



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA  
RECONSTRUCCIÓN DE  
AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES  
Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD  
ECONÓMICA EN VEHÍCULOS  
LIVIANOS.**

**Autores:**

Quintero Blanco, Fernando Rafael

C.I.: 25.840.561

Sánchez Rodríguez, Jesús Daniel

C.I.: 27.242.268

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Máster) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA  
RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES  
AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD  
ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS.**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Autores:**

Quintero Blanco, Fernando Rafael

C.I.: 25.840.561

Sánchez Rodríguez, Jesús Daniel

C.I.: 27.242.268

**Tutor:** Ing. Tomas González

San Diego, Septiembre de 2019



FI-N -005-2019-3CR (TG)

Valencia, 03 de diciembre de 2019

Ciudadanos:  
Quintero B, Fernando R.,  
25.840.561  
Sánchez R, Jesús D.  
27.242.268  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2019 de fecha 05-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHICULOS LIVIANOS** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Ing. Tomas González C.I:18.861.190 como Tutor Académico que los asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/l.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

San Diego, Febrero 2020

**ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO TRABAJO DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el proyecto trabajo de grado: titulado **ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHICULOS LIVIANOS** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Tomás González  
Tutor Académico

  
Firma

20/02/2020  
Fecha

Ing. Alicia Pizzella  
Tutor Metodológico

  
Firma

20-2-20  
Fecha



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Tomás González portador de la cédula de identidad N° V- 18.861.190, en mi carácter de tutor del trabajo Especial de Grado presentado por el ciudadano Quintero Blanco Fernando Rafael, portador de la cédula de identidad N° 25.840.561, y por el ciudadano Sánchez Rodríguez Jesús Daniel, portador de la cédula de identidad N° 27.242.268, titulado **ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS**, Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En San Diego, a los 26 días del mes de febrero del año dos mil veinte.

Firma  
Ing. Tomas González  
C.I.: 18.861.190

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Fernando Quintero**

Le doy gracias a Dios y a la virgencita de Guadalupe por acompañarme en todo el camino de la carrera, siempre dándome fuerzas y las ganas de seguir adelante a pesar de todas las dificultades y tropiezos que se presentaban, así como también por las todas las bendiciones, salud y éxitos que me han dado.

A mis padres Yurma y Gerardo, gracias a ellos soy lo que soy hoy en día, me han apoyado incondicionalmente, son mis pilares y mi todo. Quienes se aguantaban mis grandes charlas sobre todo lo que aprendía a diario en la universidad. No me alcanzara la vida para poder agradecerles por lo que han hecho por mí. Siempre han sido mi mayor ejemplo de a seguir, me enseñaron que la unión familiar es primordial y no tengo palabras para describir todo el amor que siento por ustedes. Los amo... esta meta cumplida se las dedico con todo mi corazón.

Mis hermanos Anielys y Gerardo, no se imaginan lo agradecido que estoy con ustedes, siempre me han motivado a dar todo de mí, cada uno me ha enseñado grandes cosas y me han apoyado en cada una de las decisiones que he tomado. Mis compañeros de vida y aventuras los amo.

A mi tía Yamiles, quien es el mayor ejemplo a seguir que se puede tener sobre que no hay excusas para poder lograr los sueños y metas que nos proponamos, mi segunda mama, mi mejor consejera y mi confidente. Te amo

No podría dejar de agradecerles a mi abuelo Mauro, Mi abuela Elia, Mis tía Neiva y a mi tío Mauro por siempre consentirme, apoyarme y estar ahí siempre cuando los necesito. Los quiero y los amo.

A todos mis amigos y futuros colegas por hacer que esta carrera tan complicada se haya convertido en una experiencia maravillosa, en especial a Ariana, Jesús y José, mi team 4/4 se les quiere mucho y estemos donde estemos siempre contarán conmigo.

A mi novia Némesis, por todo tu cariño, amor y paciencia en mis momentos de estrés académico.

Mi amigo y hermano Beto que a pesar de la distancia siempre ha estado presente y pendiente de todo el transcurso de mi carrera. Te quiero hermano Y por último a todos los profesores de la carrera, gracias por compartir todos sus conocimientos y experiencias que me han ayudado en mucho.

**Gracias a todos.**

## AGRADECIMIENTOS

### **Jesús Sánchez**

Primeramente quiero agradecer a dios por permitirme llegar a esta instancia dándome todas las herramientas suficientes para poder llevar a cabo esta investigación, convirtiéndola en un aspecto tangible, que considero una meta muy importante cumplida cuando tanto lo deseaba. Es entonces, donde me doy cuenta que soy una persona afortunada, por tener como herramienta y pilares a personas muy importantes que me apoyaron en todo este camino. Personas que llevan como nombre, Jesús Argenis Sánchez, mi padre y mi hermano, Jesús David Sánchez, los cuales fueron los primeros responsables de mantenerme en pie, para emplear todo mi rendimiento en cumplir mis metas y más aún esta, que es una de las más importantes en mi vida hasta ahora. Estos siempre estuvieron dispuestos a brindarme el apoyo incondicional que necesité y abarcar todas las necesidades puede necesitar un hombre en este camino, a pesar de sobrepasar tiempos duros, fueron los predilectos para darme una mano e inspirarme a realizar un excelente trabajo de calidad, ya que son personas que se emplea de forma ética en su trabajo.

En segundo plano pero no menos importante, hubo personas que a pesar de no tener un lazo de sangre directo, también siempre estuvieron para apoyarme a cumplir esta gran meta. Personas que con sus simples detalles, me motivaban a buscar el éxito de esta fase importante, aportando un pequeño grano de arena pero que en este momento de culminación, se convirtieron en un recurso que siempre aportaba energía suficiente para recargar mis ganas de cumplir esta meta. Considerando que no importa el ámbito era que provenía esta energía de apoyo, siempre era la necesaria en ese momento para persistir.

Podía ser apoyo, moral, monetario, intelectual, sentimental, de entretenimiento y muchos mas, que son importantes para mi persona y por lo cual debo agradecerles en este momento a las siguientes personas; Familia Quintero Blanco, que fueron mi segunda familia y casa en este camino; José Quevedo y Ariana Pérez, mis amigos de lucha universitaria predilectos; Waihany Taylor, mi novia que tanto vio mi potencial e impulsó creyendo en mí; Paula Coromoto; mi tía que siempre me recibió con los brazos abiertos y por ultimo pero no menos importante; Fernando Quintero, mi compañero de tesis y hermano, que fue mi contraparte que empleó igual que yo, todas sus fuerzas para cumplir esta meta.

Acotando que no me olvido de personas que siempre estuvieron ahí para resolver dudas, proveer críticas constructivas, opiniones de apoyo, proveer resoluciones y estar en todo el camino como pilar intelectual de este trabajo de investigación, los cuales recurrí a ellos incontables oportunidades. Donde siempre fueron capaces de recibirme con todas las intenciones, disposición y donde siempre obtenía el suficiente información para plasmarlo en esta investigación, obteniendo sin cansancio un regalo de parte de ellos, que es el conocimiento. Es entonces, por este motivo que le doy gracias al Ing. Donato Romanello, personaje con unas de las mejores críticas constructivas que se puede obtener de un profesional en ingeniería mecánica y muy exigente en buscar la excelencia del trabajo y la Ing. Alicia de Pizella, que siempre con mucho cariño y disposición estuvo al tanto para corregir todos nuestros errores metodológicos, dándole también un toque carismático al camino y críticas creativas a nuestra investigación.

## ÍNDICE

| CONTENIDO  | Pp |
|--|----|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>                             |    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                     | ix |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                      | ix |
| <b>ÍNDICE DE GRAFICOS</b> .....                    | ix |
| <b>RESUMEN</b> .....                               | x  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                          | 1  |
| <br>   |    |
| <b>CAPÍTULO</b>                                    |    |
| <b>I EL PROBLEMA</b>                               |    |
| 1.1 Planteamiento del Problema.....                | 3  |
| 1.2 Formulación del Problema.....                  | 4  |
| 1.3 Objetivos de la Investigación.....             | 4  |
| 1.3.1 Objetivo General.....                        | 4  |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                   | 5  |
| 1.4 Justificación.....                             | 5  |
| 1.5 Alcance.....                                   | 6  |
| 1.6 Limitaciones.....                              | 7  |
| <br>   |    |
| <b>II MARCO TEÓRICO</b>                            |    |
| 2.1 Antecedentes de la investigación.....          | 8  |
| 2.2 Bases Teóricas.....                            | 13 |
| 2.2.1 Sistema de suspensión automotriz.....        | 14 |
| 2.2.1.1 Función.....                               | 14 |
| 2.2.1.2 Elementos.....                             | 15 |
| 2.2.2 Amortiguador automotriz.....                 | 16 |
| 2.2.2.1 Tipos de amortiguadores.....               | 16 |
| 2.2.2.2 Partes de un amortiguador.....             | 19 |
| 2.2.2.3 Función de un amortiguador.....            | 24 |
| 2.2.2.4 Caracterización de los amortiguadores..... | 27 |
| 2.2.2.5 Fenomenología en el amortiguador.....      | 37 |
| 2.3 Definición de términos.....                    | 43 |
| <br>   |    |
| <b>III MARCO METODOLÓGICO</b>                      |    |
| 3.1 Tipo de Investigación.....                     | 44 |
| 3.2 Diseño de la Investigación.....                | 44 |
| 3.3 Nivel de la Investigación.....                 | 45 |
| 3.4 Población y muestra.....                       | 45 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 3.5 | Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 46 |
| 3.6 | Fases Metodológicas.....                             | 51 |

#### **IV Resultados**

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.1     | Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos, ejecutados en los talleres especializados que operan en Venezuela ..... | 53  |
| 4.2     | Caracterización de los factores críticos dentro del funcionamiento de los amortiguadores de vehículos livianos....  | 64  |
| 4.2.1   | Caracterización del eje.....  | 64  |
| 4.2.2   | Caracterización de la estopera.....   | 79  |
| 4.2.3   | Caracterización del fluido hidráulico.....  | 90  |
| 4.2.4   | Caracterización de la fuerza de amortiguación.....  | 104 |
| 4.2.5   | Procesos y técnicas aplicadas actualmente por los talleres de reconstrucción en Venezuela.....  | 123 |
| 4.3     | Generar posibles soluciones que permitan llevar a cabo la reconstrucción de amortiguadores mediante el uso de herramientas de ingeniería mecánica.....  | 142 |
| 4.3.1   | Formulaciones del problema.....   | 142 |
| 4.3.2   | Selección de la mejor formulación.....  | 144 |
| 4.3.3   | Búsqueda de soluciones.....   | 146 |
| 4.3.4   | Especificación del sistema a diseñar.....   | 153 |
| 4.3.5   | Selección de la mejor solución o toma de decisión.....  | 157 |
| 4.3.5.1 | Comparación entre las posibles soluciones.....  | 157 |
| 4.3.5.2 | Aplicación de las restricciones a las probables soluciones.....   | 158 |
| 4.3.5.3 | Aplicación de criterios a las soluciones.....   | 165 |
| 4.4     | Diseñar un manual para reconstrucción de amortiguadores automotrices en vehículos livianos.....   | 170 |
| 4.4.1   | Diagrama de flujo del proceso de reconstrucción de amortiguadores.....  | 170 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.5   | Comprobar la factibilidad económica de la implementación del proceso de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos..... | 171 |
| 4.5.1 | Inversión inicial del sistema propuesto.....  | 171 |
| 4.5.2 | Costos de servicios por orden de reconstrucción.....  | 173 |
| 4.5.3 | Proyección de ventas anuales.....   | 174 |
| 4.5.4 | Costos operacionales del plan de reconstrucción propuesto.....  | 174 |
| 4.5.5 | Flujos monetarios anuales.....  | 175 |
|       | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | 177 |
|       | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | 180 |
|       | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>  | 183 |
|       | <b>APENDICES.....</b>   | 183 |
|       | <b>ANEXOS.....</b>  | 216 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA</b>   | <b>Pg</b> |
|---|-----------|
| 1 Tipos de amortiguadores.....  | 16        |
| 2 Partes de un amortiguador monotubo.....   | 19        |
| 3 Partes de un amortiguador bitubo.....   | 21        |
| 4 Válvula de sección variable.....  | 23        |
| 5 Gráfica del coeficiente de amortiguamiento en función de la Velocidad para un amortiguador de doble tubo.....   | 33        |
| 6 Gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador de doble tubo.....   | 34        |
| 7 Gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función del valor absoluto de la posición para un amortiguador de doble tubo.....  | 35        |
| 8 Gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo.....  | 36        |
| 9 Composición del eje.....  | 65        |
| 10 Zona de trabajo del eje. ....  | 66        |
| 11 Características del eje.....   | 66        |
| 12 Ejes para análisis de rugosidad.....   | 70        |
| 13 Análisis de rugosidad con Mitutoyo SJ-201.....   | 71        |
| 14 Vista del análisis perfilómetro de un eje.....   | 72        |
| 15 Composición del análisis perfilómetro de un eje .....  | 73        |
| 16 Tipos de irregularidades en la capa de Cromo.....  | 74        |
| 17 Estopera del amortiguador.....   | 80        |
| 18 Funciones de la estopera del amortiguador.....   | 80        |
| 19 Perfil de temperaturas en la estopera.....   | 82        |
| 20 Ilustración de la fuerza de roce en la estopera.....   | 87        |
| 21 Análisis visual del envejecimiento en la estopera.....   | 89        |
| 22 Presencia del aceite dentro del amortiguador.....  | 92        |
| 23 Ausencia del aire dentro del amortiguador.....   | 96        |
| 24 Comportamiento del amortiguador con agentes externos.....  | 99        |
| 25 Ambiente degradador del aceite.....  | 103       |
| 26 Fuerza de amortiguamiento.....   | 105       |
| 27 Valvulaje.....   | 107       |
| 28 Formación del momento flector en los discos de las válvulas.....   | 109       |
| 29 Compresión del resorte.....  | 110       |
| 30 Fenómeno de cavitación dentro del amortiguador.....  | 111       |
| 31 Comparación de las presiones que se obtienen en la cámara de tracción para los modelos teóricos de amortiguador de doble tubo compresible y el compresible cavitante. Ambos se someten al mismo ciclo de trabajo.... | 112       |
| 32 Detalle de la evolución de la presión de la cámara de tracción durante la cavitación para el modelo compresible y el compresible y cavitante...  | 112       |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 33 | Volumen de vapor existente según el modelo de amortiguador de doble tubo compresible y cavitante a lo largo del ciclo de trabajo.....         | 113 |
| 34 | Compresibilidad de las burbujas de vapor de aceite  | 114 |
| 35 | Comparación de la presión en la cámara de compresión del fluido cavitante con el no cavitante para un mismo ciclo de trabajo.....             | 116 |
| 36 | Diferencia entre la fuerza de amortiguamiento del modelo de doble tubo compresible y la del modelo de doble tubo compresible y cavitante..... | 117 |
| 37 | Nitrogeno dentro del amortiguador.....  | 119 |
| 38 | Fuerza aportada por el nitrógeno.....   | 119 |
| 39 | Análisis de la fuerza de amortiguamiento aportada por el nitrógeno.....   | 122 |
| 40 | Falla visual en un amortiguador considerable para su reconstrucción....   | 126 |
| 41 | Fallas visuales en un amortiguador considerable para su reconstrucción.   | 126 |
| 42 | Posible solucion 1.....   | 147 |
| 43 | Posible solucion 2.....   | 148 |
| 44 | Posible solucion 3.....   | 150 |
| 45 | Posible solucion 4.....   | 152 |

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b>  | <b>Pp</b> |
|---|-----------|
| 1 Velocidad máxima en función del movimiento.....                           | 530       |
| 2 Velocidades de caída para diferentes alturas.....                         | 31        |
| 3 Demanda de servicios de reconstrucción.....                               | 54        |
| 4 Tipo de vehículos demandantes de los servicios de reconstrucción.....     | 55        |
| 5 Plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos.....     | 56        |
| 6 Herramientas de recolección de datos en procesos de reconstrucción.....   | 57        |
| 7 Información técnica en talleres.....                                      | 58        |
| 8 Técnicas de verificación en los talleres.....                             | 59        |
| 9 Capacidad logística en los talleres.....                                  | 60        |
| 10 Quejas en los talleres de reconstrucción.....                            | 63        |
| 11 Creación de un plan de reconstrucción.....                               | 65        |
| 12 Datos resultantes del analisis de rugosidad con Mitutoyo SJ-201.....     | 71        |
| 13 Diferencias en la perfilometria de ejes de amortiguadores.....           | 76        |
| 14 Propiedades de asociados al grupo de los Nitrilos.....                   | 83        |
| 15 Comportamiento de los materiales a distintos agentes.....                | 84        |
| 16 Primera Alternativa.....   | 144       |
| 17 Segunda Alternativa.....   | 144       |
| 18 Tercera Alternativa.....   | 145       |
| 19 Fases del sistema a diseñar.....   | 153       |
| 20 Restricciones del sistema a diseñar.....                                 | 154       |
| 21 Criterios del sistema a diseñar.....                                     | 156       |
| 22 Comparación de ventajas y desventajas entre las posibles soluciones..... | 159       |
| 23 Aplicación de restricciones a posible solución #1.....                   | 160       |
| 24 Aplicación de restricciones a posible solución #2.....                   | 160       |
| 25 Aplicación de restricciones a posible solución #3.....                   | 161       |
| 26 Aplicación de restricciones a posible solución #4.....                   | 162       |
| 27 Aplicación de las restricciones a las posibles soluciones....            | 164       |
| 28 Aplicación de criterios a Solución S1.....                               | 164       |
| 29 Aplicación de criterios a Solución S2.....                               | 166       |
| 30 Aplicación de criterios a Solución S3.....                               | 167       |
| 31 Ponderación de criterios.....  | 168       |
| 32 Ponderación del criterio 1 respecto a cada solución.....                 | 168       |
| 33 Ponderación del criterio 2 respecto a cada solución.....                 | 169       |
| 34 Ponderación del criterio 3 respecto a cada solución.....                 | 169       |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 35 | Ponderación del criterio 4 respecto a cada solución.....   | 169 |
| 36 | Evaluación final para escogencia de la mejor solución..... | 170 |
| 37 | Inversión inicial.....                                     | 171 |
| 38 | Costos de servicios por orden de reconstrucción.....       | 174 |
| 39 | Proyección de ventas anuales y acumuladas de ingresos..... | 174 |
| 40 | Costos de operacionales.....                               | 175 |
| 41 | Valor actual.....  | 175 |

## ÍNDICE DE GRAFICOS

| <b>Grafico</b>  | <b>Pp</b> |
|---|-----------|
| 1 Demanda de servicios de reconstrucción.....                             | 54        |
| 2 Tipo de vehículos demandantes de los servicios de reconstrucción.....   | 55        |
| 3 Plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos.....   | 56        |
| 4 Herramientas de recolección de datos en procesos de reconstrucción..... | 57        |
| 5 Información técnica en talleres.....                                    | 58        |
| 6 Técnicas de verificación en los talleres.....                           | 59        |
| 7 Capacidad logística en los talleres.....                                | 61        |
| 8 Quejas en los talleres de reconstrucción.....                           | 62        |
| 9 Creación de un plan de reconstrucción.....                              | 63        |



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE  
AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA  
FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS.**

**Autores:** Fernando Quintero, Jesús Sánchez

**Tutor:** Ing. Mecánico. Tomas González

**Fecha:** Septiembre 2019

**RESUMEN**

La realización de este trabajo tuvo como finalidad proponer la mejor opción hacia la elaboración de un plan de reconstrucción de amortiguadores automotrices y determinar la factibilidad económica en vehículos livianos. La investigación fue basada en un proyecto factible, apoyado en una investigación de campo de tipo descriptiva, en la cual se evaluaron y analizaron las diferentes variables que inciden en el funcionamiento de los amortiguadores. Así como también los elementos que los componen, mediante técnicas y herramientas de recolección de datos como la observación directa, la encuesta y la entrevista. Se permitió seleccionar varias alternativas como solución, donde se resaltó la más adecuada por medio de la aplicación de método de ponderación de criterios, el cual permite evaluar y comparar cada opción planteada entre sí para garantizar la escogencia del plan de reconstrucción más óptimo. Una vez seleccionada la mejor opción, la cual proporcione, durabilidad, bajo costo, calidad y fácil manipulación de los procesos. Necesariamente utilizando la mayor porción de sus elementos de su actual estructura, implementando también la sustitución y modificación de componentes necesarios para obtener las condiciones exigidas por el sistema para su eficiencia, se generó el estudio económico para determinar la factibilidad en la actualidad y así como también en los próximos años.

**Palabras claves:** Reconstrucción, amortiguación, suspensión, hidráulico, neumático, diseño, fluidos, dilatación, cavitación

## INTRODUCCIÓN

El hombre en la actualidad se ha caracterizado por enfocarse en la excelencia, buscar nuevos retos, superarse así mismo y en la búsqueda de hallar nuevas primicias que puedan generar cambios significativos que favorezcan a su entorno. El confort, la eficiencia, la economía, la seguridad y el bienestar son aspectos muy importantes que se deben considerar en la industria automotriz para conseguir que el usuario obtenga la mayor satisfacción en cada experiencia con su vehículo. El amortiguador como elemento fundamental del automóvil ha generado una imperativa necesidad de análisis y estudios de las diferentes variables que inciden en todo su funcionamiento.

Debido a que el amortiguador es un elemento en el cual su vida útil no es muy alargada por los constantes esfuerzos a los que se somete en todo su trabajo como parte de suspensión, este es reemplazado por completo cada cierto tiempo y por ende genera altos costos tanto por los nuevos amortiguadores y la instalación de los mismos. Evaluar posibles alternativas para disminuir los costos, alargar la vida útil de los amortiguadores y mantener su eficiente funcionamiento ha tenido una gran relevancia en los últimos años.

De allí que, el presente trabajo de grado tiene como propósito proponer la elaboración de un plan para la reconstrucción de amortiguadores automotrices en vehículos livianos que pueda dar solución a la necesidad existente, donde se pueda mantener las óptimas condiciones de funcionabilidad, fácil reconstrucción aprovechando al máximo los componentes de los mismos, garantizando un alto porcentaje de durabilidad y teniendo en cuenta la utilización de materiales de producción local con el fin de evitar gastos por importación de componentes necesarios para la reconstrucción.

El desarrollo del proyecto permite poner en práctica gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, además pretende incentivar a la elaboración de investigaciones futuras que permitan optimizar la funcionabilidad de los amortiguadores en nuestro país.

El diseño y desarrollo del plan de reconstrucción para amortiguadores en vehículos livianos se estructura en cuatro (04) capítulos, los cuales se describen a continuación:

El capítulo I, contempla el planteamiento del problema existente, definiéndose la situación actual y deseada, se formulan los objetivos tanto general como los específicos, además de la justificación, limitaciones y alcances del presente trabajo.

En el capítulo II, se establece el marco teórico y referencial de estudios y análisis en investigaciones previas al tema de estudio que sustentan la investigación o que nos dan aportes para el desarrollo de la misma, las bases teóricas, el mapa conceptual y la definición de términos.

El capítulo III, está constituido por el marco metodológico, el tipo, diseño y nivel de la investigación, población y muestra, técnica de recolección de datos, validez y confiabilidad del instrumento y procedimientos metodológicos en donde se desarrollan las fases de los objetivos.

El capítulo IV, comprende los resultados obtenidos de la ejecución de las herramientas, análisis, parámetros, críticas y propuestas pertinentes al problema, que son componentes principales de la investigación prevista anteriormente, estando divididos en las fases metodológicas. Que acuden a la resolución de los objetivos específicos de la investigación, para así llegar a un objetivo general con la intención de resolver la situación problemática.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Mundialmente a medida que ha venido pasando el tiempo en la industria, es muy fácil percibir que el mercado automotriz es uno de los ámbitos que mejor se ha posicionado, formando así parte de las áreas industriales más importantes, ya que cada cierto tiempo la evolución es impulsada bruscamente por la competencia entre ejemplares, provoca que las empresas se preocupen por fabricar e incluir nuevos avances en los automóviles que están disponibles en la oferta. Son estos avances lo que provocan una gran concientización por parte de los compradores del producto, creando una forma diferente de demanda donde el usuario se preocupa cada vez más por obtener una mezcla de comodidad, estabilidad, eficiencia y durabilidad al ejercer una compra de un automóvil, lo que puede deducirse en que el producto de venta debe ser un conjunto de componentes que ofrezcan las características mencionadas.

Por consiguiente son estos componentes los que unidos están encargados en hacer la experiencia de manejar un automóvil de manera aún más placentera, convirtiendo estas características en fundamentales para ser considerados dentro de un automóvil. Donde al referirse de componentes estamos hablando de las autopartes que pueda tener el vehículo, donde una parte de estos componentes son fabricados por industrias independientes, y luego incluidos al automóvil gracias a las características que aporta, tales como pueden ser el confort, comodidades y durabilidad a ofrecer.

Conjuntamente a la fabricación y venta de vehículos, está siempre la necesidad por parte de los usuarios de estas autopartes, provocando así el nacimiento de la demanda a otro medio del mercado, como lo es el encargado en proveer los repuestos automovilísticos, que ofrecen la ventaja de poder reemplazar y aun así ofrecer las características buscadas inicialmente, al momento de la

fabricación del auto para seguir así con un uso prolongado del auto. Progresivamente convirtiéndose en un tema de interés social, al ser necesario la mejora de estas autopartes con respecto a cada localización y en cómo podemos resolver los problemas que nacen cada día con respecto a su utilización y reemplazo después de averiarse.

Para ser más específicos en las necesidades que puede tener un automóvil con respecto al buen desempeño de sus partes y repuestos, cabe mencionar que existen partes muy importantes involucradas con el confort del auto, como los son los amortiguadores los cuales están encargados en mantener una buena suspensión del auto, y absorber los impactos que pueda recibir este en su desplazamiento, convirtiendo el viaje en uno más placentero por la disipación de la energía del impacto, siendo una pieza comúnmente reemplazada y donde se consigue una diversidad considerable con respecto a las necesidades específicas del amortiguador.

En Venezuela a diferencia de otros países la adquisición de estos amortiguadores se puede considerar un poco más difícil para algunos usuarios, y es que en la situación actual donde muchas empresas fabricantes de amortiguadores ya no se encuentran en el país, se produce cierta complejidad en el acceso al repuesto, aumentando así el valor de costo considerablemente alto adquisición. Por lo tanto muchos de los usuarios optan por realizar la reconstrucción del amortiguador cuando ya este no presenta las condiciones iniciales de fabricación o están averiados, por lo tanto no provee las propiedades tanto en la suspensión del auto, como en la absorción de impacto, o simplemente ya cuando este sobrepasa el tiempo de reemplazo que sugiere el fabricante.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, este proceso de reconstrucción en Venezuela, frecuentemente es realizado con un método muy rudimentario y poco ortodoxo, ignorando la seriedad que se necesita e importancia que tiene este componente en el conjunto de suspensión, lo que en la mayoría de los casos puede traer como consecuencias la avería en su totalidad del amortiguador y daños colaterales en todo el vehículo. Además incluidas dentro de los procesos actuales

en Venezuela, están las ausencias de técnicas y procedimientos preestablecidos en los componentes para obtener una estandarización de la reconstrucción de amortiguadores, que bastante es su demanda en el territorio nacional.

