sueldan espigas, prensar las férulas conjuntamente con la manguera hasta la instalación en el vehículo.

Referencias

- Alvarado González, P. I. (2023). Estimación de la reducción de ruido en la zona norte de Guayaquil influenciado por el uso de vehículos eléctricos. [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE.
- Arribas, A., Castellanos, J., & Goenechea, E. (2007). Control Activo del Ruido en Una Instalación Hidráulica. RIAI, 7.
- Asqui Yáñez, D. A. (2025). Simulación de esfuerzos en la cremallera de dirección del KIA Stonic 1.6 cc bajo carga de impacto. [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE.
- Caiza Arroyo, B., & Salazar Tiban, E. (2024). Fundamentazción Teórica del Perfeccionamiento de Partes Automotrices Según Metodologías NVH Para Reducir las Vibraciones. Riobamba.
- Chávez Bautista, D., Jaramillo Garza, J., Banda Muñoz, F., Rocha Moreno, R., Porras Mata, C., Martínez Martínez, D., . . . Sánchez Ramos, J. (2016). Mejora en proceso de prensado. Dialnet, 8. Obtenido de <https://mdi.uanl.mx/index.php/revista/article/view/156/133>
- Chaya Jaimes, P. (2019). Plan de Negocio que Permita la Implementación del Área de Comercio Internacional en la Empresa Racores y Mangueras de Colombia S.A.S. BOGOTA.
- Henao Castañeda , F. (2010). Determinación Experimental de la Expansión Volumétrica de Mangueras Oleohidráulicas. Pereira.
- Lara Montaña, J. (2009). Funcionamiento de la Importación y Comercialización de la Mnaguera Hidráulica Ensamblada en la Empresa Larapartes C.I. en el Año 2007. Bogota, D.C.
- Leon Utreras, J. (2020). Diseño de una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa Dimasa S.A. Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4207/1/T-UIDE-0029.pdf>

- León Utreras, J. C. (2020). Diseño de una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa DIMASA S.A. . [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE.
- Merchan, M. V. (2017). Comparación Del Ruido Producido En El Túnel San Eduardo Y Cerro Santa Ana, Ubicados En La Ciudad De Guayaquil. Dinalnet, 5.
- Mollazade, K., Ahmadi, H., Omid, M., & Alimardani, R. (2009). Diagnostico de Fallas Basado en Vibraciones de la Bomba Hidráulica del Sistema de Dirección del Tractor Mediante Técnicas de Energía . Modern Applied Science , 8.
- Orbea Hinojosa, L. (2006). Diseño, Construcción y Adaptación de la Dirección Hidráulica en un Tractor Agrícola International 7-24. 116.
- Parker. (2009). Manguera hidráulica, terminales y equipo Catálogo.
- Pérez , J. (2009). Generación de Ruido Tonal en Bombas Centrífugas por Interacción Fluidodinámica entre Rodete y Voluta. Oviedo.
- Rodriguez Pirazán, J., & Sánchez Barrera, L. (2015). Diseño y Construcción de una Máquina Para Pruebas de Expansión Volumétrica y Estallido de Manguera de Sistemas de Freno Hidráulico, Para la Empresa Guayalres LTDA. Según la Norma NTC 977. Bogotá D.C.
- Solis Obando , K., Yaselga , E., & Guevara, M. (2022). El Sistema de Dirección y el Papel que Desarrolla en los Vehículos The Steering System and the Role it Plays in Vehicles o Sistema de Direção e o Papel que Desempenha nos Veículos. 20.
- Steertex. (2026). HTB335/HTB336. Obtenido de Power Steering Hose: file:///C:/Users/jhon/Downloads/Manguera%20Direccion%20Hidraulica%20(1).pdf
- Stosiak, M., Bury, P., & Karpenko, M. (2025). Influencia de la Longitud de la Manguera Hidráulica en las Formas de Onda de la Presión Dinámica, Incluyendo los Fenómenos Ondulatorios. Scientific Reports , 13.