Por consiguiente, gracias a estas ausencias, los procesos actualmente vigentes y utilizados, no deberían considerarse como un trabajo totalmente eficiente para presentarle al cliente, que en este caso es el usuario de vehículo. Ya que la eficiencia de este repuesto sería parcial y por un corto plazo, provocado por la falta de instrumentos en la ejecución y conocimientos sobre las condiciones necesarias en un amortiguador para su desenvolvimiento en las funciones dentro del vehículo, dan nacimiento a posibles fallas en el futuro.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo se puede emplear la reconstrucción de los amortiguadores en vehículos livianos tomando en cuenta la disponibilidad de materiales locales?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Elaborar un plan para la reconstrucción de amortiguadores automotrices y determinar la factibilidad económica en vehículos livianos, a través de las herramientas de Ingeniería Mecánica

### **1.3.2 Objetivos específico**

1. Diagnosticar la situación actual del proceso de reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos en Venezuela.
2. Analizar los factores críticos que operan e intervienen dentro del funcionamiento de los amortiguadores de vehículos livianos.
3. Determinar la opción más factible a emplear, con la utilización del análisis de propuestas generadas.
4. Realizar un manual para reconstrucción de amortiguadores automotrices en vehículos livianos.
5. Comprobar la factibilidad económica de la implementación del proceso de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos

#### **1.4 Justificación del Problema**

Esta investigación puede suministrar grandes ventajas en el sector económico del área local, ya que es una alternativa de reducción de costos para los usuarios de los automóviles que deseen tener el comportamiento del auto en óptimas condiciones, en lo que se refiere a la efectividad y estado de sus componentes. Al hablar del amortiguador nos referimos a un autoparte que sufre constante esfuerzo y desgaste, el cual su avería es un aspecto que no se puede detener provocando que sea obligatorio el reemplazo o en caso de la propia investigación la reparación de este componente, donde la preocupación de realizar un gasto para obtener una reparación eficiente y que sea duradera por cierto tiempo también sería solventada.

Trayendo así consigo las soluciones a las necesidades monetarias del usuario, ahorrando gastos evitando la compra de un amortiguador nuevo, reparando el usado y dejándolo en tan buen estado que la reconstrucción de este pueda ser duradera, donde daría como resultado la eliminación de gastos frecuentes en próximas reparaciones a corto plazo de tiempo, provocado por la falta de conocimientos o herramientas para realizar un trabajo que este a la altura de las exigencias.

Como anteriormente se mencionaba la falta de información y documentación en el área de amortiguación automotriz suministrada al público, provoca un poco de ignorancia respecto al tema. Lo cual una investigación dirigida especialmente a esta zona, profundizando en la reconstrucción de este componente, puede utilizarse para lustrarse de manera técnica considerándose una herramienta y guía a usar si se desea realizar un procedimiento de la manera más profesional con un alto factor de eficiencia y seguridad para la integridad del automóvil, por el hecho de que los conocimientos están estructurados de acuerdo a las necesidades de la situación.

Además de utilizarse en el área técnica, también se puede incluir a los estudiantes en la carrera de ingeniería mecánica, que puedan tener curiosidad sobre el tema reflejado en la investigación, que es muy versátil con respecto a la información sobre amortiguadores. Acotando que el área de amortiguación es un aspecto que no solo se puede centrar en los automóviles, sino también en distintos

ámbitos, claro está que existe una semejanza en las diferentes áreas, por lo que la utilización de esta información puede ser muy importante para un estudiante en formación.

Se puede concluir con el simple aspecto de que es una herramienta que solventa una gran necesidad social en la población venezolana, ya que se encarga de solucionar desde necesidades de comodidad y confort, hasta necesidades monetarias, sin afectar mucho la estructura o el orden que ya está predispuesto en la población con respecto al uso del amortiguador. Trayendo así esta serie de ventajas sin afectar el ambiente que nos rodea y su ecología, siendo así una forma de reducción de la compra de amortiguadores nuevos, reduciendo la fabricación y así la extracción de materiales al planeta.

### **1.5 Alcance**

La investigación en desarrollo planteará la evaluación de diferentes alternativas para la reconstrucción de los amortiguadores automotrices en vehículos livianos, proponiendo la mejor opción de solución, que permita mejorar dicho proceso con alta confiabilidad, eficiencia y factibilidad económica, quedando a disponibilidad de los usuarios y de empresas rectoras de amortiguadores la implementación de dicha medida.

### **1.6 Limitaciones**

Para la realización de este trabajo de investigación el factor limitante más importante será el número de pruebas y análisis a realizar para la determinación de los factores que inciden en la durabilidad, funcionabilidad y eficiencia de los amortiguadores automotrices de vehículos livianos debido a la disponibilidad de los mismos y al costo elevado de los elementos y equipos que se utilizarán. En conjunto a esto también se ve involucrado la falta de información técnica sobre el amortiguador como sistema fundamental automotriz, desde aspectos como, comportamiento de sus partes, materiales de fabricación, métodos de fabricación, valores importantes mientras se utilizan en el vehículo, afectaciones de este con respecto a las irregularidades de las vías, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo es imprescindible la intención de representar en una forma muy apegada, la importancia que lleva consigo el hecho de destacar la utilización de determinada terminología tomada de los textos, trabajos de grado no publicados, y normativa aplicable al objeto de estudio de esta investigación, con intención de que este trabajo lleve consigo un aval lo suficientemente nutrido en lo referente al tema, como lo puede ser la naturaleza de la población, componentes, tipos y el cómo se desempeña comúnmente en su entorno. Para poder afrontar así la construcción de nuestra investigación, con las mejores herramientas intelectuales y de documentación que hayan sido obtenidas de informaciones desarrolladas previamente.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Se tiene que tomar en cuenta la importancia que tienen los antecedentes en toda investigación, debido a que estos se encuentran plasmados en el marco teórico como parte fundamental a utilizar para el desarrollo de todos los aspectos más importantes incluidos en el alcance informativo del trabajo, comprendiendo en sí todo trabajo realizado sea publicado o no, que tengan algún vínculo de relación con el tema de investigación o en tal caso que haya sido utilizado como guía para su elaboración, queda demás decir que la estructuración de una buena serie de antecedentes es la herramienta más idónea para adquirir todo conocimiento en situaciones de estudios anteriores, acorde a la que se está tratando actualmente.

Según Fideas Arias (2012) pág. 108 afirma que “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. Por eso, los trabajos de investigación donde se hayan manejado las mismas variables o se hallan propuesto objetivos similares, sirven de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad.

Es aquí donde se puede apreciar la perspicacia de los autores para tomar cualquier información pertinente o necesaria en materia de planes de reconstrucción, planes de mejora, gestión de factibilidad en el área mecánica y toda la información necesaria para el conocimiento del amortiguador, ya que estos son los puntos claves a la hora de afrontar en el trabajo y comenzar la realización de la investigación, por lo cual se efectuaron las revisiones necesarias a los contenidos detallados a continuación.

Como la de Báez M. (2017), quien presento un trabajo de grado titulado “**Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo**”, presentado como requisito para optar por el título de Doctor de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Terrassa. En donde la metodología utilizada en este trabajo se basó en la investigación de tipo experimental y de nivel explicativo, en cual se tomó una población no probabilista y un tipo de muestra directa aplicándole como herramienta de recolección de datos la observación directa a los datos obtenidos, mediante la realización de los experimentos pertinentes a los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo.

Este estudio tenía como finalidad y objetivo principal estudiar el comportamiento experimentalmente del amortiguador utilizando un banco de pruebas, este permitía la observación de los resultados mediante gráficas, en donde el autor para percibir de una forma más selectiva los datos en los distintos escenarios, tuvo que tomar en cuenta muy estrictamente las condiciones de operación en las que el amortiguador pueda estar en su vida útil en el automóvil, ya sea condiciones provocadas por el estado de la carretera o el uso del conductor. El normal funcionamiento dinámico de este, fue focalizado en diferentes modelos de estudio para así poder plasmar en el trabajo de investigación los diversos fenómenos que están incluidos en el proceso de compresión y tracción de un amortiguador, separándolos con respecto a las características que puedan encontrarse internamente en sus componentes y la necesidad de saber las consecuencia que provocaba en la confortabilidad.

Además de estudiar el comportamiento dinámico del amortiguador, el autor también tomó en cuenta para el desarrollo de la modelización del estudio, los efectos

térmicos involucrados en el funcionamiento usual de este componente automotriz en su ciclo de trabajo. Estudiando de forma separada cada una de las piezas que puedan estar involucradas en su frecuencia de uso, obteniendo como resultado la vista detallada de cómo se desempeña cada parte, mediante la lectura un mapa calórico y las consecuencias que pueda traer consigo los fenómenos térmicos percibidos como los puede ser la conducción del calor, aumento de la temperatura en la piezas y comportamiento de la temperatura en el gas, los cuales estos conocimientos fundamenta la recopilación intelectual que mencionaremos a continuación .

La investigación de Báez contribuye de una forma muy esencial, a nuestra visión sobre algunos aspectos que están incluidos en la integridad del amortiguador, ya que él parte de un sistema muy bien modelado para el estudio del comportamiento, de donde se pudo extraer las características sobre el conjunto de variables que pueden intervenir en el proceso ya sea en compresión y tracción, la forma en que se pueden apreciar el efecto de estas variables en los materiales, información muy detallada de cómo son las relaciones entre las variables y cómo influyen todas ellas en lo que puede considerarse como un sistema.

Concluyendo así que, este antecedente fue parte fundamental para recibir buenos conocimientos a través de una explicación sobre el verdadero funcionamiento de una amortiguador, especificando todos los aspectos internos de este sistema, entendiendo como efectuar una reconstrucción del amortiguador a condiciones en donde este se vea afectado lo menor posible, e internamente tratar de replicar la pautas de diseño plasmadas en el trabajo de Báez, siendo así un complemento de la información que se debe adquirir en conjunto con los antecedentes metodológicos que citaremos a continuación .

Así mismo, Blanca J. (2016), en su trabajo de grado titulado **“Propuesta de un mapa estratégico conducente al diseño de un sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de vehículos de alto kilometraje”**, siendo este requisito parcial para optar al grado académico de Técnico Superior Universitario Especialista en Gerencia de Servicios Automotrices . El cual muestra una vista detallada a las fases a

ejecutar en el procedimiento, para la implementación de un mapa estratégico de mantenimiento en una instalación con automóviles de servicio público, teniendo en cuenta todos los aspectos directos e indirectos que puedan encontrarse en el medio de ejecución, en un tipo de muestra donde es conveniente considerar la existencia de muchas variables, para que el desarrollo de la estrategia sea la más acertada a la realidad que vive la población escogida para el estudio.

Entonces se puede considerar que la investigación de Blanca estaba dirigida a una situación actual donde se requería una sistematización de los procesos, gracias al poco orden que se tenía en esta instalación y su alto nivel de ineficiencia, generando la demanda por una mantenibilidad considerable y buena eficiencia de las unidades de servicio público con la realización de la investigación. Asemejándose a nuestra investigación en la iniciativa de buscar un alto rendimiento, mediante la aplicación de planes y donde se necesita crear una forma más precisa, sistematizada y rentable de reconstruir los amortiguadores, teniendo en cuenta de que los actuales procesos de reconstrucción que se aplican son pocos ortodoxos y no ofrecen la confiabilidad necesaria para el buen funcionamiento de este componente automotriz.

Por esta razones se opta por recurrir a esta investigación para obtener así una referencia metodológica, de los pasos a realizar al momento de afrontar un problema de esta naturaleza, que tiene muchos puntos similares a los que se piensa plasmar en el trabajo de investigación, siguiendo un procedimiento consecuente al que se mencionaba en el párrafo anterior. Cabe destacar que del trabajo de J. Blanca se utiliza los objetivos específicos como guía para la elaboración de los nuestros, fases metodológicas con ese mismo propósito y también la estructuración del trabajo siendo esta una investigación de tipo descriptiva, manejando el estudio dentro de un modelo de proyecto factible, basando el diseño de la investigación en un estudio de campo que se le realizo a una población no probabilista y un tipo de muestra directa.

Por último, se consideró incluir como antecedente de investigación, el trabajo de grado de Jiménez J.( 2015), titulado **“Propuesta de pautas orientadas a mejorar el desarrollo de proveedores mediante la aplicación de auditorías de calidad bajo la**

**especificación técnica ISO/TS 16949:2002 en la empresa Amortiguadores, S.A.”**

posteriormente necesario para ser utilizado como referencia o guía en la realización de la metodología de este trabajo, por lo tanto se procedió a observar los puntos más importantes a los cuales se refiere la investigación, que pueden ser utilizados para así conseguir una mejor forma tanto de recolección de datos como de procesamiento, con la iniciativa de plasmarlo en nuestra investigación de una forma similar, con el pensamiento original de buscar la calidad mediante especificaciones técnicas y más aún, en un área referida a la industria de fabricación de amortiguadores.

La investigación de Jiménez J se rigió por implementar un modelo metodológico de investigación con modalidad de proyecto factible de campo, diseño de investigación tipo descriptivo y apoyo documental para la recolección de datos. Aplicando las herramientas de recolección de datos a una población tipo no probabilista y una muestra directa, donde la observación estructurada y encuesta fueron utilizadas como herramientas fundamentales para la investigación de los datos involucrados en el campo de aplicación. Obteniendo de una manera muy estructurada las fallas que se encontraban vinculadas con el sector de proveedores y de productos con respecto a su calidad, donde los autores abordaron con una forma muy simple la manera más indicada para afrontar los defectos que se encontraban en el sistema de adquisición de materia prima.

Resaltando como debilidad en la empresa Amortiguadores, S.A., un proceso de adquisición de proveedores y productos donde no realizaban ninguna auditoria a estos, solo confiando en las condiciones iniciales que expresaban los fabricantes de materia prima, sin tener ningún aval con base legal teniendo en cuenta que en algunos casos no se conocían las especificaciones técnicas mencionadas antes, e ignorancia por parte de los empleados hacia un proceso bien organizado para disminuir los desperfectos incluidos en el producto adquirido.

Extrayendo de este trabajo la forma en la que aplicaron metodológicamente las técnicas de recolección de datos, la naturaleza de los instrumentos para esta recolección y técnicas cualitativas de análisis de los datos, para así obtener una forma estructurada

de resolver los problemas. Donde se quiere lograr en esta investigación, la reconstrucción de un amortiguador cumpliendo los estándares de calidad, sin olvidar que pueda ofrecer un alto índice de confiabilidad como resultado de la aplicación de un plan estructurado, con el apoyo documental de todos los antecedentes de investigación mencionados y desglosados anteriormente.

## **2.2 Bases teóricas**

La pensada iniciativa de crear un plan para la reconstrucción de amortiguadores automotrices y determinar la factibilidad económica en vehículos livianos, está muy bien sustentada por el contenido textual plasmado a continuación. Con el que se puede hacer referencia a muchos aspectos de los cuales es de gran importancia conocer, para así tener un mayor impacto en la creación de los puntos de vista, que son necesarios para el lector, logrando una familiarización con respecto a los amortiguadores, fenómenos que estos incluyen, funcionamiento y entre otros detalles. Formando así una síntesis de bases teóricas bien estructuradas y utilizándola, acorde a las necesidades del trabajo, lo que según Bavaresco (2006), pag.110.

“Las bases teóricas tiene que ver con las teorías que brindan al investigador el apoyo inicial dentro del conocimiento del objeto de estudio, es decir, cada problema posee algún referente teórico, lo que indica, que el investigador no puede hacer abstracción por el desconocimiento, salvo que sus estudios se soporten en investigaciones puras o bien exploratorias”.

### **2.2.1 Sistema de suspensión automotriz**

Según Riera P. (2010 pág. 3) “El sistema de suspensión de un vehículo es un conjunto de dispositivos encargados de absorber los movimientos bruscos que producirán efectos indeseables en el vehículo, por efecto de las irregularidades del terreno proporcionando así una marcha estable y segura”

Además de la función principal de suspender todos los componentes del vehículo y absorber todas las turbulencias involucradas en la conducción. Adicional a esto, la suspensión mantiene la altura adecuada del coche, mantiene los neumáticos correctamente alineados, soportan el peso del auto y controla la dirección del viaje. No

obstante, para que este sistema funcione, es vital que todos los componentes de la suspensión se mantengan en buen estado proporcionando una marcha suave, estable y segura en el vehículo, ya que si alguno de ellos falla o se avería, afectará el funcionamiento de todo el conjunto.

### 2.2.1.1 Función

Las funciones básicas de la suspensión se resumen en los siguientes puntos:

- **Los movimientos relativos de la rueda respecto a la carrocería:** estos deben ser lo más verticales posibles sin engendrar otros movimientos parásitos (variaciones de los ángulos de caída, avance, dirección, etc.).

- **Adherencia:** mantener los neumáticos en contacto con la superficie asegurando variaciones de carga mínimas. Este es uno de los objetivos primordiales e introducidos en la optimización. El razonamiento es: cuanta mayor carga vertical se tenga en el neumático, mayor carga lateral puede aguantar, y, por tanto, mayor aceleración lateral puede alcanzar el vehículo. Gracias a esta característica permite el control de la trayectoria del vehículo para así asegurar la estabilidad del vehículo en cualquier circunstancia.

- **Control direccional:** asegurar el guiado de las ruedas durante los movimientos propios de la suspensión y los de viraje.

**Soportar la carga:** es decir, la suspensión es la encargada de sostener la masa suspendida sobre la masa no suspendida

- **Resistir el balanceo del vehículo:** para minimizar la transferencia lateral de peso en curva y tener un mejor comportamiento dinámico global.

- **Resistir el cabeceo del vehículo:** para minimizar la transferencia longitudinal de peso en frenada, aceleración y tener un mejor comportamiento dinámico global.

### 2.2.1.2 Elementos de una suspensión:

La suspensión es un sistema del automóvil con un comportamiento elástico y disipativo al mismo tiempo, cuyo resultado dinámico se puede definir como vibratorio amortiguado. Se compone, por tanto, de elementos elásticos, que almacena energía e

idealmente la devuelven de forma íntegra, y disipativo, que amortiguan los movimientos.

- **Muelles helicoidales:** Los resortes helicoidales son de amplia utilización hoy en día como elementos elásticos acumuladores de energía frente a otros más convencionales como las ballestas. Si bien los primeros diseños aplicados suponían diámetros de hélice paso y sección transversal constante, lo cual asegura una flexibilidad aproximadamente constante, hoy en día también se implementan, cada vez con mayor profusión, diseños variables, en un intento de adaptarse mejor al comportamiento y prestaciones de los vehículos modernos.
- **Amortiguadores:** La función de los amortiguadores consiste en almacenar energía, en el momento propicio, que será liberada más tarde. En ausencia de ellos la carrocería y la suspensión oscilarían con una frecuencia correspondiente a la natural de la masa no suspendida.
- **Neumático:** El neumático es un elemento de forma toroidal, que mantiene el aire a presión para dar sustentación al vehículo, siendo la unión intermedia entre éste y el pavimento.

### 2.2.2 Amortiguador automotriz

Báez M. (2017 pág. 14), provee una definición un poco funcional, dirigida no tanto al amortiguador como objeto o componente, si no a lo que este aporta al vehículo mediante la suspensión, expresándola de la siguiente manera:

La función de un amortiguador es la de frenar parcial o totalmente un movimiento no deseado que aparece de forma intencionada o no en un sistema mecánico. En particular, el amortiguador en el ámbito del automóvil no sólo debe amortiguar movimientos no deseados sino que debe hacerlo de forma óptima y según los criterios de maniobrabilidad y confort.

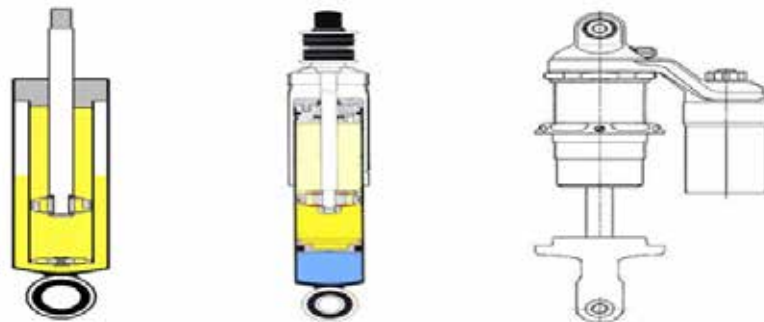
Lógicamente, para disminuir la velocidad de una masa se tiene que hacer una fuerza tal que se oponga a su velocidad. La fuerza más sencilla que cumple este requisito es la fricción y es ésta fuerza en la que se basa el funcionamiento de los amortiguadores más comúnmente utilizados.

Siempre se busca la fricción asociada al movimiento de un fluido ya que dicha fricción es función, entre otras variables, de la velocidad del fluido. Por el hecho de utilizar como medio un fluido, a este tipo de amortiguadores se los conoce como amortiguadores hidráulicos.

### 2.2.2.1 Tipos de amortiguadores

La parte encargada de transmitir el movimiento al pistón de trabajo para forzar el movimiento del fluido es el vástago, el cual entra y sale del cuerpo del amortiguador. Debido a que el volumen interior del amortiguador es constante y a que los aceites de trabajo utilizados son prácticamente incompresibles, se deduce que el movimiento del vástago no sería posible si no existiera una parte del amortiguador destinada a absorber dichas variaciones de volumen.

La clasificación más comúnmente utilizada en los amortiguadores surge del modo en que se absorbe la variación del volumen. En concreto, se distinguen tres tipos de amortiguadores: el de doble tubo, el monotubo y el de depósitos separados representados en la figura 1.



**Figura 1** Tipos de amortiguadores

Fuente. Báez M. (2017)

- **Monotubo frente a doble tubo**

Se ha observado que el amortiguador de doble tubo y el monotubo son de constituciones notablemente diferentes, por lo que cada uno presentará unas ventajas y unos inconvenientes respecto al otro. El objetivo de éste apartado es estudiar de forma

comparativa las ventajas de cada tipo, no considerando el de depósitos separados por no ser comúnmente utilizado en los vehículos automóviles tipo turismo.

El monotubo presenta una única cámara de trabajo por lo que éste tipo de amortiguador será más compacto que el de doble tubo. A causa de la mayor compacidad del monotubo, éste presenta una capacidad inferior de refrigeración del aceite, por lo que resulta necesario montarlo dentro de la suspensión en una zona aireada para evacuar el calor generado. El amortiguador de doble tubo no es tan exigente en éste aspecto.

Como el amortiguador monotubo compacto necesita un émbolo flotante, ha de estar posicionado de la forma más vertical posible dentro del sistema de suspensión para evitar que el émbolo pierda su posición natural de trabajo como consecuencia de la aparición de fuerzas máxicas orientadas en una dirección distinta a la del eje longitudinal del amortiguador, así como la fricción adicional y el desgaste que conlleva.

Sea cual sea el montaje del amortiguador dentro de la suspensión es inevitable que existan esfuerzos laterales sobre éste. Estos esfuerzos se contrarrestan en la zona de contacto entre el pistón y el cilindro de trabajo y en la guía del vástago. Esta guía dispone de casquillos antifricción y de los correspondientes retenes y guardapolvo para evitar las fugas de aceite, por lo que no es el punto más delicado bajo estos esfuerzos laterales. Sí lo es la zona de contacto entre el pistón y el cilindro ya que un pequeño desgaste supone unas “fugas” mayores de aceite y una menor fuerza de amortiguamiento. En esta zona es fácil observar que bajo una fuerza lateral dada, la reacción será menor cuanto más separado esté el pistón de la guía del vástago. Los amortiguadores de doble tubo presentan una ventaja en este punto ya que al no tener que alojar en el cilindro el depósito de gas, se puede hacer trabajar al pistón más alejado que el de un monotubo.

Es más difícil que exista cavitación en un monotubo ya que el depósito de gas se encarga de mantener presurizado el aceite bajo cualquier condición de funcionamiento. En cuanto un amortiguador de doble tubo tiene el depósito de reserva a presión atmosférica o ligeramente superior, al estar en reposo, el aceite que se encuentra en la

cámara de extensión tiende a igualar el nivel del aceite que se encuentra en el depósito de reserva, lo cual favorece la entrada de aire o gas en la cámara de extensión dando lugar al fenómeno llamado “mourning sickness”. Éste fenómeno no sucede en los monotubo.

La estructura del amortiguador de doble tubo obliga a montar la válvula de la base en la parte inferior, lo que supone que en el anclaje del amortiguador el vástago va unido a la masa suspendida y los cuerpos de la cámara de trabajo y del depósito de reserva van unidos a la masa suspendida. Por las características de los vehículos y de irregularidades en las calzadas existentes, la masa no suspendida se ve sometida a muchas más vibraciones y de más alta frecuencia, por lo que la aireación del aceite es mucho más fácil.

En el amortiguador de doble tubo, el taraje de las válvulas es especialmente crítico ya que, cuando se encuentra trabajando en el ciclo de tracción, debido a que es la cámara de reserva (la cual se encuentra a la misma presión que el gas y que es usual que sea la presión atmosférica) la que suministra fluido a la cámara de compresión, la presión a la que entra el fluido en dicha cámara se encuentra por debajo de la presión del gas, pudiendo llegar a presiones inferiores a la presión de vapor del aceite y apareciendo cavitación. La válvula de la base ha de permitir la fácil circulación del aceite sin apenas restricción en el sentido de salida de la cámara de reserva.

Asimismo, ocurre un fenómeno similar cuando el amortiguador se encuentra en compresión ya que si las válvulas del pistón que regulan el paso de fluido desde la cámara de compresión hasta la de tracción son muy restrictivas, en la cámara de tracción puede llegarse a presiones excesivamente bajas, siendo necesario aumentar la presión de ambas cámaras a costa de poner fuertes restricciones en la válvula de la base cuando el fluido circula desde la cámara de compresión hasta la de reserva.

### 2.2.2.2 Partes de un amortiguador.

#### · Partes de un amortiguador monotubo.

La composición de un amortiguador monotubo tiende a ser la más simple, la de fácil entendimiento y la cual su fabricación no presenta muchas complejidades, por tener un número reducido de componentes, los cuales se mencionaran a continuación (Ver figura 2).

**1. Vástago:** Está recubierto de una gruesa capa de cromo endurecida para conseguir una larga duración y resistencia máxima.

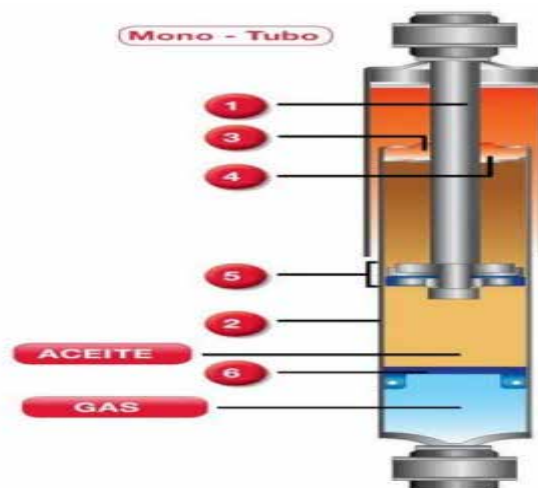
**2. Tubo de presión:** Tiene un sellado que permite asegurar la longevidad del producto y evitar la entrada de polvo así como prevenir la corrosión.

**3. Retén multilabios:** Guía de aluminio auto-lubricado y que tiene una resistencia al desgaste.

**4. Guía de vástago:** Ayuda a la estabilidad y correcto funcionamiento del vástago.

**5. Válvula del pistón:** Tiene un válvulado de disco y muelles de acero, regula con precisión el flujo de aceite para un control óptimo de la compresión y el efecto rebote.

**6. Pisto flotante:** De material sintético con sellado de baja fricción que mejora la respuesta de amortiguación.

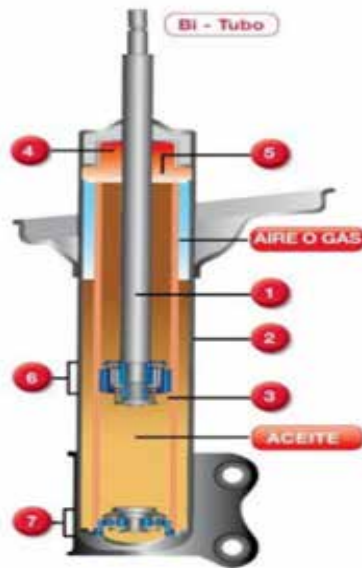


**Figura 2** Partes del amortiguador monotubo  
Fuente Catálogo de Productos KYB

- **Partes de un amortiguador bitubo.**

Este contiene un poco más de complejidad en su composición, teniendo unas piezas más desarrolladas y por lo tanto necesitan un nivel alto de atención en su fabricación y ensamble. (Ver figura 3)

- **Vástago:** El vástago va unido al pistón y desempeña un papel importante. No solamente ha de ser muy robusto para soportar esfuerzos mecánicos, también su estado superficial tiene gran importancia. El vástago está fabricado en acero templado por inducción que va después cromado. Ha de ser lo más liso posible a fin de evitar cualquier rugosidad que pudiera causar el desgaste del retén de aceite. La capa de cromo duro confiere al vástago una excelente resistencia a la corrosión.
- **Cilindro exterior:** Es la parte que recubre y contiene todas las partes y elementos de los amortiguadores.
- **Cámara de trabajo:** Es el interior del amortiguador donde el aceite es accionado por medio del vástago y de las válvulas.
- **Reten multilabios:** A través del cual se desliza el vástago subiendo y bajando en el amortiguador es muy importante por sí mismo: debe retener el aceite en el interior del amortiguador y mantener fuera los agentes exteriores (agua, sales, polvo).
- **Guía de vástago:** Es una guía auto-lubricada resistente al desgaste.
- **Válvula de pistón:** Tiene un valvulado de disco y muelles de acero, regula con precisión el flujo de aceite para un control óptimo de la compresión y el efecto rebote.
- **Válvula inferior:** Abre o cierra los conductos de dimensiones exactas a través de las cuales pasa el aceite a presión. Al tener la mayoría de los componentes de acero inoxidable mantiene sus características durante más de 20 millones de ciclos.



**Figura 3** Partes del amortiguador bitubo

**Fuente:** Catalogo Productos KYB

- **Partes sólidas de un amortiguador.**

La mayoría de las partes sólidas de los amortiguadores comerciales suelen estar formados por aceros con el fin de abaratar costes. No ocurre lo mismo con el vástago y con su guía, el retén y el aro o junta del pistón, ya que estrictamente hablando, el vástago está compuesto de acero con una capa muy fina de cromo en su exterior que le aporta una mayor resistencia en contra de las ralladas y una menor fricción, lo cual favorece al funcionamiento del conjunto.

La guía del vástago suele ser de acero con un casquillo metálico relativamente fino (del orden de *1mm* de espesor) de material antifricción, cuyas propiedades mecánicas y térmicas son de difícil obtención. El retén encargado de evitar las fugas de aceite y la entrada de suciedad dentro de las cámaras de trabajo suele componerse de una parte metálica envuelta por el plástico sellador, donde el aro del pistón o en su defecto la junta, suelen ser materiales plásticos.

- **Válvulas.**

Las válvulas dentro del amortiguador son las responsables de producir una caída de presión entre la cámara de compresión y la de extensión así como en la cámara de reserva en el caso del amortiguador de doble tubo. La relación de la caída de presión con las superficies del cilindro genera una parte importante de la fuerza de amortiguamiento. Debido a que la fuerza generada en el cilindro es, en general, casi la totalidad de la fuerza de amortiguamiento en las situaciones “normales” de trabajo, la modelización correcta de las válvulas es de vital importancia.

Existen diferentes tipos de válvulas que se montan en los amortiguadores en función del fabricante y del uso al cual se destinará el amortiguador, pero generalizando se tiene para cada sentido de circulación del fluido un conducto “abierto” (ya sea un conducto físico o el debido a las pérdidas existentes entre las cámaras) que en general es el encargado de controlar la caída de presión entre las cámaras a bajas velocidades del pistón y una válvula limitadora que tiene la misión de evitar que existan caídas demasiado elevadas de presión cuando el caudal circulante es elevado.

- **Válvula conjunta.**

Se ha visto que la válvula conjunta para el amortiguador es la resultante de la unión entre un conducto “siempre abierto” sin restricciones y una válvula limitadora en paralelo. Debido a que en la válvula limitadora el muelle tiene una precarga inicial, dicha válvula necesitará estar sometida a un incremento de presión actuando sobre el disco capaz de desplazarlo para que empiece a fluir un cierto caudal por su interior. De aquí se deduce que el conducto “a” ha de producir una caída de presión suficiente para que la válvula limitadora empiece a trabajar, por lo que inicialmente todo el caudal tiene que circular a través de dicho conducto.

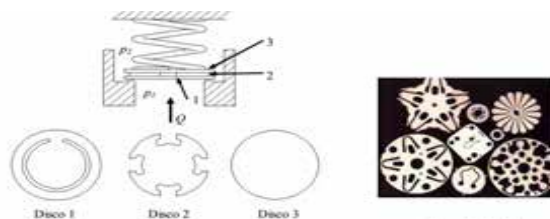
Es a partir de un cierto caudal en que el disco de la válvula limitadora empieza a abrir y permite la circulación de fluido a través de dicha válvula. El caudal total que circula por la válvula del amortiguador se divide en dos partes, el que circula por el

conducto “a” ( $Q_a$ ) y el que circula por el conducto “b” ( $Q_b$ ), de forma que la caída de presión a través de ambos conductos debe ser la misma.

- **Válvulas de sección variable.**

Anteriormente se ha comentado que existen otros tipos de válvulas empleadas en los amortiguadores. En realidad el tipo de válvulas al que se refiere son aquellas que por sí solas cumplen la misión de conducto abierto y a su vez de válvula limitadora. Este tipo de válvulas son las denominadas válvulas de sección variable, las cuales pueden presentar geometrías considerablemente complejas. (Ver figura 4)

Un ejemplo típico de válvula de sección variable se encuentra en un conjunto de tres discos, el primero del cual tiene una serie de perforaciones que permiten la entrada del fluido entre el primer disco y el segundo ya que la geometría del este último es la que forma una sección de paso para el flujo. Si el disco superior es flotante y se lo somete a una fuerza de precarga mediante un elemento elástico, una vez la caída de presión que se produce en el seno de la válvula venza la fuerza ejercida por el muelle el disco superior se desplazará y aumentará la sección de paso.



**Figura 4:** Válvula de sección variable

Fuente. Báez M. (2017)

Para optimizar el rendimiento o cambiar fácilmente la curva característica de la válvula, se encuentran geometrías del disco intermedio extremadamente compleja. El motivo de existencia de este tipo de discos reside en conseguir que la presión tenga una mayor influencia en las zonas deseadas mediante un aumento de la sección efectiva, a la vez que se consiguen caídas de presión distintas a las que se obtienen mediante conductos circulares y que sean mejores para el comportamiento del amortiguador.

Es sencillo darse cuenta de que las válvulas que se están describiendo son un caso particular de las válvulas limitadoras ya estudiadas donde únicamente se ha de tener en cuenta que la posición de reposo del disco no coincide con el asiento del conductor. Dicho en otras palabras, existe una separación física entre el disco y el conducto en el estado de reposo. Debido a la complejidad de dichas geometrías, la curva característica de la válvula se tiene que encontrar mediante experimentación, por lo que inicialmente se simplificará el problema asumiendo la validez del diámetro hidráulico.

Existen dos ventajas principales por las que se utilizan las válvulas de discos. La primera es que, por la sencillez de los elementos que componen la válvula, el diseño constructivo del amortiguador se simplifica considerablemente mientras que la segunda proviene del hecho que, mediante el cambio de alguno de los discos, se puede conseguir un cambio considerable en la característica del amortiguador, por lo que las posibilidades de regulación del amortiguador son enormes. El comportamiento de este tipo de válvulas consigue pasar de una curva de caudal - presión correspondiente a la válvula limitadora con el disco en su posición más cerrada hasta la curva característica de la misma válvula limitadora pero con el disco en su posición de máxima abertura.

### **2.2.2.3 Función de los amortiguadores.**

En los primeros vehículos automóviles no se utilizaba ningún tipo de suspensión y, realmente era innecesaria debido a que eran lentos y pesados. Rápidamente y a medida que los vehículos se volvieron más ligeros y rápidos, se percataron de que la falta de suspensión no sólo producía desconfort sino que aparecían momentos en los que los neumáticos perdían el contacto con el suelo, perdiéndose tracción y estabilidad.

Teniendo presente que el neumático es el único elemento del vehículo en contacto con el suelo y, consecuentemente, es el único responsable del cambio cinemático del vehículo, se deduce que la principal función del sistema de suspensión es la de asegurar el contacto entre el neumático y el suelo. El amortiguador, como parte integrante del sistema de suspensión, tiene la obligación de permitir y colaborar en la obtención del éxito de los requerimientos propuestos bajo cualquier situación.

- **Descripción del funcionamiento y partes del amortiguador.**

Si a un fluido que circula por un conducto se le pone una restricción, como por ejemplo, un orificio o un estrangulamiento, el fluido, el cual tenía una cierta presión y temperatura en la entrada, sale con una presión inferior y una temperatura superior, de forma que se ha transformado energía mecánica en energía térmica. Además, es fácil ver que el fluido ejerce una fuerza sobre el orificio o estrangulamiento debido a la variación de presión que se ha generado. Como se puede imaginar, este efecto de conversión de energía es la base de todo amortiguador hidráulico.

En cualquier amortiguador hidráulico existe una parte móvil que desplaza un fluido (generalmente aceite) a través de unos orificios y/o válvulas que son las encargadas de producir una pérdida de carga. La fuerza de amortiguamiento es debida principalmente a la caída de presión generada en las válvulas, aunque influyen otros factores como la fuerza de fricción existente o la presión del gas. El éxito en el funcionamiento de cualquier amortiguador es conseguir controlar la fuerza generada en función del movimiento impuesto sobre éste, para poder optimizar el confort y/o la maniobrabilidad.

El efecto de pérdida de carga que tiene lugar en dentro del amortiguador depende básicamente del caudal que circula a través de los orificios, y dicho caudal es, en teoría, directamente proporcional a la velocidad a la que se mueve el pistón relativo al cilindro de trabajo, por lo que la fuerza de amortiguamiento será función de la velocidad. Esta afirmación no es del todo cierta ya que existen ciertos diseños de amortiguadores modernos (como por ejemplo los Sensatrac de Monroe) en los que se procura que la fuerza de amortiguamiento sea también proporcional a la posición relativa entre el pistón y el cilindro con la intención de aumentar la fuerza de amortiguamiento cuanto más comprimido esté el amortiguador para conseguir una amortiguación más progresiva y obtener el máximo de confort para los viajeros.

- **Influencia del amortiguador dentro de la suspensión.**

En términos generales la optimización del confort perjudica a la maniobrabilidad y viceversa, asimismo, el valor óptimo de amortiguamiento se obtiene para unas determinadas condiciones de circulación y unas características concretas de la vía, por lo que si cambia alguna de las condiciones cambia también el valor óptimo. Bajo tales condiciones, la optimización del amortiguamiento para condiciones variadas pasa a ser una solución de compromiso.

Como norma general, los amortiguadores más restrictivos mejoran la maniobrabilidad en vías rugosas mientras que los amortiguadores más suaves optimizan el confort. El concepto de transmisibilidad resulta práctico a la hora de escoger una solución de compromiso. El motivo por el cual los amortiguadores más suaves mejoran el confort reside en que la transmisión de la fuerza a la masa suspendida es menor, por lo que los valores de aceleración disminuyen. Por contra, el menor “control” que ejerce sobre la masa no suspendida permite una fuerte variación en el contacto existente entre el suelo y el neumático, afectando drásticamente a la maniobrabilidad.

Por lo que refiere a la afectación del amortiguador cuando existe un obstáculo puntual en la vía (bache o similar), se deduce que el amortiguamiento que optimiza el confort es ligeramente inferior al que optimiza la maniobrabilidad. De la pendiente de las curvas obtenidas y presentadas se deduce que una ligera desviación del valor óptimo para el confort tiene una repercusión menor que el mismo alejamiento del óptimo de la maniobrabilidad.

El último punto a destacar proviene de considerar la influencia del amortiguador cuando el vehículo entra en un viraje (a efectos teóricos, el caso que se presenta es un caso equivalente al que se produce en una aceleración o en una frenada), momento en el que se produce una redistribución de masas. Realmente, el sistema de suspensión

que optimiza el comportamiento bajo las condiciones impuestas es aquél que presenta una rigidez infinita (lo cual equivale a no disponer de sistema de suspensión).

El motivo reside en que la redistribución de masas es la que perturba el contacto entre la rueda y el suelo, teniendo como consecuencia un movimiento oscilatorio tanto en la masa suspendida como en la no suspendida y que es el responsable de la disminución de la maniobrabilidad y del confort. El sistema de suspensión que minimiza la transferencia de masas es aquel que no se deforma bajo una sollicitación. La no deformación se puede conseguir mediante un elemento elástico de rigidez infinita o bien mediante un amortiguador de coeficiente de amortiguamiento infinito. Lógicamente, los valores propuestos no son admisibles, por lo que no se tendrán en cuenta.

#### **2.2.2.4 Caracterización de los amortiguadores.**

Hasta el momento se ha descrito el funcionamiento de los amortiguadores hidráulicos telescópicos para los automóviles tipo turismo e incluso se ha hecho una clasificación en función de cómo se absorbe el volumen introducido en la cámara de trabajo por el vástago una vez iniciado el movimiento.

Es momento de precisar, aunque sea de forma genérica, el rango de actuación de los amortiguadores y describir los métodos en que se suelen informar de las características de actuación del amortiguador en cuestión, que es lo que se denomina caracterización de los amortiguadores.

- **Rangos de actuación del amortiguador.**

El amortiguador, igual que sucede con cualquier otro mecanismo, está pensado para operar dentro de unos rangos determinados de desplazamiento y de velocidad, rangos que se determinan a partir de la experimentación y de la experiencia acumulada en el sector. Conocer los límites de actuación del amortiguador resulta de especial interés, sobre todo en lo que se refiere al apartado experimental ya que, de no conocerlos, se podría trabajar en un régimen demasiado elevado que podría tener como consecuencias resultados poco útiles y en el peor de los casos, la rotura del material

utilizado. Se entiende por rangos de actuación del amortiguador los desplazamientos y velocidades máximas a las que se encuentra sometido en condiciones normales de funcionamiento, valores que no necesariamente son las condiciones límite a las que se puede someter al amortiguador.

- **Desplazamiento máximo.**

Si bien se encuentran rangos concretos de actuación en lo que refiere a velocidad, no es usual acotar el rango de actuación del amortiguador en lo que a desplazamiento se refiere ya que, en casos extremos (como son cambios bruscos de rasante a altas velocidades o fuertes escalones sobre la vía), la suspensión puede trabajar al límite de su carrera de compresión o de extensión, encontrándose acotada o no por el propio amortiguador.

En la carrera de compresión y con el fin de evitar el contacto entre partes sólidas en estos casos extremos, se dota, bien en la parte más externa del vástago del amortiguador y de forma concéntrica a este o bien en algún punto del mecanismo de suspensión, de unos topes de caucho o goma elástica tales que, a medida que son comprimidos, aumentan su resistencia de forma exponencial tal y como se muestra en la figura 1, dando como resultado un incremento muy elevado en la fuerza equivalente de 34 compresión sobre el sistema de suspensión pero comportándose, a su vez, de forma progresiva.

Normalmente, para el ciclo de extensión es el propio amortiguador el que internamente se encuentra dotado de un tope de plástico semielástico, situado de forma concéntrica al vástago y correctamente fijado mediante algún tope interno, el cual tiene la misión de evitar el contacto entre partes metálicas a la vez que debe ser capaz de frenar el movimiento de la suspensión de forma rápida y progresiva.

- **Velocidad máxima.**

Como se ha comentado, sí es usual acotar el margen de actuación del amortiguador en cuanto a velocidad se refiere. En el ciclo de extensión, la velocidad máxima a que se someterá el amortiguador aparecerá cuando la rueda pierda el contacto

con el suelo y se produzca la caída libre del vehículo (o parte de él). Se puede deducir que la velocidad máxima promedio en los amortiguadores de vehículos livianos, a la que se encuentra sometido el amortiguador en el ciclo de extensión es del orden de 2m s.

El proceso de deducción de la velocidad máxima a compresión es radicalmente diferente al empleado para extensión ya que, en extensión es el muelle el único responsable de separar la masa suspendida de la no suspendida mientras que en compresión son elementos externos a través del neumático los responsables de comprimirlo. Teóricamente no existe limitación en la velocidad máxima de compresión ya que la fuerza de entrada (o desplazamiento) sobre el neumático puede ser tan grande como se quiera. No obstante se presentarán casos prácticos que serán útiles para determinar la velocidad de compresión máxima que se suele presentar en el amortiguador.

El primer caso que se contemplará consiste en determinar la velocidad relativa entre la masa suspendida y no suspendida cuando el vehículo circula por una vía ondulada. Dentro de tal situación, el caso más desfavorable se produce cuando la ondulación de la vía coincide con la frecuencia propia del sistema, es decir, cuando la frecuencia excitatriz se encuentra alrededor de 1Hz. La velocidad máxima que se alcanza para una oscilación forzada se obtiene de la teoría de la vibración.

$$V_{max} = A \omega = 2A\pi f \quad \text{Ec. 1}$$

D

El caso presentado corresponde a una conducción extrema, por lo que rara vez se dará en condiciones normales. Se presenta la tabla 1, con las diferentes velocidades máximas para diferentes amplitudes de desplazamiento:

**Tabla 1.** Velocidad maxima en funcion de la amplitud del movimiento

| <b>Despl. máx. (m)</b> | <b>Vmax (m/s)</b> |
|------------------------|-------------------|
| <i>0,01</i>            | <i>0,06</i>       |
| <i>0,05</i>            | <i>0,3</i>        |
| <i>0,1</i>             | <i>0,6</i>        |

Fuente. Báez M. (2017)

El segundo caso que se presentará para la deducción de la velocidad máxima de amortiguamiento en el ciclo de compresión corresponde al momento en que la rueda del vehículo entra en contacto con el suelo después de la caída libre del vehículo. El caso más extremo se produce si se supone que en el momento de contacto la rueda cambia de forma infinitamente rápida su velocidad y además se acepta que ésta es indeformable. En tal caso, en el momento en que se produce el contacto, la rueda pasa a tener velocidad cero mientras que, instantáneamente y por culpa de la inercia, la masa suspendida mantiene su velocidad de caída libre (se está asumiendo que no existe movimiento relativo entre la masa suspendida y no suspendida antes del contacto, es decir, que el estado inicial es de equilibrio dinámico). Bajo tales hipótesis, la velocidad de accionamiento del amortiguador coincide con la velocidad de caída del vehículo antes de que se produzca el contacto. La energía potencial inicial del vehículo se transforma en energía cinética, por lo que se deduce la velocidad de caída libre:

$$\frac{1}{2} (m_{max} + m_{min}) v^2 = (m_{max} + m_{min}) g \quad v = \sqrt{2g} \quad \text{Ec. 4}$$

Se presenta en la tabla 2 las velocidades máximas que se alcanzan para diferentes alturas de caída. Donde **h** es la altura desde la que cae.

**Tabla 2.** Velocidades de caída para diferentes alturas

| <i><b>h(m)</b></i>  | <i><b>v(ms<sup>-1</sup>)</b></i> |
|---------------------|----------------------------------|
| <i><b>0,25</b></i>  | <i><b>0,7</b></i>                |
| <i><b>0,050</b></i> | <i><b>1,0</b></i>                |
| <i><b>0,075</b></i> | <i><b>1,2</b></i>                |
| <i><b>0,100</b></i> | <i><b>1,4</b></i>                |
| <i><b>0,125</b></i> | <i><b>1,6</b></i>                |
| <i><b>0,150</b></i> | <i><b>1,7</b></i>                |
| <i><b>0,175</b></i> | <i><b>1,9</b></i>                |
| <i><b>0,200</b></i> | <i><b>2,0</b></i>                |
| <i><b>1,000</b></i> | <i><b>4,4</b></i>                |

Fuente. Báez M. (2017)

Raras veces se producen caídas de más de 100 en vehículos de uso normal, por lo que una velocidad máxima de compresión se acercará al valor de  $1,4 \text{ ms}^{-1}$ , siendo una velocidad elevada de trabajo para el amortiguador. En coches de competición (como por ejemplo los destinados a los rallies) se pueden alcanzar valores de hasta  $1,5 \text{ ms}^{-1}$  en casos muy extremos. En las maniobras de entrada en curvas también se hace trabajar al amortiguador a tracción y a compresión si bien no se contemplará tal situación ya que las velocidades máximas que se suelen dar son del orden de  $1 \text{ ms}^{-1}$  en casos muy extremos.

El último caso a que se debería contemplar para la determinación de la velocidad máxima corresponde al de aceleración o frenado, caso que tampoco se tendrá en cuenta debido a que en tales maniobras el amortiguador trabaja a unas velocidades inferiores a los  $0,5 \text{ ms}^{-1}$ , lo cual implica que la fuerza de amortiguación se controla mediante los denominados circuitos de baja velocidad. Lógicamente, en las condiciones reales de trabajo, nunca se dan las situaciones citadas por separado sino que la velocidad resultante del amortiguador es una combinación de los casos anteriores.

La experiencia muestra que en vehículos automóviles tipo turismo, la velocidad máxima de amortiguamiento que se alcanza en condiciones “normales” de uso es del orden de  $0,3 \text{ ms}^{-1}$ , para condiciones de conducción “fuertes” o vías en mal estado se alcanza la velocidad de  $1 \text{ ms}^{-1}$  y muy rara vez la velocidad de funcionamiento se sitúa entre  $1 \text{ y } 2 \text{ ms}^{-1}$ , motivo por el cual se limita el margen de actuación del amortiguador en lo que a velocidad se refiere al rango de  $2 \pm \text{ ms}^{-1}$ .

Contrariamente a lo que se piensa, las velocidades de actuación de los amortiguadores para vehículos de competición son inferiores a las que se dan para vehículos normales ya que, como se vio en el capítulo 1, la optimización de la maniobrabilidad tiende a amortiguamientos más restrictivos y muelles más rígidos, lo cual hace que la fuerza transmitida sea mucho mayor, impidiendo una velocidad relativa elevada entre la masa suspendida y no suspendida. Como ejemplo clarificador, para una conducción fuerte sobre un Fórmula Indy se alcanzan velocidades normalmente inferiores a los  $0,4 \text{ ms}^{-1}$ .

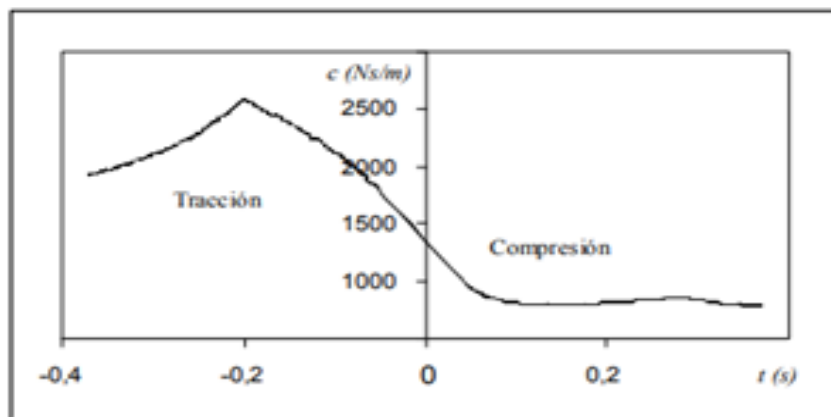
- **Representación de la fuerza de amortiguamiento.**

Existen tres formas diferentes de caracterizar el comportamiento del amortiguador. La primera consiste en dar a conocer el coeficiente de amortiguamiento, la segunda en presentar gráficamente la fuerza generada con respecto a la posición relativa del pistón y la tercera consiste en presentar la dependencia de la fuerza con la velocidad relativa de sus partes.

- **Coefficiente de amortiguamiento.**

La primera y la menos utilizada consisten en presentar el coeficiente de amortiguamiento (constante de proporcionalidad entre la fuerza generada y la velocidad). El caso más sencillo ocurre cuando únicamente se da a conocer el coeficiente de amortiguamiento medio, pudiendo distinguir entre dos valores distintos para el ciclo de compresión y el de extensión. La gran ventaja de este método es su sencillez, permitiendo un estudio simplificado del comportamiento del vehículo.

La gran desventaja es que se está asumiendo que la relación entre la fuerza y la velocidad es lineal, lo que suele inducir a error debido a que generalmente dicha relación suele ser compleja, perdiendo detalles del comportamiento como pueden ser la cantidad de histéresis que presenta el amortiguador, la presión de apertura de las válvulas limitadoras o la dependencia con la posición y la aceleración. La derivación lógica de este método consiste en hallar el coeficiente de amortiguamiento definido como la relación puntual entre la fuerza y la velocidad. El resultado se puede presentar en forma de gráfico, tal y como se muestra en la figura 5, o bien mediante un ajuste de la curva obtenida, en el cual se suele utilizar como variable independiente la velocidad, siendo opcional el uso de la posición e incluso la aceleración en función de la calidad de representación que se desee obtener. (Ver figura 5).



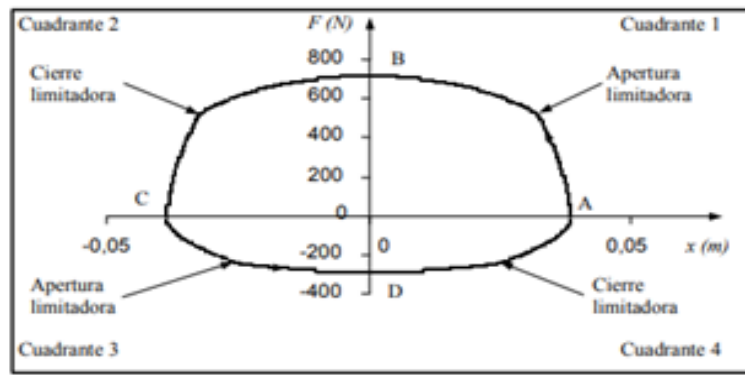
**Figura 5.** Representación gráfica del coeficiente de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo.

Fuente. Báez M. (2017)

- **Gráfico fuerza-posición.**

Otra de las formas de caracterizar al amortiguador proviene de la representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo una vez escogido el nivel cero y para una frecuencia dada. Se muestra un ejemplo de este tipo de gráfico para un amortiguador real en la figura 6, donde se ha mantenido el

criterio de velocidad positiva en el ciclo de compresión y se ha escogido el origen de coordenadas en la posición media de la carrera. Ver figura 6.



**Figura 6.** Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador de doble tubo.

Fuente. Báez M. (2017)

El punto “A” del cuadrante 1 corresponde al inicio del ciclo de tracción (por lo que su compresión es máxima). A partir de este punto empiezan a trabajar las válvulas de baja velocidad hasta el punto en que la presión es suficiente para abrir las limitadoras. En el punto “B” se alcanza la velocidad máxima del amortiguador para el ciclo de tracción, por lo que la característica de actuación está gobernada por la actuación conjunta de las válvulas de alta y baja velocidad. Es en algún punto del segundo cuadrante cuando se produce el cierre total de las limitadoras a tracción, por lo que nuevamente son los conductos de baja velocidad los que determinan la fuerza de amortiguamiento.

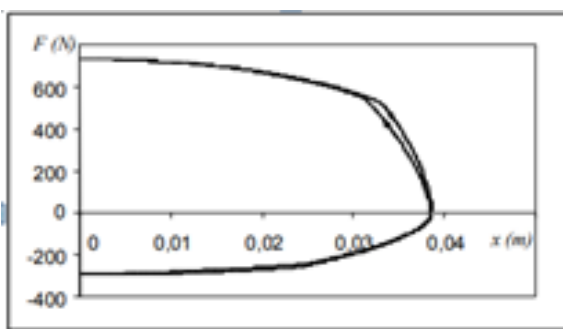
Una vez se ha alcanzado el punto “C” del tercer cuadrante, el amortiguador se encuentra en su máxima extensión y comenzando el ciclo de compresión. En la primera zona, de la misma forma que sucedía en el inicio del ciclo de tracción, la fuerza de amortiguamiento está gobernada por las válvulas de baja velocidad a compresión, hasta el punto en que las limitadoras empiezan a funcionar. El punto “D” es el momento de máxima velocidad de compresión y el comportamiento del amortiguador está definido tanto las válvulas de baja como de alta velocidad. Nuevamente, en algún momento del

cuarto cuadrante, las válvulas limitadoras a compresión cierran y el comportamiento se encuentra impuesto por las válvulas de baja velocidad.

La ventaja del gráfico posición fuerza frente al coeficiente de amortiguamiento es que permite la determinación directa de la fuerza de amortiguamiento a la vez que permite observar los momentos de apertura y de cierre de las válvulas limitadoras. Como ya se ha mencionado repetidas veces, es deseable que la fuerza de amortiguamiento sea una función de la velocidad debido a que es la velocidad la “determina” los caudales circulantes por las válvulas, por lo que el gran inconveniente que presenta este método es no mostrar dicha variable de forma explícita, si bien es deducible a partir de la frecuencia a la que se han obtenido los datos.

Otro de los inconvenientes que presenta este método es que no permite visualizar fácilmente la cantidad de histéresis que presenta el amortiguador, la cual es la responsable de que existan diferencias en la fuerza si se hace la simetría respecto al eje de fuerzas (es decir, que la histéresis que presenta el amortiguador es la diferencia entre las

ilustrar dicho concepto se presenta la figura anterior pero representando el valor absoluto de la posición. (Ver figura 7).

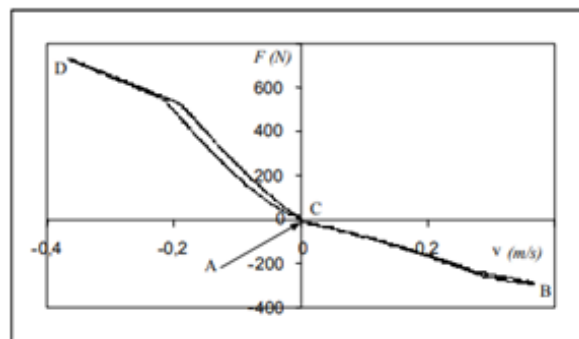


**Figura 7.** Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función del valor absoluto de la posición para un amortiguador de doble tubo

Fuente. Báez M. (2017)

### Gráfico fuerza-velocidad

El método más empleado para la caracterización del amortiguador debido a las ventajas que aporta consiste en la representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad de trabajo de éste. Se muestra un ejemplo en la figura, donde se han representado los puntos A, B, C y D obtenidos anteriormente en el gráfico de fuerza-posición. (Ver figura 8).



**Figura 8.** Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo.

Fuente. Báez M. (2017)

La representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad permite visualizar de una forma directa la linealidad del amortiguador. Como se había mencionado con anterioridad, los fabricantes de automóviles tratan de que la fuerza de amortiguamiento dependa de forma lineal con la velocidad, hecho que, como se puede observar, está lejos de la realidad para los amortiguadores reales.

Otra de las ventajas del gráfico anterior es que permite observar de forma clara la cantidad de histéresis presente en el amortiguador. La representación de la velocidad como variable independiente permite hacerse una idea del “grado” de sollicitación a la que se encuentra expuesto el amortiguador en el ciclo de trabajo, hecho que no sucedía en la representación de la fuerza como función de la posición. Por último, cabe comentar que un gráfico de este tipo, del mismo modo que lo hacía el gráfico de fuerza

posición, permite ver los momentos de apertura y cierre de las válvulas limitadoras, lo cual facilita su ajuste en el caso en que la unidad lo permita.

#### **2.2.2.5 Fenomenología en el amortiguador.**

En el punto que se presenta, se tratará de describir físicamente y por separado los distintos fenómenos físicos que tienen lugar en el amortiguador para su posterior modelización.

- **Pérdida de carga en un conducto circular.**

Debido a que la mayoría de expresiones para la evaluación de las pérdidas de carga en conductos se han desarrollado para conductos de sección recta circular, en el caso en que los conductos del amortiguador a modelizar no lo sean, se hará uso del concepto de diámetro hidráulico, lo cual permite hacer uso de las expresiones anteriores. Se define el diámetro hidráulico ( $D_H$ ) como:

$$D_H = \frac{4S}{P} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde  $S$  es la superficie del conducto y  $P$  el perímetro mojado.

- **Efecto de dilatación térmica.**

Equivalentemente a lo que sucede con la expansión o contracción de un cilindro cuando se encuentra sometido a presión en una de sus caras, se deberá tener en cuenta el efecto que produce la dilatación térmica sobre las cámaras de trabajo, pues la variación de su volumen también afecta a la amortiguación en tanto que se produce una variación en el caudal circulante por las válvulas.

Una variación de la temperatura de la cámara de trabajo provoca una dilatación de éste, por lo que en las mismas condiciones de presión presenta una mayor capacidad volumétrica, efecto que tiene dos consecuencias. La primera es que el gas se encuentra forzado a absorber el cambio de volumen existente, por lo que su volumen en las mismas condiciones cambia. Si se trata de un gas a media o a alta presión, el cambio de volumen que experimenta puede provocar un cambio en su presión, afectando a la fuerza de amortiguamiento. La segunda consecuencia que tiene lugar proviene del hecho que el movimiento del pistón implica un mayor caudal volumétrico por el

incremento en la sección recta de la cámara de trabajo. En tal caso, la caída de presión entre las cámaras será diferente. Se define el coeficiente de dilatación lineal  $\alpha_c$  como:

$$\frac{dl}{l} = \alpha_c dT \quad \text{Ec. 10}$$

Donde “ $l$ ” representa una longitud sólida y  $T$  la temperatura a la que se encuentra expuesto el material. Para un cilindro, se deduce que su cambio de volumen es:

$$\frac{\Delta V}{V} = 3\alpha_c \Delta T \quad \Delta V = V_0 3\alpha_c \Delta T \quad \text{Ec. 11}$$

Donde  $\Delta V$  representa el incremento de volumen debido al cambio de

#### • **Cavitación en los amortiguadores.**

Según Báez M. (2017 pág. 46):

En los amortiguadores, existen momentos en el ciclo de trabajo, (generalmente cuando trabajan a altas velocidades) en los que las presiones de las cámaras (o presiones locales dentro de éstas) se encuentran por debajo de la presión de vapor del aceite, produciéndose la generación de vapor en forma de burbujas que implosionan de forma muy violenta cuando la presión crece por encima de la presión de vapor, lo cual conduce a la generación de ondas expansivas de muy elevada magnitud y altamente destructivas. El fenómeno descrito se conoce como cavitación, y es el causante de comportamientos anómalos en los amortiguadores (reducciones inesperadas de la fuerza de amortiguamiento o retraso en la fuerza de amortiguación).

Una forma de reducir este fenómeno consiste en introducir el aceite de trabajo lo más puro posible y sin permitir su aireación, ya que la generación de las burbujas suele producirse o bien teniendo como núcleo las impurezas microscópicas que existen en forma de partículas sólidas microscópicas o bien teniendo como núcleo las burbujas de aire disuelto con el aceite. El introducir un aceite más puro que otro supone, a efectos prácticos, disminuir la presión de vapor.

- **Cavitación en el amortiguador monotubo.**

La arquitectura del amortiguador monotubo permite presurizar de forma “residual” el aceite de trabajo mediante la presión inicial del gas, lo cual dificulta la generación de las burbujas, y lo hace especialmente resistente a la cavitación. Aun así, para altas velocidades de trabajo en condiciones severas o para temperaturas elevadas del aceite, se puede producir la cavitación.

Generalmente, en este tipo de amortiguadores, la cavitación sólo se produce en el ciclo de compresión dentro de la cámara de tracción, cuando la velocidad es suficientemente elevada como para producir una caída de presión entre las cámaras de forma que la diferencia entre la presión actual del gas y la caída de presión se encuentre por debajo de la presión efectiva de vapor del aceite. En tales circunstancias, el aceite cavitará hasta que la presión aumente por encima de la presión de vapor y un tiempo suficientemente elevado como para permitir la desaparición total de la fase gaseosa. En la cámara de compresión no se suele producir nunca el fenómeno de la cavitación, ya que está continuamente sometido a la presión del gas mediante el pistón flotante, presión muy superior a la de vapor.

No obstante, aunque la cámara de tracción se encuentre por encima de la presión de vapor del aceite, se puede producir el fenómeno de la cavitación en el chorro de fluido saliente de las válvulas del pistón, habida cuenta que su velocidad implica una disminución local de su presión absoluta. La manera más eficaz de prevenir la cavitación en el amortiguador monotubo consiste en aumentar la presión del gas con el fin de aumentar la presión absoluta en ambas cámaras, debiendo tener en cuenta que el aumento de la presión tiene efectos sobre la fuerza de amortiguamiento, tendiendo a abrir el diagrama de fuerza-presión y modificando la fuerza de amortiguamiento en su conjunto

- **Cavitación en el amortiguador de doble tubo.**

El fenómeno de la cavitación en el amortiguador de doble tubo suele ser más acusado y difícil de resolver que en el amortiguador monotubo. En la fase de

compresión sucede un efecto análogo al del amortiguador monotubo dentro de la cámara de tracción en el cual, para una velocidad suficientemente elevada, la caída de presión existente entre las cámaras de compresión y de tracción hace que la presión del aceite se encuentre por debajo de la presión de vapor y se genere la fase vapor.

Puede ocurrir un efecto similar al descrito dentro de la cámara de compresión en el ciclo de tracción, si bien no es tan usual. En la cámara de reserva es difícil que se produzca la cavitación debido a que la presión suele estar cercana a la atmosférica (o a la residual) y sus cambios son poco importantes. De la misma forma que sucede en el amortiguador monotubo, si las velocidades de trabajo son elevadas, el lugar donde aparece la cavitación sin que las cámaras de trabajo alcancen la presión de vapor es en el chorro de fluido que sale de las válvulas, debido a las presiones locales existentes.

Se puede deducir que, por lo que respecta a la cavitación, la más fácil aparición de ésta en el amortiguador de doble tubo se presenta como una desventaja en frente del monotubo. La solución al problema de la cavitación en el amortiguador monotubo no suele pasar por el aumento de la presión del gas debido a los costes de producción que supone sino que se buscan soluciones alternativas como optimizar las secciones del pistón y del vástago para conseguir una disminución de las presiones existentes o el aumento de las presiones existentes en las cámaras de trabajo mediante válvulas de la base más restrictivas en compresión y más permisivas en tracción.

· **Transferencia de calor.**

Generalmente, los gradientes de temperatura existentes en los amortiguadores no justifican el análisis de la transferencia de calor por radiación, más cuando los aceites utilizados son prácticamente transparentes a la radiación térmica. El único mecanismo de transferencia de calor que se considerará proviene de la conducción. La ecuación básica de transferencia de calor por conducción se escribe en su forma vectorial como:

$$q = \frac{Q}{S} = K T \quad \text{Ec. 12}$$

Donde  $qx$  es el calor por unidad de área y de tiempo transmitido,  $Qx$  el calor transmitido por unidad de tiempo,  $S$  es la superficie de transferencia de calor por

conducción y  $k$  la conductividad térmica. Si bien la transferencia de calor entre un sólido y un fluido es mediante conducción a escala molecular, se utilizará el método de transferencia de calor por convección para evitar el estudio detallado del fluido. La ecuación básica para el análisis de transferencia de calor por convección se escribe como:

$$Q_w = h S (T_w - T_f) \quad \text{Ec. 13}$$

Donde  $h$  es el coeficiente convectivo de transferencia de calor,  $S$  la superficie de intercambio de calor,  $T_w$  la temperatura de la superficie y  $T_f$  la temperatura del fluido.

#### • **Fricción**

Al existir movimiento relativo con contacto entre diferentes partes del amortiguador aparecen fuerzas de fricción que también influyen en la fuerza de amortiguamiento. De hecho, los primeros amortiguadores de la historia basaban su funcionamiento en la fuerza de fricción, si bien hoy en día es una fuerza que se procura evitar y que, en algunos casos como en los sistemas de suspensión McPherson, no es despreciable. Del estudio realizado por K. Yabuta, K. Hidaka y N. Fukushima [18] se intenta demostrar de forma teórica la influencia que tiene la fricción proveniente del amortiguador en el conjunto de la suspensión del vehículo a partir de un modelo de dos grados de libertad.

La conclusión principal que se desprende es que el efecto relativo de la fricción cambia en función de la característica de la vía. En términos generales, el efecto de la fricción aumenta con la disminución de la velocidad del vehículo y con el aumento de la rugosidad de la vía. Siendo conocidos que la fricción siempre se opone a la velocidad y para conseguir una mayor legibilidad, toda formulación matemática que se presente en este punto se hará sin tener en cuenta su signo. En términos generales, las zonas en que la fricción tiene lugar dentro del amortiguador son:

- 1- Entre el pistón y la cámara de trabajo
- 2- Entre el vástago y su guía
- 3- Entre el vástago y el retén

#### 4- En el pistón flotante del gas (monotubo)

La evaluación de la fricción en el primer caso no es directa de realizar ya que, aunque de los datos geométricos se puede conocer el ajuste existente entre las partes, el baño de aceite que existe hace que la fuerza de fricción pase a ser una fuerza de lubricación hidrodinámica, la cual disminuye al aumentar la velocidad. Ocurre el mismo efecto entre el vástago y su guía, pues también se establece una fuerza de lubricación hidrodinámica.

El contacto entre el vástago y el retén es, en principio, el más difícil de evaluar ya que los retenes utilizados suelen ser de doble labio, lo cual supone que tiene la misión de evitar la salida de aceite al trabajar a tracción y la entrada de aire y suciedad al trabajar a compresión. Al trabajar a tracción o a compresión, se establece un contacto diferente entre el retén y el vástago debido a que la geometría de los labios superiores e inferiores 56 de éste son diferentes y se ven afectadas por una deformación distinta. Además, aunque no permite la salida de aceite, siempre existe una capa de aceite que cubre el vástago, por lo que también se ha de considerar un efecto de lubricación hidrodinámica. A diferencia de los dos casos anteriores, se observa que la fricción aumenta con la velocidad

En general y a efectos globales, se observa que la fuerza de fricción total disminuye con la velocidad. Por otra parte, se ha de tener presente que existen imperfecciones en las partes del amortiguador debidas al proceso de fabricación (conicidades, diferencias de rugosidad, etc.), por lo que la fricción pasa a depender de la posición relativa de las partes. Asimismo, debido a que los materiales de estanqueidad se deforman con la presión, la fricción en el ciclo de compresión es distinta a la fricción en el ciclo de expansión.

El último punto a considerar es que al aumentar la temperatura, las partes del amortiguador se dilatan, por lo que el ajuste existente cambia dando lugar a un cambio en el valor de la fricción. Los ajustes entre pistón y cilindro y entre vástago y guía son siempre holgados (no existe apriete), por lo que al aumentar la temperatura la holgura

existente entre ellos aumentará, disminuyendo de la fricción. Lógicamente, los materiales utilizados influyen en la dependencia de la fricción con la temperatura.

### **2.3 Definición de términos.**

**Desgaste mecánico:** En ciencia de materiales, el desgaste es la erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie. Está relacionado con las interacciones entre superficies y más específicamente con la eliminación de material de una superficie como resultado de una acción mecánica.

**Fricción:** La fuerza de fricción o la fuerza de rozamiento es la fuerza que existe entre dos superficies en contacto, que se opone al movimiento relativo entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del deslizamiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, que en mayor parte son microscópicas, entre las superficies en contacto.

**Rugosidad:** La rugosidad superficial es el conjunto de irregularidades de la superficie real, definidas convencionalmente en una sección donde los errores de forma y las ondulaciones han sido eliminados.

**Viscosidad:** La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad corresponde con el concepto informal de "espesor".

**Cromado:** El cromado es la técnica de depositar mediante galvanoplastia una fina capa de cromo sobre un objeto de otro metal o de plástico. La capa de cromo puede ser simplemente decorativa, proporcionar resistencia frente a la corrosión, facilitar la limpieza del objeto, o incrementar su dureza superficial.

**Reconstrucción:** Reparación o nueva construcción de una cosa destruida, deteriorada o dañada, generalmente edificios u obras de arte.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Tamayo y Tamayo (2010 p.37) define al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados.

#### **3.1. Tipo de investigación**

La presente investigación está basada en la modalidad factible, ya que se trata de proponer un método orientado a determinar la opción más viable y económica para la reconstrucción de los amortiguadores automotrices mediante el análisis de las variables críticas que afectan todo el proceso de amortiguación.

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2008, p. 7), en su Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales, Establece que:

“Un proyecto factible consiste en la investigación, elaboración desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnología, método o procesos”.

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

Arnau (1995) define el diseño de investigación como un plan estructurado de acción que, en función de unos objetivos básicos, está orientado a la obtención de información o datos relevantes a los problemas planteados (p. 27). Así, el diseño de una investigación se entiende como el plan de actuación que permitirá al investigador recoger los datos para solucionar el problema de su investigación. Para elaborar este plan, el investigador deberá tomar una serie de decisiones.

Esta investigación tiene como tipo a un diseño de campo, donde Arias. F define que:

“La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”.

La recolección de datos de la investigación será de forma directa, teniendo como datos principales los factores que inciden en los procesos de reconstrucción de amortiguadores empleados actualmente en los talleres especializados en esta, erradicados en Venezuela.

### **3.3. Nivel de la investigación**

En relación al nivel de profundidad que se desea obtener, en función al objeto de estudio, el tipo de diseño a aplicar será descriptivo, el cual define Arias (2012, p. 22) de la siguiente manera:

“Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulan hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de la investigación”.

La elaboración de un plan de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos es un trabajo descriptivo debido a que se intenta proponer soluciones a una situación explícita. Involucra explorar, describir y proponer alternativas y métodos para la implementación del plan de reconstrucción de amortiguadores.

### **3.4. Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población de acuerdo a (Arias F., 2012, pág. 81) se define como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

La población que se considera para el presente estudio está conformada por un universo comprendido por talleres especialistas en emplear el servicio de reconstrucción de amortiguadores automotrices, erradicados en Venezuela.

### **3.4.2 Muestra**

Para Méndez (2001, p. 181): “Una muestra comprende el estudio de una parte de los elementos de una población”; es decir, en la observación se pueden seleccionar algunos de los elementos que conforman la población a fin de estudiarlos, partiendo de que poseen características comunes con los elementos seleccionados y no seleccionados de la población.

Debido a que en la presente investigación la población es manejable, no se considera necesario aplicar ningún tipo de muestreo, considerando como muestra los talleres especialistas en emplear el servicio de reconstrucción de amortiguadores automotrices establecidos en el estado Carabobo. Para ser más específicos, los talleres tomados como muestra, están localizados en los municipios Valencia y San diego.

## **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.5.1 Técnicas**

Según Arias. F (2012 pág. 67) dice que: “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”.

Ahora bien, la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente. A dicho soporte se le denomina instrumento.

#### **3.5.1.1 La observación y sus instrumentos**

Según Arias. F (2012) pág. 69: “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”.

Se hace especial referencia a la observación directa, ya que la indirecta se realiza a través de instrumentos muy sofisticados tales como: microscopio, telescopio, monitores, entre otros. La observación puede ser:

#### **3.5.1.2 Observación simple o no participante:**

Es la que se realiza cuando el investigador observa de manera neutral sin involucrarse en el medio o realidad en la que se realiza el estudio.

#### **3.5.1.3 Observación participante:**

En este caso el investigador pasa a formar parte de la comunidad o medio donde se desarrolla el estudio. Así mismo, la observación también se clasifica en:

- Observación libre o no estructurada

Es la que se ejecuta en función de un objetivo, pero sin una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados.

- Observación estructurada

Es aquella que además de realizarse en correspondencia con unos objetivos, utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados.

#### **3.5.2.1 La encuesta y sus instrumentos**

Así mismo, Arias (2004, p. 70) la define como: “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujeto acerca de sí mismo, o en relación con un tema en particular”.

Esta técnica pretende un intercambio de información entre el entrevistador y el entrevistado, con el objetivo de obtener datos, los cuales los investigadores considera valiosos para su investigación. La conformación de las preguntas que se presentan en la encuesta se basó en los objetivos específicos, ya que todas las técnicas se aplican con el fin de dar respuesta al problema planteado.

La encuesta puede ser oral o escrita:

**3.5.2.2 La encuesta oral:** se fundamenta en un interrogatorio “cara cara” o por vía telefónica, en el cual el encuestador pregunta y el encuestado responde. Contraria

a la entrevista, en la encuesta oral se realizan pocas y breves preguntas porque su duración es bastante corta.

Es decir, la encuesta oral se caracteriza por ser poco profunda, pero de gran alcance. Un ejemplo es el caso de los encuestadores que abordan a las personas en sitios públicos.

Esta modalidad utiliza como instrumento una tarjeta contentiva de las preguntas y opciones de respuesta, la cual siempre es llenada por el encuestador, que comúnmente lleva como nombre “cuestionario” a diferencia de la encuesta escrita que se realiza a través de un cuestionario auto administrado, el cual como su nombre lo indica, siempre es respondido de forma escrita por el encuestado.

Los resultados arrojados son utilizados para la toma de decisiones y el diseño de campañas de diversa índole. Por otra parte, la encuesta escrita es la que se realiza mediante un cuestionario.

- **Cuestionario:** El cuestionario es definido por Tamayo y Tamayo (2010, p. 40), como “un instrumento formado por una serie de preguntas que se responde por escrito a fin de obtener, la información necesaria para la realización de la investigación”.

Al diseñar el cuestionario se debe ser preciso y puntual de tal manera que el encuestado lo comprenda y pueda responder sin ambigüedades. El tipo de cuestionario que se pretendió aplicar estuvo constituido nueve (9) preguntas de tipo cerradas con dos (2) opciones de respuesta.

### **3.5.3 La entrevista y sus instrumentos**

Según Arias. F (2012) pág. 73: “La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”.

Esta técnica se diferencia de la modalidad oral de la encuesta en los siguientes aspectos:

Una entrevista se caracteriza por su profundidad, es decir, indaga de forma amplia en gran cantidad de aspectos y detalles, mientras que la encuesta oral, como se dijo anteriormente, aborda de forma muy precisa o superficial uno o muy pocos aspectos.

Por otra parte, la entrevista tiene un menor alcance en cuanto a la cantidad de personas que pueden ser entrevistadas en un período determinado, es decir, se abarcan menos personas.

Realizar una entrevista puede ocupar un tiempo significativo en un solo entrevistado, a diferencia de la encuesta oral que por su brevedad puede incluir a varias personas en poco tiempo.

La entrevista se clasifica en:

- **Entrevista estructurada o formal**

Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video.

- **Entrevista no estructurada o informal**

En esta modalidad no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos que permiten definir el tema de la entrevista, de allí que el entrevistador deba poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la coherencia.

- **Entrevista semi-estructurada**

Aun cuando existe una guía de preguntas, el entrevistador puede realizar otras no contempladas inicialmente. Esto se debe a que una respuesta puede dar origen a una pregunta adicional o extraordinaria. Esta técnica se caracteriza por su flexibilidad.

Además de sus instrumentos específicos, tanto la entrevista estructurada como la no estructurada pueden emplear instrumentos tales como el grabador y la cámara de video

Las técnicas aplicadas para desarrollar la investigación basada en modo de campo fueron la observación libre, la encuesta oral y la entrevista no-estructurada.

- **Validez**

La validez, es un concepto del cual se pueden obtener una serie de evidencias, al respecto Hernández (1998, p.236), define la validez como “El grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. Para dar aplicación al instrumento seleccionado, se escogió la validez de contenido, tomando como base lo señalado por: Bisquerra, (1998, p.91), quien afirma que “determina el grado en que los ítems son una muestra representativa de todo el conjunto a medir. Es propio de los test de rendimiento. Debe asegurarse a prioridad mediante una cuidadosa planificación en la elaboración de la prueba”.

- **Confiabilidad**

La confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, Sánchez y Guarisma (1.995) plantean que una medición es confiable o segura, cuando aplicada repetidamente a un mismo individuo o grupo, o al mismo tiempo por investigadores diferentes, da iguales o parecidos resultados” (p. 85)

### **3.6 Técnicas de análisis de la información**

Según Arias. F (2012) pág. 67: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

En base a lo anteriormente citado, los instrumentos de recolección de datos fue la observación directa asistida técnicamente. Debido a que se requiere el uso de instrumentos de medición y el análisis documental.

### **3.6.1 Fases metodológicas**

**Fase I. Realización de un diagnóstico de la situación actual del proceso de reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos, ejecutados en los talleres especializados que operan en Venezuela.**

En esta fase se evaluó mediante un diagnóstico los diferentes componentes y elementos que involucran los procesos de reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos, como consecuencia analizar los puntos y aspectos más críticos e influyentes que puedan afectar en el desempeño y funcionalidad del proceso. Utilizando la encuesta como herramienta de recolección, para apreciar todas las carencias y necesidades que tienen actualmente los talleres al realizar el proceso.

**Fase II. Caracterización de los factores críticos dentro del funcionamiento de los amortiguadores de vehículos livianos.**

A través de los datos recopilados mediante la entrevista no-estructurada, observación directa e investigación documental, se realiza una caracterización del amortiguador como un componente que se debe estudiar, observar, reconstruir y después entregar. Donde principalmente se trata de evidenciar la condición en la que debe estar el amortiguador y el efecto de envejecimiento en este. Sin olvidar la crítica de las actuales técnicas con respecto a los efectos que generan en el amortiguador.

**Fase III. Creación de posibles soluciones que permitan llevar a cabo la reconstrucción de amortiguadores y determinación de la opción más factible para la resolución de la problemática.**

Mediante el análisis de propuestas creadas a partir de la situación problemática puede establecerse las prioridades de los procesos y métodos creando una estructura que facilitara la toma de decisión, del proceso más efectivas, con el objetivo de dirigir todos los recursos más importantes y necesarios para mejorar la confiabilidad del proceso, del sistema y los componentes que se involucran en la reconstrucción de los amortiguadores. Empleando técnicas que muy bien mejoran las ejecutadas actualmente en el territorio nacional.

**Fase IV. Realización y diseño de un manual para reconstrucción de amortiguadores automotrices en vehículos livianos.**

En esta fase se desarrolla el plan y luego el manual que servirá como guía para los usuarios que deseen implementar la reconstrucción de los amortiguadores en los vehículos livianos, el plan estará expuesto de manera muy clara, sistemáticamente y explícita para ser de fácil comprensión.

**Fase V. Comprobar la factibilidad económica de la implementación del proceso de reconstrucción.**

Consistirá en estudiar la posibilidad de implementar el plan de reconstrucción, por ende en esta etapa se hará el análisis de la disponibilidad de recursos económicos necesarios para el desarrollo del proyecto, la factibilidad económica incluyen los análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto, tomando en cuenta la recesión económica y la inflación para determinar costos a futuro.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En los capítulos anteriores se estableció los parámetros técnicos, teóricos y metodológicos que dan sustento a la realización del proyecto, no obstante en las siguientes páginas se presentan los resultados obtenidos durante la ejecución de las fases enunciadas anteriormente. Tomando en consideración la consecución de los objetivos específicos propuestos para la realización de la presente investigación; se utilizaron técnicas e instrumentos de recolección de datos, para acopiar toda la información necesaria a fin de proponer un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos en Venezuela.

#### **4.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos, ejecutados en los talleres especializados que operan en Venezuela.**

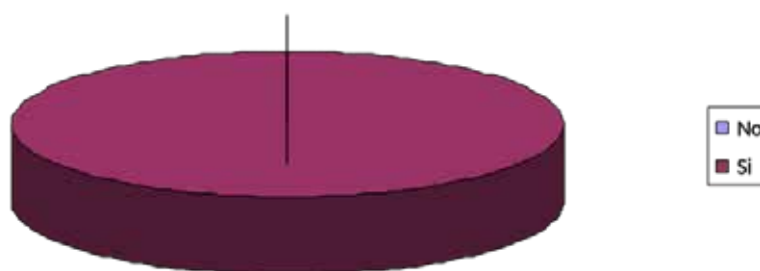
El análisis e interpretación de los resultados se basa en la presentación ya tabulada y graficada de los datos obtenidos a través de la aplicación del cuestionario sobre la muestra seleccionada de 7 personas que laboran como empleados, con la función de jefe de taller, en 7 diferentes talleres especialistas en reconstrucción de amortiguadores además, con preguntas de sencilla comprensión, con dos (02) alternativas de respuesta, a fin de ampliar la gama de posibilidades, tales interrogantes fueron elaboradas en base a la búsqueda de fallas sistemáticas en las técnicas actuales de reconstrucción, obteniendo resultados que conllevaron a los investigadores a la formulación de las conclusiones pertinentes al problema detectado dentro de las estrategias de reconstrucción, así como de las recomendaciones que sustentaron la investigación. Por otra parte y en relación al instrumento aplicado para el logro de los objetivos propuestos, se pudo determinar lo que a continuación se presenta:

**Ítem 1:** ¿Considera usted que la demanda de servicios de reconstrucción de amortiguadores ha crecido últimamente en Venezuela?

**Tabla 3:** Demanda de servicios de reconstrucción.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 7          | 100%        |
| No           | 0          | 0%          |
| <b>Total</b> | 7          | <b>100%</b> |

**Fuente.** Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 1:** Demanda de servicios de reconstrucción

**Fuente.** Datos aportados por tabla 3

• **Análisis:**

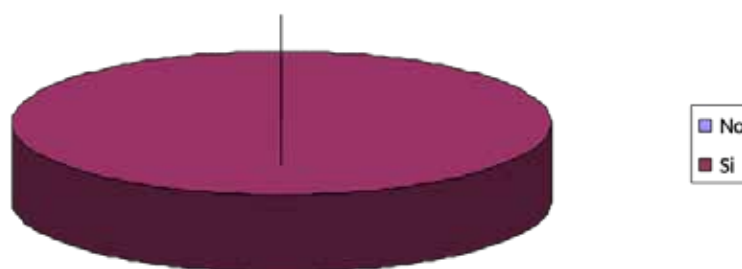
Con respecto a este gráfico uno, el cien por ciento (100%) de los encuestados respondieron que últimamente en Venezuela la demanda de servicios de reconstrucción si ha tenido un crecimiento considerable. Contrariamente las respuestas negativas acorde a esta pregunta tuvo un cero por ciento (0%). Donde se puede inferir que es gracias a este crecimiento de demanda, que también ha incrementado la población de talleres o personal que incursionan en la realización de técnicas y procesos de reconstrucción en los vehículos. Siendo cada vez más una idea atractiva para la población venezolana al ser una alternativa de menor costo al momento de percibir la avería de los amortiguadores. Por lo tanto se convierte en foco interesante para estudiar y desarrollar en una investigación, para conocer las características que posee esta metodología de reparación.

**Ítem 2:** ¿Considera usted que los vehículos de tipo liviano son los que reciben con mayor frecuencia los servicios de reconstrucción de amortiguadores de este taller?

**Tabla 4:** Tipo de vehículos demandantes de los servicios de reconstrucción.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 7          | 100%        |
| No           | 0          | 0%          |
| <b>Total</b> | <b>7</b>   | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Grafico 2:** Tipo de vehículos demandantes de los servicios de reconstrucción.

Fuente. Datos aportados por tabla 4

· **Análisis:**

Este gráfico nos arroja que, el cien por ciento (100%) de los encuestados respondieron que los vehículos de tipo liviano, si son los que reciben con mayor frecuencia los servicios de reconstrucción de amortiguadores por parte de los talleres. Llevados a este tipo de respuesta por el hecho de su percepción al destacar que son los amortiguadores de estas características, los más susceptibles a las irregularidades que puedan presentarse en las vías de tránsito en Venezuela y acompañando a este detalle está el hecho, de que el mayor confort que necesitan los vehículos livianos, provoca el sacrificio de la resistencia del amortiguador como característica.

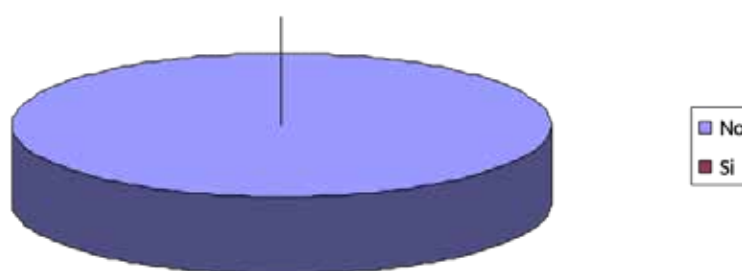
Concluyendo que es a partir de este resultado que se puede percatar, cual es la situación de mayor preocupación y notar que las exigencias de reconstrucción de amortiguadores podrían crecer aún más, en una frecuencia polarizada a un solo sector de vehículos, que es el de tipo liviano. Acotando que a un número más alto de situaciones a resolver, en este caso amortiguadores averiados, existirá un aumento proporcional de las problemáticas asociadas al proceso ejecutado. Siendo los anteriores detalles la motivación suficiente, para considerar la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos, una situación atractiva para realizar a cabo una investigación.

**Ítem 3:** ¿Posee usted un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos preestablecido para ejecución del proceso y sus técnicas?

**Tabla 5:** Plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 0          | 0%          |
| No           | 7          | 100%        |
| <b>Total</b> | <b>7</b>   | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Grafico 3:** Plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos

Fuente. Datos aportados por tabla 5

• **Análisis:**

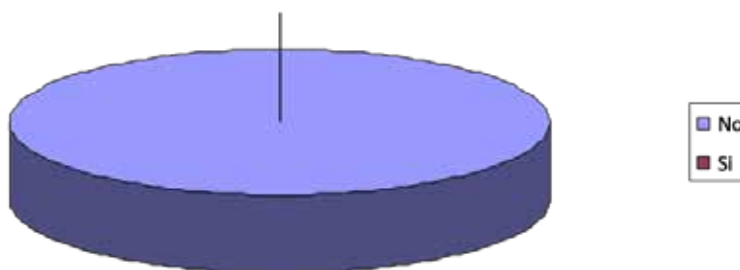
Con respecto a este gráfico tres, el cien por ciento (100%) de los encuestados señaló que en sus talleres no poseen, ni aplican un plan de reconstrucción preestablecido al momento de realizar la reconstrucción de amortiguadores de vehículos. Esta ausencia está presente en todos los talleres estudiados, demostrando que no poseen un orden preestablecidos de las labores, procedimiento e instrumentos que utilizaran en cada etapa de la reconstrucción. Lo cual puede ser el detonante del nacimiento de problemas, que entorpecen las labores acorde a los procedimientos, provocando descontrol en los resultados a obtener. Estos pueden ser resueltos si se realiza una estandarización de procesos, paso a paso, con sus respectivas funciones detalladas en su composición, para librar así toda confusión mientras se ejecuta la reconstrucción.

**Ítem 4:** ¿Al momento de la reconstrucción, aplica usted herramientas de recolección de datos para la observación directa de los aspectos visuales del amortiguador averiado?

**Tabla 6:** Herramientas de recolección de datos en procesos de reconstrucción.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 0          | 0%          |
| No           | 7          | 100%        |
| <b>Total</b> | 7          | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 4:** Herramientas de recolección de datos en procesos de reconstrucción

Fuente. Datos aportados por tabla 6

· **Análisis:**

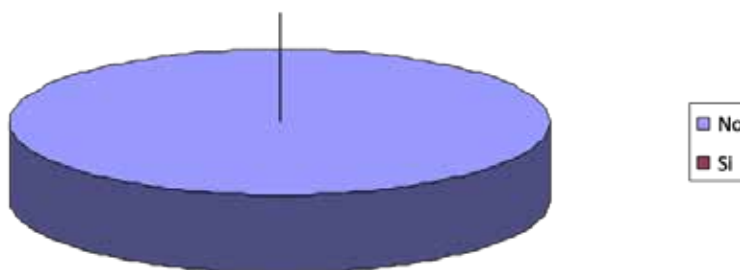
Lo observado en este gráfico cuatro, el cien por ciento (100%) de los encuestados señaló que en sus talleres no poseen, ninguna herramienta de recolección de datos para la observación directa de los aspectos visuales de los amortiguadores averiados. Lo que resulta en la ausencia por parte de los ejecutores de la reconstrucción, de herramientas diseñadas para mejorar la observación de aspectos, características y parámetros que muestran los amortiguadores averiados, que puedan ser utilizados posteriormente mientras se reconstruyen, para hacer conclusiones sobre estos mismos o para emplear las técnicas más apropiadas, con respecto a la características visuales. Impulsando la necesidad de crear una herramienta de recolección de datos, para así esquematizar la visualización de los amortiguadores y sus puntos claves a observar en el proceso.

**Ítem 5:** ¿Tienen en este taller información técnica pertinente al funcionamiento, componentes, materiales de fabricación y fenomenología de los amortiguadores de vehículos livianos?

**Tabla 7:** Información técnica en talleres.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 0          | 0%          |
| No           | 7          | 100%        |
| <b>Total</b> | 7          | <b>100%</b> |

**Fuente.** Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 5:** Información técnica en talleres.

**Fuente.** Datos aportados por tabla 7

• **Análisis:**

Con respecto a este gráfico cinco, el cien por ciento (100%) de los encuestados señaló que en sus talleres no poseen, información técnica sobre todo lo pertinente a amortiguadores de vehículos livianos. Lo que entorpece en gran parte al proceso, resultando en técnicas totalmente empíricas, que provienen de conocimientos obtenidos de experimentación en reconstrucciones de vehículos livianos. Esto provoca la existencia de un porcentaje alto de falla, en las acciones ejecutadas por el personal, ya que no conocen las condiciones involucradas en el funcionamiento del amortiguador y de cómo deberían ser las características de sus partes para lograr la eficiencia.

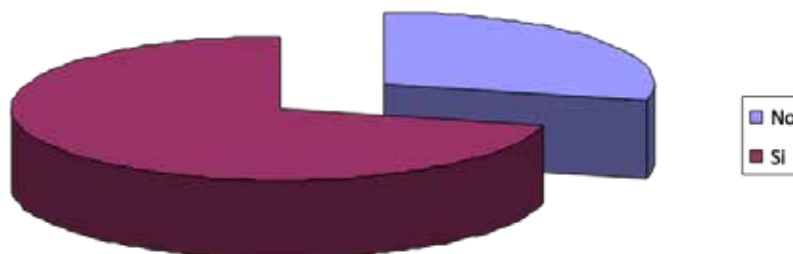
Son estas necesidades de información técnica de parte de los talleres, suficiente para destacar que es necesario tener esta información, basada en los aspectos críticos que están involucrados dentro del amortiguador, como componentes, averías, consecuencias del uso, desgaste, etc.

**Ítem 6:** ¿Poseen en el taller alguna técnica de verificación de condiciones, posterior al proceso de reconstrucción del amortiguador?

**Tabla 8:** Técnicas de verificación en los talleres.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 5          | 71.4%       |
| No           | 2          | 28.6%       |
| <b>Total</b> | <b>7</b>   | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 6:** Técnicas de verificación en los talleres.

Fuente. Datos aportados por tabla 8

· **Análisis:**

De acuerdo con el gráfico seis, el 71.4% de los encuestados señaló que en el taller donde emplea si tienen técnicas pertinentes a la verificación de los amortiguadores posterior a su reconstrucción. Sin embargo el 28.6% restante expresó que no tenían estas técnicas al alcance al momento de la reconstrucción. Por lo que resultarían en ciertos casos, en deficientes condiciones de entrega de los amortiguadores reconstruidos en los talleres que no tengan estas técnicas, generando descontento en la clientela que exige siempre un buen trabajo. Por lo que sería de mucha importancia proponer nuevas técnicas de verificación para asegurar un estado final sin fallas presentes y una durabilidad aceptable por parte de los amortiguadores.

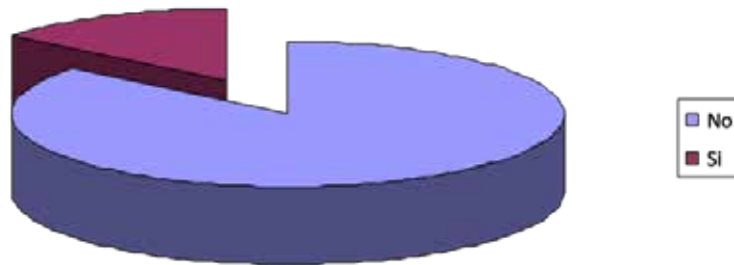
En caso contrario de que los talleres tengan estas técnicas, la observación y crítica de estas, también es una forma alternativa de prevenir situaciones negativas con respecto a los procesos. Ya que la confiabilidad de las técnicas, es de gran parte la que previene los defectos en el estado final. Por lo tanto también podría resultar en proponerse nuevas técnicas de verificación, aumentando la confiabilidad de la reconstrucción, cuando se percibe la existencia de fallas en las metodologías actuales.

**Ítem 7:** ¿Cree usted tener la capacidad logística en el taller, para emplear todas las técnicas necesarias para la reconstrucción eficiente del amortiguador?

**Tabla 9:** Capacidad logística en los talleres.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 1          | 14.3%       |
| No           | 6          | 85.7%       |
| <b>Total</b> | <b>7</b>   | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Grafico 7:** Capacidad logística en los talleres.

**Fuente.** Datos aportados por tabla 9

· **Análisis.**

Con respecto a este gráfico siete, el 85.7% de los encuestados señaló que en el taller donde emplea no tienen la capacidad logística para ejecutar una eficiente reconstrucción. Sin embargo el 14.3% restante expresó que si tenían la capacidad logística para la ejecución de las técnicas. Donde es muy apreciable la tendencia mayoritaria de talleres que expresaron no tener la capacidad logística de herramientas para emplear las acciones para reconstruir un amortiguador de manera eficiente. Donde acotaron también, que esta incapacidad era resultado de ciertas ignorancias sobre los procesos idóneos y las herramientas que se podrían utilizar, sumando la complejidad económica de adquirir la logística necesaria.

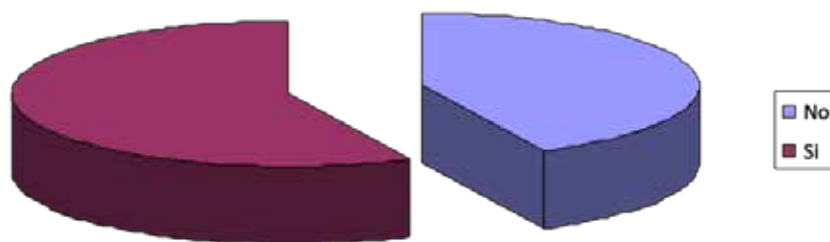
Sin olvidar que para la porción minoritaria que expresó tener la capacidad logística, es sensato, generar una justificación de parte de ellos para demostrar que la logística implementada en sus procesos es la más idónea. De no serlo es necesaria la propuesta de logística a implementar en las técnicas más adecuadas de reconstrucción que podrían aproximar el resultado a la eficiencia de funcionamiento. Opción que podría abarcar a los talleres que no tengan esta logística, ya que es de suma necesidad, si se desea tener un resultado óptimo a las expectativas de los clientes. Por lo tanto resumiéndose en una necesidad actual de propuestas, referentes a mencionar la logística necesaria para la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos.

**Ítem 8:** ¿Recibe el taller frecuentemente quejas de parte de los clientes, resultado de averías en los amortiguadores reconstruidos, prematuras a los periodos de garantía del taller?

**Tabla 10:** Quejas en los talleres de reconstrucción.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 4          | 57.1%       |
| No           | 3          | 42.9%       |
| <b>Total</b> | <b>7</b>   | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 8:** Quejas en los talleres de reconstrucción.

Fuente. Datos aportados por tabla 10

· **Análisis:**

Acorde a este gráfico ocho, 57.1% de los encuestados señaló que en el taller donde emplea si reciben frecuentemente quejas de parte de los clientes por averías prematuras. Sin embargo el 42.9% restante expresó que no recibían quejas frecuentemente por parte de los clientes. Aun así de haber una división cercana a la igualdad de porciones en respuestas a las alternativas, se percibe que la porción dominante en las respuestas, es en la que los talleres expresan que reciben quejas de manera frecuente. Por lo tanto es una situación preocupante, ya que nos referimos a un componente importante para el vehículo, que se acude a la reconstrucción para remediar las averías en los amortiguadores y restaurar las condiciones de incido de este componente.

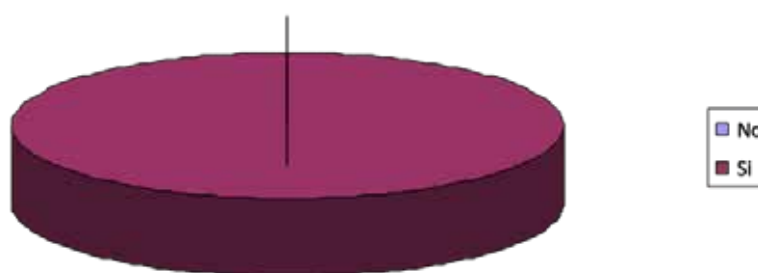
En concordancia con el párrafo anterior, la situación problemática del alto índice de quejas por parte de los clientes a los talleres de reconstrucción es preocupante al referirse de un aspecto de interés social. Por lo que es necesaria la implementación de pautas que estén dirigidas a la durabilidad del componente y bienestar del cliente, dentro de un proceso propuesto que pueda abarcar el beneficio equilibrado entre el taller y clientela. Considerando que está presente actualmente esta situación negativa con respecto a los resultados de los proceso de reconstrucción.

**Ítem 9:** ¿Cree usted que es necesario la creación de un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos e implementar con intenciones de reestructurar los procesos y técnicas utilizados actualmente en Venezuela?

**Tabla 11:** Creación de un plan de reconstrucción.

| Alternativa  | Frecuencia | Porcentaje  |
|--------------|------------|-------------|
| Si           | 7          | 100%        |
| No           | 0          | 0%          |
| <b>Total</b> | 7          | <b>100%</b> |

Fuente. Sánchez J. y Quintero F. (2020)



**Gráfico 9:** Creación de un plan de reconstrucción.

Fuente. Datos aportados por tabla 11

· **Análisis:**

Finalmente en el noveno gráfico, se puede apreciar la tendencia mayoritaria del cien por ciento (100%) expresando rotundamente que si es necesaria la creación

de un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos e implementarlos en las actuales técnicas realizadas por los talleres. Expresando la demanda en el territorio nacional de un plan que esté dirigido a obtener la mayor eficiencia de los procesos y abocado a resolver las necesidades tanto demostradas en las respuestas anteriores, como también las que puedan resultar en todo el proceso pertinente a la reconstrucción de un amortiguador de vehículo liviano. Por lo que motiva a investigar todas las alternativas, utilizando herramientas, para proponer una que contenga opciones que estén al alcance, pero que puedan tener los mejores resultados demandados por los clientes de talleres.

#### **4.2 Caracterización de los factores críticos dentro del funcionamiento de los amortiguadores de vehículos livianos.**

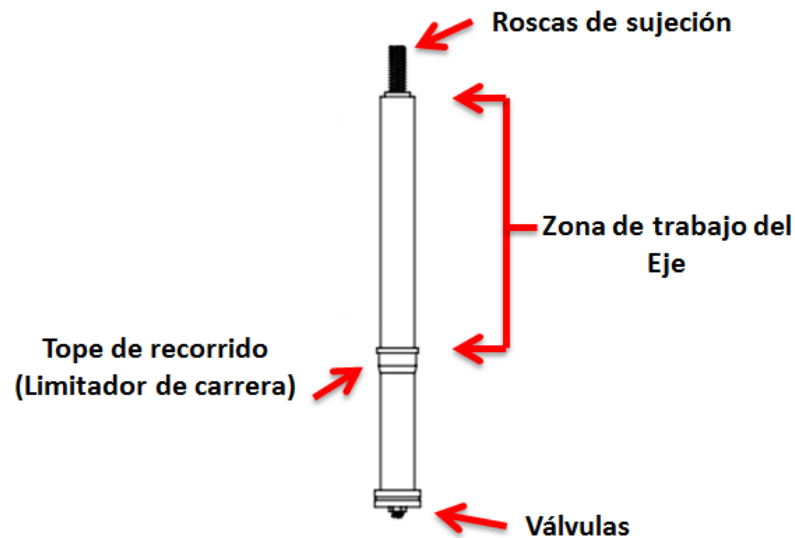
La finalidad que se tiene en la presente fase es enfatizar y demostrar cómo afectan e inciden los diferentes factores que están presentes en el funcionamiento del amortiguador, se tendrá como herramientas y metodologías la observación directa, pruebas de laboratorio, entrevistas realizadas en talleres de reconstrucción y evaluaciones realizadas en amortiguadores usados con diferentes tiempos de utilización, así como también si ya han sido reconstruidos con el objetivo de poder exponer cuales son las principales causas que afectan considerablemente el desempeño al sistema del amortiguador y poder señalar las consecuencias que generan cada una de ellas.

##### **4.2.1 Caracterización del eje (Vástago).**

- **Función del eje dentro del amortiguador.**

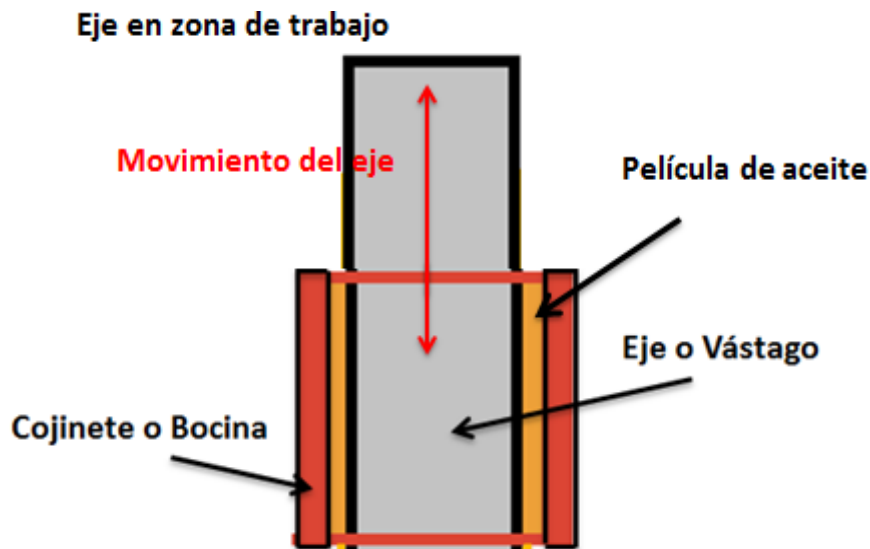
Se pudo apreciar a través de toda la información recopilada mediante la observación directa, recopilación bibliográfica y también con la entrevista a los talleres, de que es el eje una parte fundamental en el funcionamiento del amortiguador, por lo tanto se tiene una gran dependencia de su estado para la eficiente función del amortiguador. Es este el que se encarga de ejecutar varias de las funciones incluidas dentro del sistema, ya que este es el que lleva sujeto consigo otras partes importantes, como lo son las válvulas y haciendo funciones también de

sujeción en la parte superior con las bases del amortiguador. Es por eso que en la (figura 9) a continuación se observa una vista de las partes y composición del eje.



**Figura 9:** Composición del eje.  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

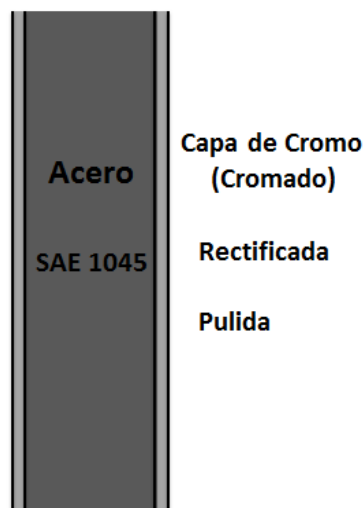
Cabe destacar, la zona que se le atribuye todo el funcionamiento del eje, es la que en la figura lleva como nombre “Zona de trabajo del eje” y es que en esta se encuentra toda la fricción que puede sufrir este, ya que todo el recorrido vertical que puede realizar el eje para cumplir las funciones del amortiguador están apoyadas sobre esta superficie, también en conjunto con el cojinete que está en la estructura. Es por eso que este tramo de superficie debe tener todas las propiedades y bajo un diseño riguroso que es necesario para cumplir efectivamente las necesidades del proceso, convirtiéndose en la zona en la cual dirigimos nuestro estudio y por lo tanto hacemos énfasis para conocer su composición, que detallaremos más adelante ( Ver figura 10).



**Figura 10:** Zona de trabajo del eje.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Es así como se tiene la necesidad de mostrar el estado que esta pieza presenta en su composición y cuales son las características que este debe tener para así ser considerado una parte totalmente funcional, cuando se refiere a él como una parte del amortiguador. Utilizando una figura en conjunto con su descripción para ilustrar los puntos mencionados antes para lograr una mejor visión de las características (Ver figura 11).



**Figura 11:** Características del eje.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

En la figura se puede apreciar un poco sobre la composición del eje del amortiguador y es que este en su gran totalidad está compuesto de Acero como material base y un recubrimiento de una delgada capa de Cromo.

En su interior contiene Acero **SAE 1045**, por ser un material muy versátil pero en su intención de mantener una rigidez suficiente, ductilidad y resistencia a la temperatura por lo no es susceptible a esta variable, acompañado del recubrimiento (Cromado) para ofrecer una resistencia a la corrosión, siendo esta modificada bajo proceso de rectificado para una posterior pulida y así no tener una rugosidad perjudicable para los demás componentes manteniendo estas características a través del tiempo. A pesar de tener diferencia de diámetros comprendidos entre 20mm – 28mm, la superficie externa de Cromo es similar para todos los ejes en el mercado, tiene el mismo factor de importancia cuando hablamos del sistema de amortiguación y es por eso que hacemos énfasis más detallado de este.

- **Capa de Cromo en el eje (cromado).**

En el proceso de fabricación del amortiguador después de tener el eje en su material base (Acero), se le deposita la delgada capa de Cromo por un proceso de electrolisis, produciendo una capa lo más continua distribuida a lo largo de la superficie del eje, pero aun así para llegar al nivel de exactitud que se necesita es procesado el cromado a través de un rectificado y pulido, llegando al estado final de superficie que se necesita donde la rugosidad que este pueda tener es una parte fundamental para tomar en cuenta, siendo un factor susceptible al cambio mayormente por el desgaste, que afecta el eficiente funcionamiento del amortiguador.

- **Características de la capa de Cromo:**

- Nombre del material: Cromo trivalente (Cromo metálico).
- Proceso de deposición: Electrolisis.
- Proceso de manufactura previo: Rectificado.
- Proceso de manufactura posterior: Pulido.

- Grosor de la capa: 25  $\mu\text{m}$ .
- Rugosidad después del rectificado (Ra): 3.5  $\mu\text{m}$  – 0.3 $\mu\text{m}$ .
- Rugosidad después del pulido (Ra): 0.15  $\mu\text{m}$  – 0.05  $\mu\text{m}$

- **Criticidad del eje dentro del amortiguador.**

Fue de lógica observar que el buen funcionamiento que ejecuta el eje dentro del amortiguador depende de su constante ciclo, en donde este cambia de posición, provocando la constante fricción de la bocina con la “Zona de trabajo” del eje, cuando se efectúa la acción de tracción y compresión del amortiguador.

Donde analizar los efectos de esta fricción es muy importante para notar las consecuencias que esta provoca en el eje, conociendo previamente de que en el normal funcionamiento del amortiguador la variable que afecta más al eje es la fricción. Es por eso que para interpretar la fricción como fenómeno, debemos utilizar como característica primordial a la rugosidad percibida en la superficie de contacto del eje.

- **Rugosidad en la superficie del eje.**

Según las normas COVENIN 3100: 1997 y COVENIN 914:1997, la rugosidad (media geométrica) que debe tener este en la zona de trabajo, se ubica entre el intervalo de 0.051Ra  $\mu\text{m}$  – 0.152 Ra  $\mu\text{m}$ , y utilizándolo como punto de referencia es que pudo sacar ciertas conclusiones lógicas, con el fin de completar el estudio y terminar con un buen diagnóstico de la situación. Conclusiones que pudieron muy bien salir de incógnitas como; ¿En que afecta la rugosidad en la capa de Cromo, al funcionamiento del amortiguador?

Existen dos casos extremos que se puede decir que afecta el comportamiento del amortiguador y le pueden dar un giro muy importante con respecto a las pautas que se establecieron al principio del diseño, una de ellas es una rugosidad excesiva con respecto a la norma, ya que si tenemos valores mayores a 0.152 Ra  $\mu\text{m}$  podemos dar nacimiento a la existencia de fenómenos en sus componentes, provocados por su movimiento dado, tales como, desgaste excesivo en la bocina, desgaste en la estopera, mayor coeficiente de fricción entre los componentes y un mayor gradiente

de temperatura generado en cada ciclo. Contrapuesto a este, está el caso en que la rugosidad sea pobre, teniendo valores menores a  $0.051R_a \mu\text{m}$ , afectando también al funcionamiento del amortiguador, y aunque a simple vista no acelera el deterioro de sus componentes, el hecho de que no exista la suficiente rugosidad puede ser fatal.

Cuando se dice que este hecho es fatal, es porque la rugosidad en el eje del amortiguador es necesario, ya que si se ve muy reducida, por los muchos ciclos de movimiento que este realiza, se llegará a un momento donde se podrá percibir fuga del fluido hidráulico a través de la estopera, y esto no sería provocado por el estado de la estopera, si no, que se pudo observar la rugosidad que pueda presentar la superficie del eje es proporcional con la adherencia que tiene el fluido con este. Es donde se pudo concluir que la adherencia que pueda tener el eje es muy importante para un amortiguador, ya que una reducida rugosidad, provoca una superficie tan pulida que el hecho de que el aceite hidráulico pase entre la tolerancia que se tiene entre el eje y la estopera se hace fácil, concluyendo con una fuga de aceite en el amortiguador y un funcionamiento ineficiente.

Conociendo la medida de rugosidad correspondiente que debe tener un eje de amortiguador, se supone que la medida más indicada es de  $1 R_a \mu\text{m}$  y todo dato muy por debajo de esa cifra, se concretó que es resultado de un prolongado desgaste en el eje, resultado de los ciclos de movimiento del amortiguador, que reduce material y por lo tanto genera un pulido en la superficie. Es entonces que a través de la diferencia de  $R_a$ , se sabe que tanta rugosidad ha perdido y que tan agresivas han sido las condiciones en la que el desgaste continuo ha afectado al eje, ya que es una realidad de la cual no podemos huir y que es un factor a considerar si se realizará una reconstrucción.

- **Estudio de las características de superficie del eje.**

Cabe destacar que para tomar en cuenta la rugosidad del eje como una característica crítica del amortiguador y concretar en demostrar con experiencia propia los efectos del desgaste al cambiar a esta en el funcionamiento, tuvimos la iniciativa de realizar ciertas pruebas a una cantidad de ejes de amortiguadores (Ver

figura 12). Donde con el uso de ciertas herramientas, nosotros los autores pudimos realizar las siguientes pruebas al eje.



**Figura 12:** Ejes para analisis de rugosidad.  
Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

- **Análisis de rugosidad: Eje de amortiguador Hyundai Accent (Reconstruido) y Eje de amortiguador Cross Fox (Sin reconstruir).**

Donde resulta de la realización del análisis de rugosidad de la superficie exterior del eje, que en este caso se puede conocer como la capa de Cromo (cromado) de este. Se hace uso de la herramienta Mitutoyo SJ-201 para el estudio (Ver figura 13), el cual como función principal realiza un barrido a través de una longitud indicada, haciendo uso de un palpador y así obtiene los datos de la medición de 5 puntos, los procesa, saca un promedio y arroja el valor de la rugosidad de la superficie. Es así como este proceso lo ejecutamos en varios puntos específicos del eje del amortiguador, a la largo de toda su longitud y a través de todo su perímetro, con lo cual se utiliza para plasmarlos en la siguiente tabla (Ver tabla 12).



**Figura 13:** Analisis de rugosidad con Mitutoyo SJ-201.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 12.** Datos resultantes del analisis de rugosidad con Mitutoyo SJ-201

|                       | Medidas de rugosidad ( $R_a$ $\mu\text{m}$ ) de la superficie del eje |                                    |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|                       | Reconstruido  | Sin reconstruido                   |
| Zona media superior   | 0.08, 0.07, 0.09, 0.09, 0.08  | 0.11, 0.12, 0.11, 0.14, 0.16       |
| Zona critica inferior | 0.05, 0.04, 0.05  | 0.09, 0.08, 0.1                    |
|                       | 0.02, 0.01, 0.03, 0.02, (0.22), (0.54),                               | 0.05, 0.06, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 |
|                       | 0.03, 0.04, 0.04  | 0.07, 0.06, 0.08                   |
| Zona media inferior   | 0.06, 0.05, 0.04, 0.05, 0.07  | 0.13, 0.1, 0.09, 0.14, 0.08        |
| Zona sin desgaste     | <b>Sin muestra</b>  | <b>Sin muestra</b>                 |
| Pistón                |   |                                    |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

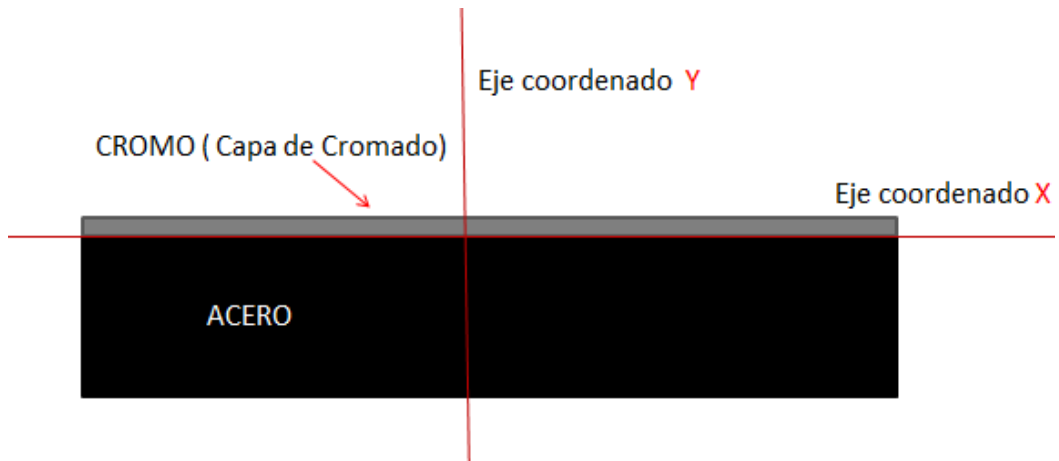
- **Análisis de perfilometría del eje.**

También se ejecuta para el complemento de toda información pertinente y necesaria, otra prueba que aporta la noción suficiente para completar el análisis de la magnitud de criticidad que pueda tener el eje. Es así como en este trabajo se detalla parte a parte lo que se hace en la prueba siguiente, para introducir en un mayor contexto a los lectores y hacer ver desde otra perspectiva el desgaste como una consecuencia que se produce por el uso normal del amortiguador.

Se procede a realizar la perfilometría en primera instancia, utilizando la colaboración de las instalaciones del laboratorio de perfilometría de la Universidad José Antonio Paéz y del director de la escuela de Ingeniería Mecánica, donde se pudo observar la naturaleza de las consecuencias del desgaste en el eje, provocado por el constante movimiento de este (Ver figura 14). Donde al colocar el eje en el perfilometro y centrarlo con los coordenados de referencia, se pudo observar la diferencia de materiales entre el acero y la cubierta de Cromo (cromado) visualmente, mediante la diferencia de colores que se puede observar fácilmente, ya que uno de los materiales refleja los rayos de luz más que el otro. La figura a continuación plasma una aproximación de lo observado de la imagen de perfil del eje (Ver figura 15).

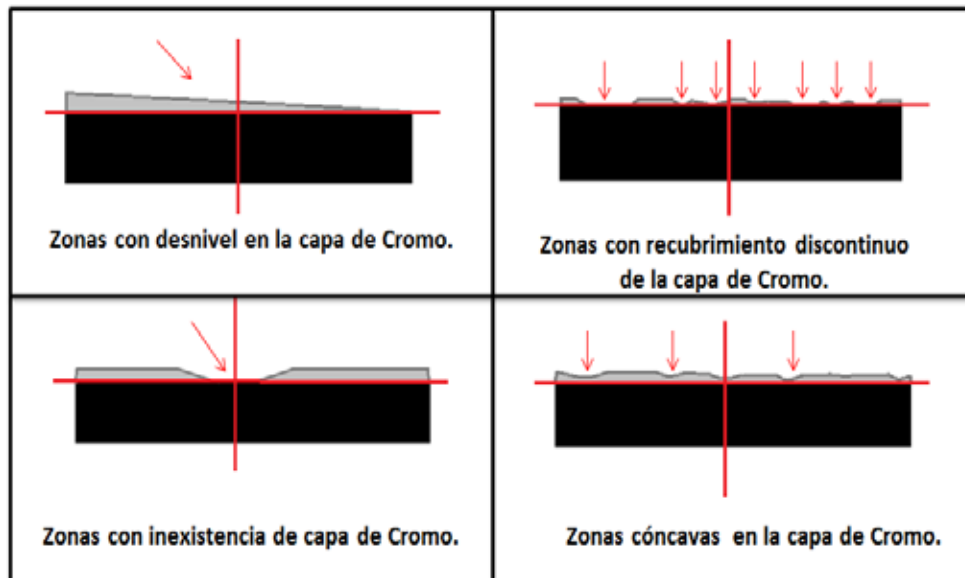


**Figura 14:** Vista del análisis perfilométrico de un eje  
Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)



**Figura 15:** Composición del análisis perfilometro de un eje  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Ya al conocer la forma de diferenciar los materiales en el perfilómetro, se procede con la observación de las discontinuidades en la superficie del eje a lo largo de toda su longitud. Al tener la imagen del eje en el perfilometro, utilizando el eje coordenado “x” como sistema de guía, o comparación horizontal a lo largo de toda la longitud, se pueden observar discontinuidades evidenciando que el desgaste en el eje del amortiguador no es uniforme, ya que en algunas localizaciones la capa de Cromo se aprecia más delgada, dejando expuesto el acero y presentando estos casos de discontinuidad (Ver figura 16).



**Figura 16:** Tipos de irregularidades en la capa de Cromo, observadas en la perfilometria de un eje.  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020).

- **Prueba de Perfilometria #1: Eje de amortiguador Hyundai Accent (Reconstruido)**

Perfilometria en la zona más crítica (zona con poca capa de Cromo, mayor desgaste y quemado, o en la mitad de la carrera del eje): Se puede observar ondulaciones en el perfil, desnivel, algunas zonas cóncavas de alcance considerable y la capa de cromo era muy delgada, presentando que en algunas zonas no había Cromo llegando así a apreciarse el acero. Con respecto al eje de referencia se observa muchas discontinuidades en la cobertura de Cromo presentando similitud a una “montaña rusa” en su longitud. Seguidamente en la prueba a la zona menos crítica (zona con capa de cromado más gruesa, menos ralladuras o parte superior e inferior de la carrera del eje): Se puede observar que la capa de Cromo es un poco más gruesa, las zonas con discontinuidades no eran tan agudas, las zonas cóncavas no tenían altas pendientes (mas rectas), por lo tanto el acero no presentaba indicios de estar descubiertos y una capa de Cromo más nivelada.

- **Prueba de Perfilometria #2: Eje de amortiguador Cross Fox (Sin reconstruir)**

Perfilometria en la zona más crítica (zona con poca capa de Cromo, mayor desgaste y “quemado”, o en la mitad de la carrera del eje): Se observa discontinuidades no tan severas, zonas cóncavas más sutiles, menos frecuencia en la existencia de discontinuidades, el grosor de la capa de Cromo presenta desgaste pero a criterio es un poco más aceptable con respecto a la protección que pueda brindar al acero. Seguidamente en la prueba a la zona menos critica (zona con capa de Cromo más gruesa, menos ralladuras o parte superior e inferior de la carrera del eje): Se observa en la capa de Cromo, que a pesar de que se presenciaba desgaste, este era mínimo, ya que tenía un grosor muy aceptable y quedaba material suficiente para proteger el acero por cierto tiempo sin sufrir delgadez en su capa. Fueron estos datos los que posteriormente se utilizan, para la realización de la tabla de diferencias en la perfilometria del eje, entre un amortiguador reconstruido y uno sin reconstruir (Ver tabla 13).

**Tabla 13.** Diferencias en la perfilometría de ejes de amortiguadores.

| <b>Diferencias en la Perfilometría del Eje</b>   |  |
|--|--|
| <b>Reconstruido</b>  | <b>Sin reconstruir</b>   |
| <p><b>Zona crítica (media):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delgadez excesiva en la capa de Cromo.</li> <li>• Zonas con desnivel.</li> <li>• Zonas cóncavas con alta frecuencia y altas pendientes.</li> <li>• Zonas con inexistencia de capa de Cromo.</li> <li>• Espacios de tamaño moderado en donde el acero esta expuesto.</li> </ul>  | <p><b>Zona crítica (media):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delgadez moderada en la capa de Cromo.</li> <li>• Zonas con desnivel con grado de inclinación pequeño.</li> <li>• Zonas cóncavas con baja frecuencia y pendientes muy bajas.</li> <li>• Zonas con existencia de capa de Cromo poco preocupante.</li> <li>• El acero tiene el recubrimiento continuo.</li> </ul> |
| <p><b>Zona menos crítica ( extremos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delgadez moderada en la capa de Cromo.</li> <li>• Zona con desnivel con grado de inclinación medio.</li> <li>• Zonas cóncavas con frecuencia media y pendientes bajas.</li> <li>• Zonas con existencia de capa Cromo pero de naturaleza preocupante.</li> <li>• El acero tiene el recubrimiento discontinuo.</li> </ul> | <p><b>Zona menos crítica ( extremos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delgadez no apreciable en la capa de Cromo,</li> <li>• Desnivel muy mínimo, casi imperceptible.</li> <li>• Zonas cóncavas inexistentes.</li> <li>• Preocupación nula en la cantidad de capa de Cromo.</li> <li>• El acero con suficiente recubrimiento para futuros desgaste.</li> </ul>              |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

· **Análisis del desgaste en la superficie del eje.**

Se prosigue en el análisis con el hecho de afrontar situaciones como los diversos efectos del desgaste, que se pueden encontrar en las diferentes localizaciones del eje. Entonces se puede encontrar las características que las muestras permitieron, con lo cual procedimos a plasmarlas a continuación:

Observando que el desgaste es más severo en la mitad de la carrera del eje, evidenciado por ciertas características, empezando por la rugosidad que específicamente en ese punto se ve mucho más reducida que en los extremos, discontinuidades en la capa de Cromo, inexistencia de la capa de cromo, en algunos casos ralladuras y ciertos signos de coloración oscura en la capa de Cromo. Provocadas por aspectos como:

Zona que se desgasta más, por ser la zona concurrida en el efecto de fricción de la bocina, por el recorrido cíclico del amortiguador.

Zona en la que se encuentra la mayor acumulación de burbujas formadas por la cavitación, la cual explotan y generan un esfuerzo en la superficie de la capa del Cromo, generando desgaste.

Zona en la que se presenta mayor cantidad de esfuerzo lateral y con un poco más de frecuencia que en los otros puntos, provocando como resultado fatiga.

En los extremos el desgaste de la superficie es pequeño, siendo corroborado por la muestra de perfilometría y la de rugosidad, se percata que en estas zonas se aprecia una capa de Cromo continua, no presenta delgadez excesiva, ni discontinuidades provocadas por los fenómenos anteriormente mencionados y tampoco muestra un gradiente de reducción de rugosidad alto. Sin embargo el extremo de carrera inferior muestra características que evidencian que existe un poco más de desgaste en este, que en la parte superior.

Con respecto a las comparaciones del efecto del desgaste entre un amortiguador reconstruido y uno sin reconstruir, se detallan datos reveladores a considerar con respecto a la naturaleza de la investigación. En cuestión se aprecia muy fácilmente que el eje del amortiguador reconstruido tiene desgaste muy avanzado en comparación con el del amortiguador sin reconstruir, debido a que se observaron los siguientes aspectos:

- En el eje del amortiguador reconstruido, se observó que la diferencia de rugosidad entre la medida en el eje y la exigida por la norma es muy alta, hasta llegar en algunas localizaciones a tener una falta de rugosidad tan alta, que la que tiene todavía la capa de Cromo no es suficiente para llegar a la mínima, que es la de  $0.051R_a \mu\text{m}$ , lo que lleva a observar en la vista de perfil mayor presencia de fenómenos como la discontinuidad.

Esta característica se presenta a lo largo de la mayoría de la longitud del eje, pero con existencia de mucha variación en las mediciones, donde diferentes rugosidades hacen presencia, por lo tanto demuestra la severidad del desgaste.

Además se puede observar datos muy diferentes a los conseguidos en todas las mediciones, datos como los de 0.22 Ra  $\mu\text{m}$  y 0.54 Ra  $\mu\text{m}$  que son de mucha rugosidad, considerándose superficie abrasiva comparada a la norma, por lo que puede ser resultado de un comportamiento o fenómeno fuera de lo común provocados por ciertas causas como:

Falta de aceite en las cámaras de compresión y tracción. Por lo tanto el eje, al realizar su recorrido natural no lleva consigo una cantidad suficiente de aceite y la película que debería formarse entre el eje y la bocina es deficiente, acelerando así el proceso de desgaste en el uso.

Fluido hidráulico con una naturaleza contaminada donde se puede conseguir en su composición partículas de suciedad, tales como el polvo. Entonces estas partículas pueden entrar en la película de lubricación y generar una mayor fricción aumentando el desgaste,

Uso del amortiguador bajo condiciones en donde el eje se maneja en situaciones deficientes, como un sistema de suspensión dañado o una sujeción del amortiguador no apta, según los estándares. Todas estas durante un tiempo prolongado, obteniendo consecuencias de los esfuerzos laterales provocados.

Antagónicamente la medición del eje del amortiguador sin reconstruir, arrojó datos muy acercados a los exigidos por las normas COVENIN en la mayoría de toda la longitud del eje, eran pocas las zonas que resultaban por debajo del 1 Ra  $\mu\text{m}$  y si ese era el caso, lograban cumplir las exigencias mínimas de rugosidad que recomienda la norma para el uso del amortiguador en el eje. La discontinuidades en la vista del perfil del cromado no son frecuentes por lo tanto se observa integro en el aspecto visual. Concluyendo así que el desgaste en la superficie es continuo y resultante de funcionamiento mecánico dentro de las condiciones iniciales con la cual se diseñó el amortiguador.

Es así como de todos los aspectos mencionados en esta área se puede concluir y así afirmar utilizando como base, todos los datos obtenidos de las pruebas y los análisis realizados sobre esta situación que viven el eje de los amortiguadores de vehículos livianos, lo que además de ofrecer una vista concreta de las causas, consecuencias, comportamiento, distribución y fenomenología, también ayuda para realizar un buen criterio de como juzgar la naturaleza del eje y así utilizarlo para implementar una buena reconstrucción del amortiguador, teniendo en cuenta todos los detalles críticos.

Detalles que aplicándolos al uso rutinario de esta pieza automotriz podemos afrontar en este trabajo de investigación, la decisión de proveer la recomendación de considerar que, todo amortiguador que haya sido reconstruido previamente no es apto para que se le aplique una nueva reconstrucción, ya que no provee las condiciones más adecuadas para aplicársele y si ese fuera el caso, no se obtendría una reconstrucción eficiente y duradera del amortiguador. Esto es resultado de que solo considerando el fenómeno del desgaste, se puede observar muchas consecuencias provenientes de ese efecto, que es imposible prevenirlo y por lo tanto independientemente del método de reconstrucción, el eje tiene cierto desgaste irremediable, reducción de rugosidad y tolerancia excesiva con la bocina, lo que conlleva a condiciones que pueden traer las consecuencias que mencionaremos más adelante.

#### **4.2.2 Caracterización de la estopera. (Sello superior)**

- **Función de la estopera dentro del amortiguador.**

No está de más decir que la función de la estopera en el amortiguador es muy importante para su buen funcionamiento, destacando que la función primordial y por la cual se diseñó en un principio es la de mantener la hermeticidad del sistema mientras el eje ejecuta su ciclo en un gran número de veces (Ver figura 17). Además de mantener la hermeticidad permite que exista una delgada película de fluido lubricante, para mantener un bajo coeficiente de fricción entre el eje y sus partes, pero sin permitir la inclusión de partículas contaminantes que puedan entorpecer el

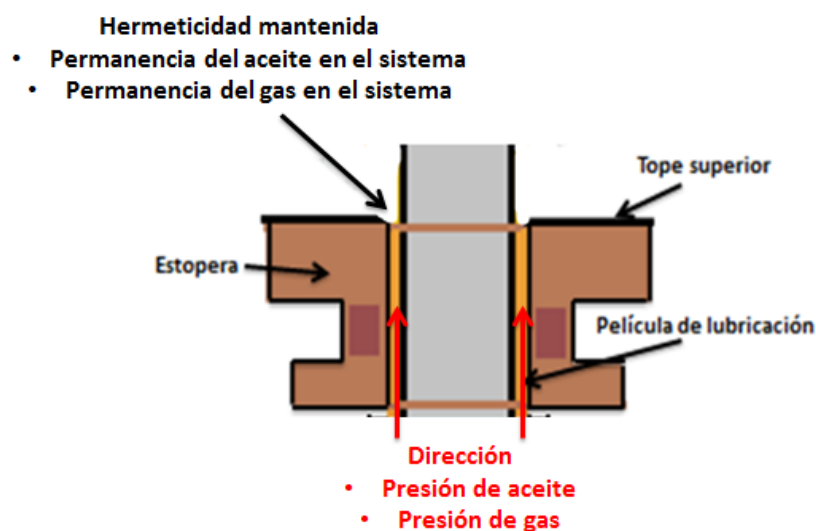
funcionamiento al estar estrictamente fabricadas para que no exista diferencia entre la medida del eje y la medida interna de la estopera, protegiendo el sistema.



**Figura 17:** Estopera del amortiguador.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Considerando este componente del amortiguador, como uno de los puntos críticos del sistema debido que en este es donde se observan las primeras señales de avería y se encarga muy estrictamente de prevenir las fugas de aceite que puedan existir al formar la película de lubricación del eje para su movimiento, las cuales son muy perjudiciales para el desempeño del amortiguador en su función de controlar y absorber la energía que se presentan en el automóvil, representadas algunas a continuación (Ver figura 18).



**Figura 18:** Funciones de la estopera del amortiguador.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Apreciando así, el hecho de que en esta necesidad de operación, se necesita un material elástico el cual pueda permitir el movimiento libre del eje del amortiguador y en ese caso no sea afectada ninguna de sus propiedades, aun así más importante mantener la hermeticidad. Teniendo en cuenta que la condición constante, es tal que siempre estará en un medio húmedo y expuesto al aumento de temperatura, resultado del contacto con el aceite incluido dentro del sistema, necesitando un material como el **NITRILO**, excelente para la mayoría de aceites y grasas, recomendado en la industria para su uso en empaques o bridas que contacten aceites, grasas o productos químicos diversos medianamente corrosivos, utilizado muy frecuentemente también en estopero, en este caso del amortiguador.

Sin olvidar mencionar que puede existir una variedad de medida en estas estopero, ya que existen diferentes modelos de amortiguador en donde el diámetro del eje cambia y por lo tanto afecta las medidas de fabricación de las estopero, para así adaptarlas a las condiciones de diseño del amortiguador. Donde a pesar de la diferencia, los efectos del funcionamiento del amortiguador en estos son los mismos, cuando hablamos de factores de funcionamiento como temperatura, presión, fricción, etc.

- **Criticidad de la estopero dentro del amortiguador.**

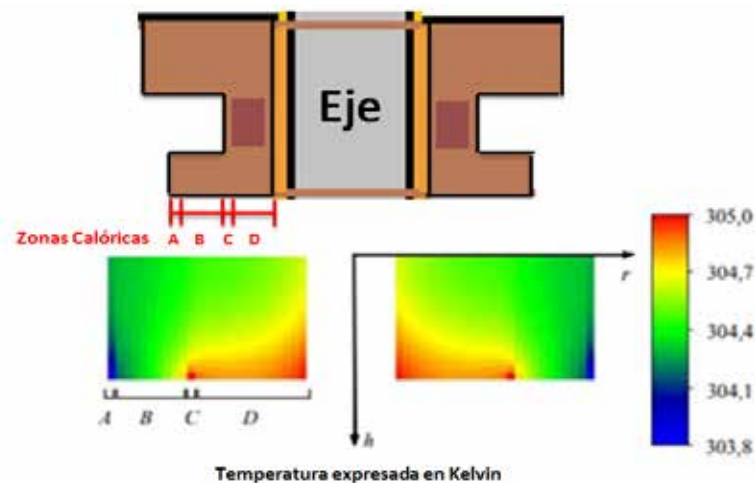
Para estudiar la criticidad de la estopero dentro del amortiguador necesitamos estudiar los efectos que pueden influir en esta parte, esos efectos son variables de constante existencia, mencionadas anteriormente, donde es importante saber los efectos de estos en un componente como lo es el amortiguador. Además de ser una parte altamente susceptible, ya que percibimos que es la que más avería presenta y provoca fallas en la funcionalidad, la cual también detallamos.

- **Efectos de la Temperatura en la estopero.**

Teniendo en cuenta que la forma de transferencia de calor que se percibe en esta situación, es la transferencia por conducción ya que tenemos medios de conducción como el aceite, y la estructura de la tapa superior. La cual está encargada de unir las partes del amortiguador y contiene también a la estopero, es

por eso que se utilizó una figura con un mapa del perfil de temperaturas obtenido para la tapa superior del amortiguador, resultado de análisis bibliográfico y así se entendió los diferentes valores de temperatura para diferentes zonas de la estopera (Ver figura 19), para después utilizar en el análisis.

En la zona del diámetro interior se produce un contacto “directo” con el vástago, por lo que la transferencia de calor de los elementos afectados se produce puramente por conducción. La zona inferior de la figura es la más interesante de analizar, por lo que se han detallado cuatro zonas de interés, las cuales se comentan a continuación



**Figura 19:** Perfil de temperaturas en la estopera.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

- La zona A se encuentra en contacto con la parte superior del tubo exterior del amortiguador, el cual aloja, parcialmente, el gas. Como la zona del tubo exterior donde se aloja el gas es la que se encuentra a menor temperatura, es esperable una transferencia de calor por conducción con las partes adyacentes, por lo que es comprensible que la zona tratada sea la más fría de todas.
- En zona B sucede algo similar. Debido a la poca transferencia de calor existente entre el gas de la cámara de reserva, el incremento de

temperatura de dicha zona se produce como consecuencia de la conducción con las zonas adyacentes, por lo que es esperable que no sea una zona caliente del amortiguador.

- La zona C se encuentra en contacto con el tubo interior del amortiguador, el cual es el encargado de separar el fluido de trabajo de la cámara de reserva. Habida cuenta que la temperatura del aceite es elevada, se producirá una transferencia de calor desde el fluido hasta el tubo interior. Posteriormente, la energía cedida por el fluido al tubo interior se transmitirá por conducción hacia el sello superior y, como consecuencia, la temperatura en esta zona es previsible que sea alta, efecto que se ha podido observar en la figura anterior.
- A partir de la explicación anterior, se comprende fácilmente que la zona D sea la de mayor temperatura, pues se encuentra en contacto directo con el fluido de trabajo de la cámara de tracción.

Sabiendo ya cómo se distribuye el calor a través de toda la superficie de la estopera se puede proseguir con el análisis e interpretarlos en conjunto con las propiedades que provee este tipo de materiales. Obteniendo una conclusión a una pregunta que nos hicimos al principio, que es la siguiente, ¿Afecta directamente la temperatura del amortiguador a la estructura de la estopera?

**Tabla 14 .** Propiedades de asociados al grupo de los Nitrilos.

| <b>Resistencia<br/>a la<br/>tensión</b> | <b>Elongación<br/>Mínima %</b> | <b>Dureza<br/>Shore<br/>“A”</b> | <b>Rango de<br/>Temperatura</b> |
|---|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>500 PSI</b>                          | <b>400%</b>                    | <b>60-65</b>                    | <b>-25°C a 105°C</b>            |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Luego de observar estas propiedades de materiales asociados con el grupo de nitrilo (Ver tabla 14), se percata que el intervalo de temperatura en el cual puede

manejarse los nitrilos sin sufrir algún cambio instantáneo, son muy flexibles. Donde el punto que más puede llamar la atención es que posee un alto punto de ebullición por lo tanto es resistente a la temperatura y en el caso del amortiguador no sufriría ningún cambio. De acuerdo a los datos de temperatura mostrados antes, la estopera llega a un máximo 35°C, por lo tanto no se acerca ni un poco a la temperatura de 105°C de ebullición.

Es entonces que se asume el hecho de que pueden existir otros factores que pueden afectar el deterioro de la estopera, considerando que está en un ambiente en donde las condiciones no son las más adecuadas y se encuentran otras sustancia que puedan influir en el proceso. Es por eso que a continuación se muestra la comparación del nitrilo como material y como es su respuesta a diferentes sustancias o entornos.

**Tabla 15.** Comportamiento de los materiales a distintos agentes.

| Materiales            | Ácidos diluidos | Agente oxidante | Álcalis  | Aceite mineral y grasas | Agua y anticongelantes | Intemperie y ozono |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| Poliisopropeno        | G               | P               | F        | P                       | G                      | F                  |
| Cloropreno            | G               | P               | G        | G                       | F                      | E                  |
| <b>Nitrilo</b>        | <b>G</b>        | <b>P</b>        | <b>E</b> | <b>E</b>                | <b>E</b>               | <b>F</b>           |
| Estireno<br>Butadieno | G               | P               | P        | G                       | G                      | F                  |
| Caucho<br>Silicona    | -               | -               | G        | F                       | F                      | E                  |

**Leyenda:** E = excelente; G = Buena; F = razonable; P = poca

Fuente. M. G. Fontana y N. D. Greene (1978).

Gracias a esta comparativa (ver tabla 15) se conoce lo tan acertado que es la utilización del nitrilo, razón de que ofrece buenas repuesta para la mayoría de los entornos que puedan afectar al amortiguador, exceptuando a los agentes oxidantes y la intemperie y ozono, factores considerados como parte del envejecimiento a largo plazo.

- **Envejecimiento a largo plazo de la estopera.**

Ya que la temperatura no afecta instantáneamente la integridad de la estopera, se deduce que se ve afectada a largo plazo por el efecto del envejecimiento que conlleva después de tener un componente a distintos entornos, que de forma instantánea no perjudica, pero es el tiempo de operación con estas características las que hacen la diferencia. Se manifiesta por cambios de aspecto (color, craqueo de la superficie, etc) y/o cambios en las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la tracción, módulo, etc) que pueden hacer que el artículo no sea apto para la función para la cual fue diseñada y se requiera su reemplazo.

- **Factores que afectan en el envejecimiento.**

El calor que se puede presenciar en esta parte, es un factor que al estar presente constantemente en esta situación afecta el envejecimiento y también puede acelerar las consecuencias. Así como la velocidad de las reacciones químicas normalmente aumenta con la temperatura, las reacciones del envejecimiento también lo hacen, más aun en este caso que recibe fuente de calor externa del ambiente y sometido a deformaciones repetidas que generan calor por histéresis. Acelerando los efectos de envejecimiento que mencionaremos a continuación.

- **Envejecimiento por acción del oxígeno.**

El oxígeno es siempre un factor que se entiende como detonante primordial para la corrosión de un material, en este caso la corrosión no es tan agresiva por no referirse de un material metálico, pero existen otras razones que pueden precipitar al oxígeno como agente corrosivo y detonante del envejecimiento de la estopera.

Con respecto a esta condición se debe considerar que la estopera tiene como función proteger al amortiguador de la intemperie por lo tanto, una parte de su estructura está expuesta al ambiente, durante todo el tiempo útil del amortiguador, recibiendo el oxígeno que siempre está presente en el entorno, ligado también con sustancias contaminantes como polvo, suciedad, además agua y humedad, que contienen oxígeno por naturaleza. Siendo fielmente receptor de todo ese oxígeno que procede de un ambiente tan contaminante como la parte inferior de un vehículo.

Sin embargo se comenta que como resultado del ataque de la integridad del material por parte del oxígeno, puede predominar la formación de nuevos entrecruzamientos en su estructura atómica con lo que los artículos se vuelven rígida y quebradiza. En cambio si lo que predominan son las reacciones de ruptura de las cadenas, el artículo se vuelve blando y hasta pegajoso. Provocando una clase de fatiga por temperatura, deformando el material a largo plazo y desgastándolo en una forma en la que pueda perjudicar el diseño.

- **Envejecimiento por acción del ozono.**

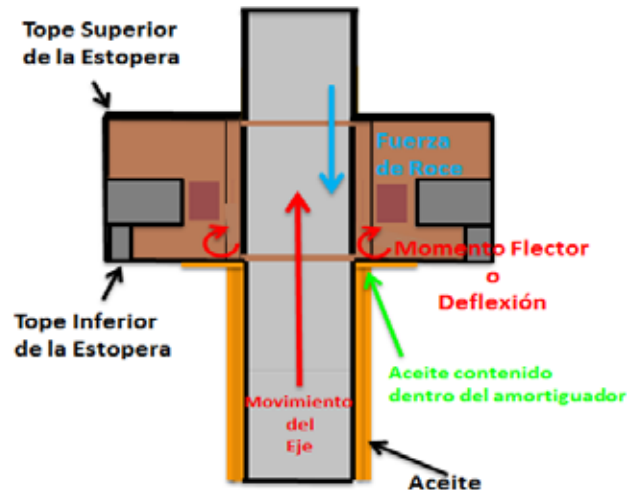
Es el ozono (O<sub>3</sub>) un componente al cual se tiene en el ambiente y que se encuentra con más regularidad en las vías de tránsito, ya que se forma en la atmósfera por acción de descargas eléctricas y/o radiación UV. Si bien el porcentaje de ozono en el aire es muy bajo, su excepcional reactividad hace que su efecto se note a través de la formación de grietas típicas. Estas grietas se propagan en dirección perpendicular a la del esfuerzo de tracción o flexión y se profundizan a medida que progresa el ataque por ozono. Es muy importante saber qué zonas de la estopera están sometidas a deformación (estática o dinámica), ya que en dichas zonas se concentrará el ataque del O<sub>3</sub> y la misma deformación ayuda a exponer (al crecer las grietas) nuevas zonas susceptible de ser atacadas.

- **Envejecimiento por fatiga.**

La presencia de una fuerza de roce es la que ocasiona un efecto de fatiga en el material elástico de la estopera, fatiga que no se aprecia instantáneamente pero el movimiento cíclico del eje del amortiguador, realizado incontable de veces lo provoca. Esta fuerza de fricción es necesaria ya que de cierto modo es la que permite mantener al aceite dentro del amortiguador al oponerse al paso de este, funcionando el proceso como la muestra la figura siguiente (Ver figura 20).

Este tipo de envejecimiento se hace visible por la aparición de grietas, que crecen con el tiempo de uso del producto llegando en el extremo a inutilizarlo. Los dos mecanismos básicos de crecimiento de grietas son:

- a) Crecimiento mecánico-oxidativo atribuible a la ruptura mecánica en el extremo de una grieta, la cual está considerablemente exaltada por la presencia de O<sub>2</sub>.
- b) Crecimiento por ozono debido a una ruptura química.



**Figura 20:** Ilustración de la fuerza de roce en la estopera.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Después de entender un poco más el proceso especificado en la figura anterior, se conoce que existe una fuerza de fricción entre la estopera y el eje, la cual puede ser despreciable, ya que la fuerza que emplea el eje al realizar su movimiento es mucho mayor, provocando que la estopera realice un movimiento leve para ajustarse al movimiento del eje. Aunque la fuerza de roce no es comparable con la del eje, es esta fuerza de roce es suficiente para detener el paso del aceite y no permitir fugas de este al exterior del amortiguador, ayudada con una buena viscosidad del aceite y la rugosidad indicada que debe tener la superficie del eje, cuando esta no puede excederse ya que se convertiría en una superficie abrasiva, perjudicando la integridad de la estopera.

Lo que conlleva a que se tome esa simple acotación mencionada antes, la cual es que la estopera se ajusta al movimiento del eje, deduciendo que ese pequeño movimiento genera un momento flector en la estructura de la estopera, que por muy pequeño que sea, puede ser considerado como componente de la fatiga a largo tiempo o envejecimiento por fatiga de la estructura de la estopera. Este momento

flector se genera en las dos direcciones del eje, cuando este ejecuta la acción de compresión y de tracción, en una cantidad sumamente numerosa cuando se refiere a ciclos. Por lo cual como resultado de esta fatiga se cambia su forma inicial, pero no tiende a romperse por su gran módulo de elasticidad, pero si a deformarse, dilatándose de forma irremediable y aumentar el diámetro de la estopera, provocando fallas que se mencionaran.

- **Análisis del envejecimiento en la estopera.**

Utilizando en esta parte del análisis, los mismos amortiguadores observados antes para el estudio del eje, se nota los efectos y consecuencias del envejecimiento en la estopera y como se perciben cuando son parte de un sistema. Resaltando que todos los amortiguadores estudiados tiene un tiempo de utilización avanzado, por lo tanto se observa los efectos del envejecimiento muy claramente, por lo cual se expondrán a continuación, para su posterior utilización en el entendimiento de este componente tan importante.

Al desarmar los amortiguadores y analizar de forma individual cuales eran las características que mostraban la estoperas después de ser víctimas del envejecimiento, mediante la observación directa se pudo notar las siguientes características (Ver figura):

- Evidentes signos de envejecimiento en el material, degradación de la estopera por temperatura constante durante largo tiempo
- Aumento del diámetro de la estopera, resultado de la dilatación por envejecimiento.
- Alta rigidez, ofreciendo poca elasticidad para adaptarse al movimiento del eje y mantener la hermeticidad.
- Grietas en su estructura, distribuidas alrededor de toda su circunferencia.
- Perdida de material, provocado por contacto abrasivo del eje y envejecimiento.

- Cambio de coloración, tornándose más opaca.
- Ausencia de fuerza de roce, fácil desplazamiento del eje a través de la estopera sin recibir ninguna clase de resistencia.
- Deformaciones en su estructura, evidenciando cambio de formas. En ciertas zonas mostrando aspectos de derretimiento en la estopera.



**Figura 21:** Analisis visual del envejecimiento en la estopera.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

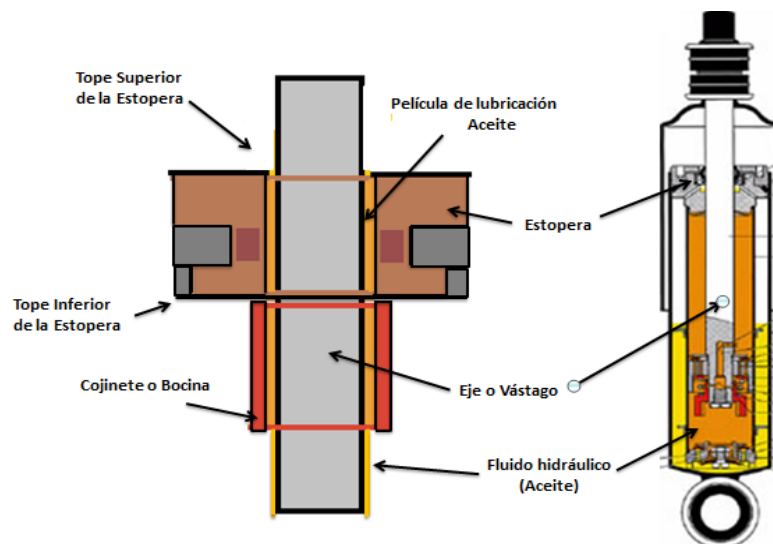
Cabe destacar que la imagen mostrada antes resalta la situación de una estopera de un amortiguador con tiempo alto de uso, pero con respecto a otro caso que era el de la estopera de un amortiguador que había sido reconstruido anteriormente. Para sorpresa la estopera de estos amortiguadores se encontraban en un estado de degradación sumamente adelantado, al parecer las condiciones son tan agresivas como para provocar la destrucción por completa de este componente, permitiendo el paso de agentes contaminantes del exterior y pérdida del fluido hidráulico. Se deduce que estas estoperas al realizarse la reconstrucción de este amortiguador, no fueron reemplazadas, exponiéndolas a una sobre utilización

después de haber sufrido los efectos normales de envejecimiento, exponiendo las partes del amortiguador.

#### 4.2.3 Caracterización del fluido hidráulico (Aceite).

- **Función del aceite dentro del amortiguador.**

El uso y función del aceite en el amortiguador está muy subestimado, este fluido es muy importante y fundamental puesto que este realiza desde la lubricación de los componentes que intervienen en todo el amortiguador, hasta absorber la energía necesaria que se puede generar en el momento de compresión o tracción del vástago. Afirmando que las funciones del aceite del amortiguador son muy importantes, donde una de estas es la absorción de energía, ya que las válvulas reguladoras de flujo lo utilizan como herramienta, para que cuando este trabaje a través de ellas y disminuya la presión realice el proceso de suspensión más suave, explicado de forma teórica anteriormente e ilustrado en una figura a continuación (Ver figura 22).



**Figura 22:** Presencia del aceite dentro del amortiguador.  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Entonces si este fluido hidráulico no se encuentra en las condiciones especificadas por los fabricantes, que son las más apropiadas para suministrar las propiedades suficiente de sí mismo, no se puede tener una absorción de la energía eficiente provocando una suspensión no tan cómoda para los usuarios del automóvil, donde también en el sistema es igual de importante el factor de la lubricación, ya que protege el sistema a un desgaste acelerado por tener un coeficiente de roce alto.

Es por eso que se necesita un fluido hidráulico que este diseñado para circuitos muy exigentes como lo es el del amortiguador y así no perder ciertas propiedades al pasar gran cantidad de ciclos de ejecución como los tiene el amortiguador. Con relación a lo mencionado, el fluido hidráulico utilizado más comúnmente para esta situación es el aceite **ISO 68 Cst**, por ser un fluido hidráulico de gran calidad y ofrecer unas buenas características de durabilidad en un tipo de uso como es el del sistema, cubriendo necesidades como lo son la viscosidad, densidad, costos, protección y resistencia térmica.

Siendo un aceite con tal alta calidad y propiedades, es muy difícil conseguir aspectos que puedan afectar instantáneamente la integridad del aceite y en tal caso que se encuentre sería estando el amortiguador en malas condiciones. Entonces esta característica abre la ventana a que se estudie la criticidad de este componente de una manera diferente, una manera de aproximación de los casos que pudieran presentarse, causas y consecuencias a verse en el sistema.

- **Características del aceite ISO 68 cSt.**
- Apariencia a Temperatura Ambiente: Brillante
- Color ASTM 1500: 2.0
- Viscosidad Cinemática a 40 °C, mm<sup>2</sup> /s (cSt): 68.00
- Viscosidad Cinemática a 100 °C, mm<sup>2</sup> /s (cSt): 8.493
- Índice de Viscosidad: 94
- Densidad a 15.6 °C, kg/L: 0.8739
- Punto de Inflamación °C: 220

- **Propiedades y ventajas del aceite 68 cSt dentro del amortiguador.**
- Lubricante especialmente formulado para proteger las superficies metálicas del desgaste cuando el sistema es operado bajo condiciones de ligeras a severas mejorando la vida útil de sus equipos.
- El grado de viscosidad ISO VG 68 contribuye a disminuir sustancialmente los costos de operación en planta, mejorando su rentabilidad de acuerdo con su capacidad de servicio (tiempo de vida).
- Su alto valor de índice de viscosidad le permite contar con una excelente capacidad de operación dentro de un amplio rango de temperaturas.
- Elevada estabilidad térmica e hidrostática que proporciona un óptimo desempeño permitiendo una mínima pérdida de la viscosidad y una degradación mínima del producto lubricante.
- Gran resistencia a la oxidación reduciendo el espesamiento del aceite y la formación de lodos provocados por las altas temperaturas de operación.
- Sus propiedades antiespumantes disminuyen la presencia de aire atrapado evitando la cavitación, lo que proporciona una operación más suave mejorando la eficiencia del sistema.
- Excelente compatibilidad con los materiales de fabricación de sellos y materiales especiales previniendo las pérdidas por fugas de aceite del sistema.
- **Criticidad del aceite dentro del amortiguador.**

La criticidad del aceite dentro del amortiguador radica en saber cuál es la duración de este dentro del sistema y cuáles son las consecuencias cuando está sufriendo las cargas en las funciones básicas de suspensión. Entonces deja la interrogante de saber los componentes que pueda tener el fluido hidráulico, lo cual puedan afectar la duración, o en tal caso que puedan luchar contra la degradación de sus propiedades. Teniendo en cuenta que la duración en el amortiguador es muy importante, ya que este sistema se encuentra completamente cerrado y por lo tanto no es recomendable su apertura digamos que para un servicio de cambio de aceite,

como estamos acostumbrados a ver en los circuitos hidráulicos convencionales y en los motores de combustión.

Continuando la idea expresada en el párrafo anterior destacaremos que se indagó para conocer cuáles son las variables internas en el amortiguador que pueda impactar negativamente al fluido, al mencionar variables nos referimos a las características muchas veces no muy conocidas por los usuarios pero que pueden influir en el proceso de la degradación. Estas variables que atacan al aceite es muy importantes conocerlas, para estar conscientes si este fluido se encuentra en un entorno tal dentro del amortiguador, el cual se pueda ver perjudicado notoriamente en su tiempo de vida útil. Seguidamente a continuación mostraremos y detallaremos los factores que puedan ayudar con la degradación de los aceites hidráulicos, dirigiéndolo como componente primordial del amortiguador.

- **Degradación del fluido hidráulico.**
- **Fenomenología de los aceites para su degradación.**

Para conocer los factores que puedan afectar al fluido hidráulico y en el tiempo de la degradación de sus propiedades, es inherente conocer cuáles son los fenómenos que puedan presentarse en este componente para dar así inicio al proceso de degradación. Por lo cual estamos obligados a presentarlos a continuación:

- **Degradación por oxidación:**

Una de las formas de degradación más comunes del aceite base es la oxidación, al igual que en otros aspectos donde la corrosión se hace presente y es fundamental vigilar al oxígeno convertido en óxido, en el aceite también puede haber consecuencias involucrados con el tema de la oxidación. Donde para ser más específicos la oxidación ocurre cuando el oxígeno reacciona con el aceite base del lubricante, ya que es la parte de mayor concentración en este componente y el cual típicamente es un hidrocarburo por su naturaleza de extracción.

Por lo tanto cuando el aceite se oxida algunas moléculas del hidrocarburo se transforman en ácido y lodo, esto resultado de la integración de átomos de oxígeno que dan cabida a la reacción y posterior nacimiento de nuevos componentes, lo cual

afecta las propiedades de desempeño del aceite. Son estos componentes resultantes de la oxidación dependiente de la estructura química que tengan los hidrocarburos, ya que consecuente a los tipos de aceites estos varían resultando en algunos casos sustancias más reactivas que otra cuando nos referimos a la degradación. Deduciendo de lo antes dicho que algunas moléculas están mejor equipadas para resistir la oxidación que otras, resultando algunos aceites base con mejor estabilidad a la oxidación.

Acotando que el oxígeno es un componente necesario para el proceso de oxidación; consecuentemente el nivel de aeración que tenga el lubricante afecta la tasa de oxidación, más aun cuando se encuentra en presencia de agua y metales reactivos, como hierro o cobre, que depende de su cantidad de presencia, será la magnitud de influencia en la tasa de oxidación. Necesitando de los aditivos inhibidores de oxidación que se sacrifican para proteger el aceite base de esta forma de degradación.

- **Degradación Térmica.**

Al contrario de la oxidación, la degradación térmica no requiere de oxígeno para ocurrir, necesita solo de la exposición constante del aceite a altas temperaturas. La falla térmica deriva en la pérdida de hidrógeno, por efecto de la reacciones de temperatura que aceleran el proceso de precipitación de los átomos de hidrogeno, transformando porciones de estado líquido a estado sólido, dejando partículas ricas en carbón en forma fibrosa en grumo de lodos y depósitos. La degradación térmica no produce ácidos por la ausencia de los hidrógenos consecuencia de la precipitación, sin embargo genera depósitos que afectan las propiedades de desempeño del aceite. En algunos casos la cadena de hidrocarburo se rompe en segmentos más pequeños, reduciendo el peso molecular promedio de las moléculas y la viscosidad.

- **Agotamiento de Aditivos.**

Los aditivos están formulados dentro del lubricante para reforzar sus propiedades de desempeño, tales como separación del agua o aire, y suprimir

propiedades indeseables, como la tendencia a formar cera a bajas temperaturas de operación. También proveen la propiedad al aceite de tener un efecto elástico cuando nos referimos a la resistencia de la temperatura, por ser la mayoría de estos aditivos resultado de la unión con componentes polímeros que se comportan como elastómeros, los cuales son capaces de resistir los cambios de temperatura, soportar cambios de energía interna y posteriormente volver a su estado inicial.

Por el cual el agotamiento de los aditivos ataca preferentemente estos componentes polímeros, lo cual es resultado de la fatiga térmica que en este reside, sumado de los efectos de fatiga provocados por los cambios de energía interna que este sufre, perdiendo a lo largo del tiempo sus propiedades elásticas para contrarrestar las consecuencias que pueda concurrir después de estar expuesto a las variaciones de condiciones en el que el aceite pueda verse involucrado, ya que la mayoría de veces es de gran exigencia.

- **Factores que afectan a la degradación del aceite dentro del amortiguador.**
- **Aire.**

El aire, es un excelente conductor de oxígeno que lleva asociado en su estructura un alto porcentaje de este, siendo uno de los componentes con más existencia en la atmósfera y por lo tanto la fuente principal del oxígeno requerido en el proceso de oxidación, siendo un factor que influye tanto la tasa de oxidación como la degradación térmica. Se conoce que la mayoría de los lubricantes contienen algo de aire disuelto y/o atrapado, se deduce que dependiendo de sus funciones y de cómo haya sido su manipulación al momento de implantación, esto determinaría la cantidad de aire disuelto y atrapado, por el cual afecta directamente el aumento de la tasa de oxidación.

Considerando que la relación entre el oxígeno presente y la oxidación del fluido es aproximadamente uno a uno, así pues, el doblar la concentración de aire inmediatamente duplica la tasa de oxidación, punto crítico cuando se refiere a un sistema invadido por presencia del aire. Es entonces cuando controlar la



esta inexistencia de oxígeno sigue apoyada por la hermeticidad de la cámara que se la da la estopero, que así como no permite la fuga de aceite, tampoco la entrada de aire durante un largo tiempo mientras las condiciones de la estopero sean la adecuadas. Y es gracias a esta ausencia de aire la que no le permite el nacimiento, ni la evolución de la degradación por oxidación.

Ahora bien el problema radica cuando las funciones de la estopero no están realizadas de la manera correcta, permitiendo la filtración del aire en los ciclos de compresión y posterior inclusión en la composición del aceite, provocando la producción del óxido que afectara a largo tiempo. Es por eso que en los amortiguadores que tiene estoperas dañadas se aumentaría el rango de degradación del aceite cuando se refiere a la oxidación, ratificando la importancia de la estopero en el tiempo de vida del aceite cuando esta lucha contra la entrada del aire.

- **Humedad.**

La humedad es el enemigo de la mayoría de componentes del lubricante, ya que las consecuencias derivan mucho de las mencionadas antes en el punto del aire y es importante mencionar el que son muy parecidas en la mayoría de los aspectos, pero con cierto grado de variación. Esta variación viene dada a que a diferencia del aire, la humedad puede decirse que tiene en su composición pequeñas partículas de agua, que se pueden dividir en partes de hidrogeno con partes de oxígeno, por lo tanto es dependiendo de la cantidades en su composición que dependerá la reacción de oxidación dentro del aceite lubricante.

Estas reacciones que se habla anteriormente puede presentar dos casos primordiales, los cuales el primero puede ser en el que dentro de la reacción se encuentre más oxígeno, convirtiendo el aceite base en lodo de carburos o el segundo, en el que exista mayor concentración de hidrogeno en la reacción, motivando a la situación contraria que es la formación de ácidos. Estos dos utilizan la reducción de los aditivos para dar vida a los productos de la oxidación, especialmente si se encuentra en presencia de pequeños residuos metálicos, que aceleran el proceso al actuar como catalíticos, por ejemplo el hierro y el cobre que

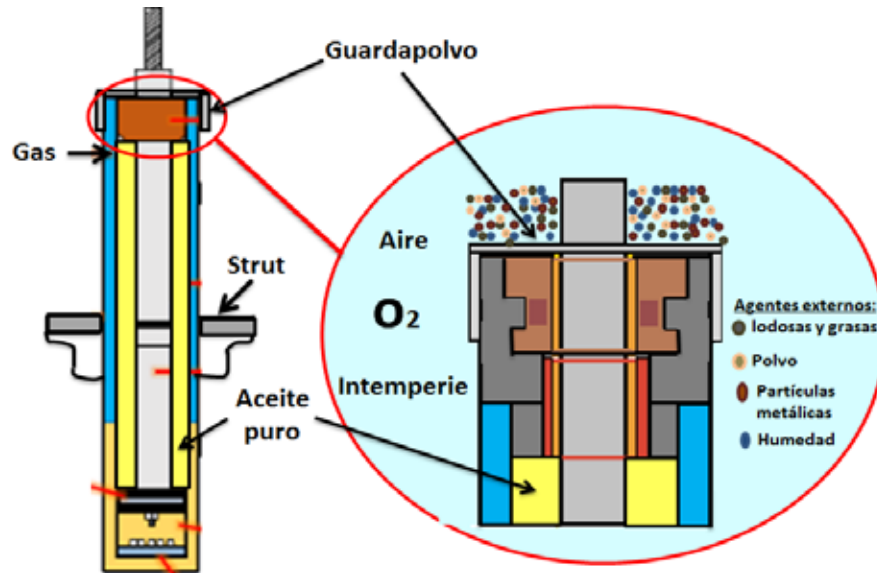
pueden encontrarse en el amortiguador cuando este llega a condiciones de averías extremas, producto del desgaste.

Para finalizar, se afirma que al igual que el aire, la humedad no sería un factor perjudicial a corto plazo, ya que el comportamiento de la estopera dentro del amortiguador como sistema no permite la entrada de esta variable (Ver figura), a no ser que se encuentre averiada, necesitando de un tiempo largo para encontrar siquiera la existencia de esta ya que primero se filtraría el aire por su baja densidad y luego la humedad ya que necesita un espacio de entrada mayor.

- **Partículas.**

La influencia que tienen las partículas en la degradación del lubricante, depende del tipo de las mismas, donde la mayoría son partículas de suciedad provenientes de la zona interna inferior del vehículo, donde gracias a estas partículas contaminantes filtradas dentro del amortiguador es que pueden incrementar los niveles de aire atrapado, lo cual indirectamente aumenta la tasa de oxidación. Sin embargo, además de partículas de suciedad como polvo, arena, barro también se filtran algunas partículas que pueden catalizar la oxidación, por lo cual la influencia catalítica dependerá de la metalurgia y la presencia de humedad.

Seguidamente se sabe que entre las partículas provenientes de la tierra encontramos el silicio, elemento fundamental encontrado en la corteza terrestre, no es altamente catalítico para la oxidación del lubricante, por lo tanto este tipo de partícula la no afectaría de forma preocupante a la degradación del aceite, dejando a otros elementos como aceleradores de la oxidación. Sucede de forma contraria con el hierro y cobre, que son los principales elementos encontrados en la metalurgia y también encontrados en la atmosfera por residuos de desgaste en mecanismos externos, estos son altamente catalíticos para la oxidación del lubricante. El grado en que el hierro y el cobre afectan la tasa de oxidación depende de la presencia de humedad, la cual reacciona con el metal, formando peróxidos y radicales libres, lo que causa oxidación, causado por efectos de la intemperie tales mostrado en la siguiente figura (Ver figura 24).



**Figura 24:** Comportamiento del amortiguador con agentes externos.  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Por ultimo también es importante expresar de donde vienen esas partículas digamos que metalúrgicas para entrar dentro de la reacción de oxidación. Estas provienen mayormente del exterior, producto de la filtración a través de las estopero y una porción muy pequeña proveniente del desgaste interno de los componentes como el eje, que posee tanto cromo como acero y de la bocina fabricada de bronce, la cual contiene bronce. Donde es apropiado mencionar que estas partículas provenientes del interior, están opacadas por la poca magnitud en las que estas se pueden encontrar en el amortiguador, por la razón de que así el desgaste sea severo en el amortiguador el material desprendido será pequeño.

- **Temperatura.**

Las temperaturas que se manejan dentro del amortiguador, la cual en situaciones extremas no excede los 45°C, se mantienen dentro de la zona media de tolerancia del aceite 68 cSt, mejor dicho en una zona en la que se presume no afecta las propiedades del aceite instantáneamente, ya sea por su resistencia a la temperatura y la viscosidad que este ofrece para manejar los cambios de condiciones. Aunque no sea una variable a considerar con respecto a la temperatura de resistencia, en el caso de la oxidación es muy importante, ya que todo valor de

temperatura por encima de la ambiente, así se leve, influye en acelerar las reacciones de oxidación y su correspondiente agresividad de ataque en relación con la temperatura.

Para más detalle los aceites generalmente sigue la Ley Arrhenius: la tasa de una reacción química se incrementa exponencialmente con la temperatura absoluta. Una regla general es que la vida del aceite, debido a la oxidación, se acorta a la mitad por cada 10° C de incremento en la temperatura. Por ejemplo, si la vida del aceite, desde el punto de vista de su oxidación, es de 1,000 horas a una temperatura del volumen de aceite de 100° C, se puede proyectar una vida útil de 500 horas a 110° C, 250 horas a 120° C y así sucesivamente. Es por eso que la oxidación motivada por la temperatura del sistema, no disminuye notoriamente el tiempo de vida útil, ya que se maneja en situaciones normales a 40°C, siendo el incremento de temperatura pequeño, con respecto a las condiciones para los cuales están fabricados los aceites.

- **Análisis de la degradación del aceite hidráulico en el amortiguador.**

En este estudio se utiliza a los amortiguadores ya relatados, que fueron abiertos para los estudios de criticidad de los puntos anteriores y se le realizó la observación directa de la apariencia, textura, coloración y pureza. Para así notar si fue víctima de la degradación de los aceites bases y si ese era el caso, indagar y descubrir cuáles eran los aspectos que podían acelerar a los factores que influyen en la degradación o cual era el entorno en el que se encontraba operando que disminuye la degradación y con eso aumenta su tiempo de vida útil. Conociendo los puntos importantes a observar, a continuación se plasmaran las observaciones y se detallaran cual era la situación apreciada con respecto a las características siguientes:

- Primeramente se analizó amortiguadores, que eran los de mejor estado, del cual a simple vista se apreciaba que tenía un tiempo moderado de uso, teniendo todavía fuerza de amortiguamiento considerable. Observándose que la naturaleza del aceite era muy buena, presentando estas características:

Textura aun viscosa. Bien se sabe que en cuestión de textura esta no se encuentra igual a la inicial, pero para haber sufrido ciclos grandes, todavía tenían viscosidad como para considerar el aceite todavía útil.

Coloración clara. Aunque no tenía tonalidad brillante como su diseño inicial, se podía observar que en este aún permanecía, cierta coloración característica de los aceites y ausencia de tonalidades oscuras, asemejándose más una sustancia transparente en ciertos casos.

Pureza muy buena. Estos no presentaban mucha contaminación con respecto a partículas de suciedad, se podía apreciar la ausencia de coloraciones oscuras resultados de la no existencia de contaminación.

- Segundo se analizó amortiguadores, que eran los que necesitaba un reemplazo apresurado, del cual a simple vista se apreciaba que estaban totalmente dañados, teniendo ausencia total de fuerza de amortiguamiento. Observándose que la naturaleza del aceite no cumplía sus funciones dentro del amortiguador, presentando estas características:

Textura ausente de viscosidad. Cuando existe esta ausencia de viscosidad es fácil notar que ha sido víctima de la degradación del aceite, ya que en la textura no posee la característica inicial, teniendo semejanza con la textura del agua, la cual es más fluida y también la presencia de textura arenosa, afirmando existencia de partículas extrañas.

Coloración en algunas instancias parcialmente oscurecida. Aunque no tenía total tonalidad oscura, se podía observar presencias oscurecidas a través de la cantidad oscurecida, que extrayendo el aceite en su totalidad y depositándolo en un envase, se torna aún más oscuro.

Pureza contaminada. Estos presentaban contaminación con respecto a muestras anteriores, estas se presentaban al observar partículas oscuras dentro del aceite, que en ciertas zonas se apreciaban en formas de grumos de aceite con suciedad.

- Tercero se analizó amortiguadores, que habían sido reconstruidos previamente, por lo tanto no tenían para nada ninguna de las condiciones que se le implantan a los amortiguadores al ser fabricados. Averiadados totalmente no tenían ninguna propiedad de amortiguación, lo cual arrojó curiosidades que son las siguientes:

Textura líquida totalmente, sin viscosidad alguna. Presumiendo que ha habido una degradación completa del aceite, aportando ninguna propiedad característica de los fluidos hidráulicos, cuando se depositaron en un recipiente estos aceites se observó un espesor resultado de los contaminantes, pero que tenía textura totalmente lodosa, resultado de todos los procesos de degradación.

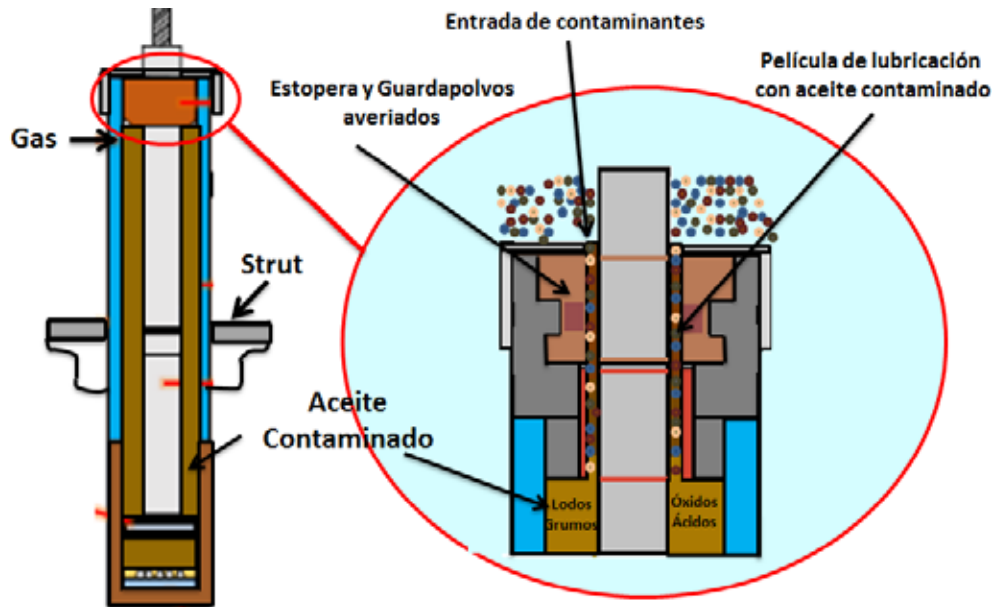
Coloración totalmente oscura, tornándose en un color negro. Pudiéndose apreciar aún más cuando los fluidos eran depositados en un envase, el cual se concentraba totalmente concentrado en su oscuridad, por el cual no se apreciaba lo transparente que habían presentado los casos anteriores.

Pureza totalmente contaminada. Estos presentaban contaminación alta, desde cuerpos o partículas de pequeño tamaño hasta otras de gran tamaño, formando estructuras lodosa o en casos extremos barro, que en ciertas zonas se apreciaban en zonas concentradas de suciedad adheridas a las partes del amortiguador.

Ahora bien, después de obtener todas estas observaciones visuales de los aceites provenientes de amortiguadores usados, se analiza los casos y desarrollamos las siguientes conclusiones:

El estado de la degradación del aceite depende primordialmente del estado en el que se encuentre la estopera en sus funciones. La cantidad de filtraciones de contaminantes que esta permita será directamente proporcional con la calidad en la que se encuentre el aceite, en aspectos como la pureza de su textura al no encontrarse cuerpos extraños en su interior y la degradación que esta pueda presentar al transcurrir el tiempo (Ver figura 25). Cabe destacar que es muy importante controlar estas partículas, ya que al momento de lubricar al eje, puede ocasionar desgaste

excesivo, ralladuras y también afectar en las funciones del valvulaje, obstruyéndose los ductos con formaciones grumosas o lodosas.



**Figura 25:** Ambiente degradador del aceite.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Por qué se extrae esta conclusión, bueno al observar el aceite proveniente de amortiguadores que estaban en mejor estado, se detalla anteriormente que es un aceite que conservaba gran parte sus propiedades como fluido hidráulico, percibiendo que en estos amortiguadores se mantenía una hermeticidad de la cámara, que cuando estos se le realizaba la apertura, aun tenia presión proveniente del gas, saliendo el aceite con velocidad considerable a través de las perforaciones. Lo que evidencia una hermeticidad clara y un estado bueno de la estropera, ayudando al sistema a luchar en contra de la degradación del aceite y así manteniendo las propiedades viscosas que se necesitan para pasar a través de las válvulas, generando la fuerza de amortiguación suficiente que se necesita.

A diferencia de los otros dos casos, en este amortiguador se podía apreciar visualmente averías, como para considerar recomendable su desuso. Mostrando una gran invasión del amortiguador por parte de contaminantes externos, como componentes provenientes de la corteza terrestre y también ciertas sustancias metálicas en poca cantidad. Muy fácilmente se encontraba con una ineficiencia de

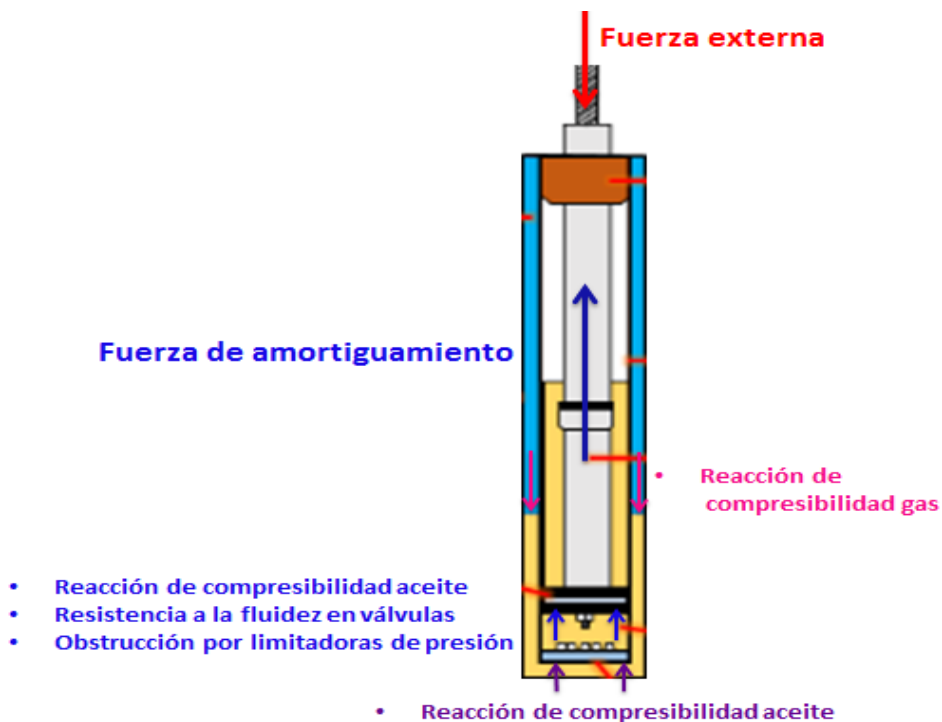
parte de la estopera, estas presentaban fisura, grietas y deformaciones de dilatación, no pudiendo adaptarse al diámetro del eje, consiguiendo perdiendo toda hermeticidad de las cámaras. Son estas condiciones la que aceleran considerablemente la degradación, sin contar el desgaste que influyen también en el eje con ralladuras y en las válvulas por las impurezas obstruyendo el flujo.

Al parecer este caso si presenta situaciones críticas ya que además de permitir entrada de contaminantes, también permitía la entrada de aire acompañado de humedad, formando en conjunto con la temperatura una reacción de oxidación para degrada más rápido el aceite. Dependiendo también de cuál era la naturaleza de las partículas contaminantes, ya que en los amortiguadores reconstruidos puede existir desgaste severo por la fricción con cuerpos extraños, desprendiendo material metálico al sistema en gran cantidad comportándose como material catalítico. Por ultimo podemos deducir que al igual de importante que es aceite para disminuir la fricción del eje y mantener la fuerza de amortiguación, la estopera es parte fundamental del mantenimiento del aceite.

#### **4.2.4 Caracterización de la fuerza de amortiguación.**

- **Función de la fuerza de amortiguación dentro del amortiguador.**

El buen funcionamiento de un amortiguador depende totalmente de cómo se comporta su fuerza de amortiguamiento, para responder a las necesidades de la suspensión, pudiendo tener una buena capacidad de responder a las cargas que se le están empleando en su funcionamiento (Ver figura 26). Aunque primeramente se conoce al amortiguador por disipar las fuerzas recibidas y ralentizar las velocidades de respuestas del espiral, también se necesita una cierta fuerza de respuesta de parte de este para que el amortiguador pueda regresar a su posición inicial, absorbiendo de una mejor manera las irregularidades de la vía.



**Figura 26:** Fuerza de amortiguamiento.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

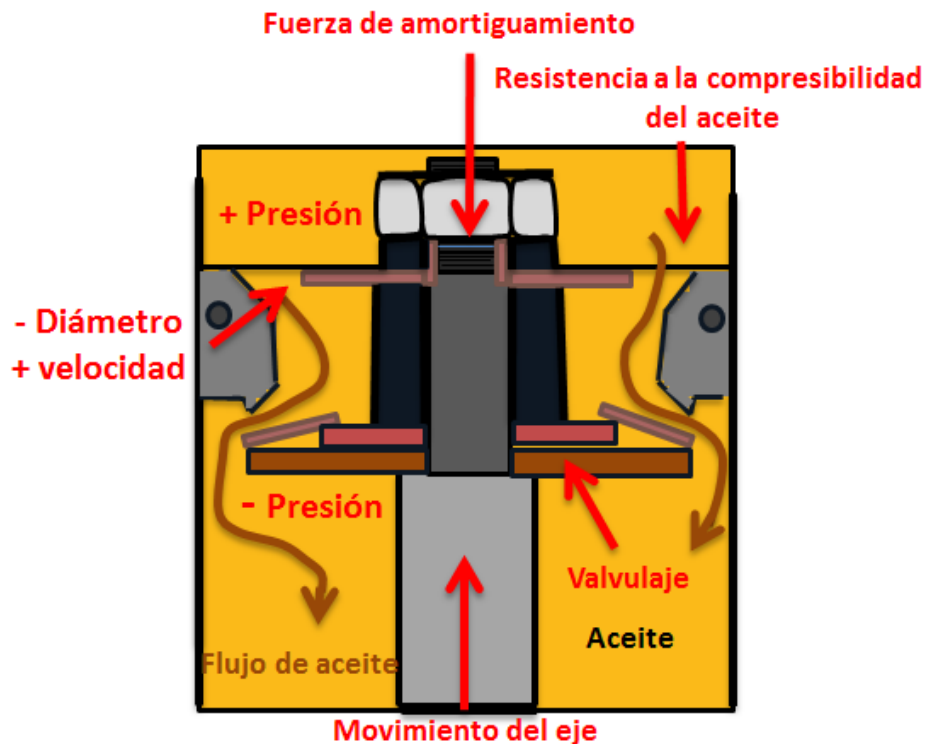
Considerando que esta fuerza de amortiguamiento es una propiedad del amortiguador que depende del estado en el que se encuentren todos sus componentes tales como eje, estopero, aceite, que ya fueron mencionados antes y otros como el gas y válvulas de flujo que detallaremos más adelante. Cabe destacar que es la fuerza de amortiguamiento una cualidad la cual se utiliza para calificar un amortiguador, para saber si este aún sigue en condiciones de uso o saber si su reemplazo es inminente. Bien sabido esta, que un amortiguador que no es capaz de volver a su estado inicial de posición cuando se encuentra defectuoso, se necesita la capacidad de que después haberse comprimido vuelva a su estado inicial y también después de haber sufrido tracción este se retraiga.

Gracias a lo visto en la imagen podemos tener una idea del impacto de los componentes para generar la fuerza que se opone a las reacciones que recibe el amortiguador. Es por esta causa que decidimos analizar de forma separada las funciones de los componentes que hacen de este proceso una cualidad, pero teniendo en cuenta que son parte de un conjunto.

- **Caracterización de la fuerza de amortiguamiento.**
- **Caracterización de los Componentes de la fuerza de amortiguamiento.**

Algunos componentes ya se mencionaron, detallándose sus funciones dentro del amortiguador anteriormente, por eso habrá algunos que serán menos definidos en esta sección, centrándonos en definir aún más lo que no han sido mencionados antes.

- **Eje:** Tiene la función de mover el pistón a través de la estructuras de las cámaras. Este pistón tiene incluido en su interior las válvulas reguladoras de flujo, las cuales son gran parte de generar la fuerza de amortiguamiento..
- **Aceite:** Anteriormente había definido muy bien el aceite como una herramienta que utiliza las válvulas para disipar la energía generada de las fuerzas que recibe, pero como parte fundamental en la fuerza de amortiguamiento esta restringe momentáneamente el movimiento del eje a completar su trayectoria al final de cada cámara. Primeramente es comprimido por parte del pistón, hasta un cierto punto permitido por el aceite, entonces este pasa a través de las válvulas para la otra cámara y permite el movimiento del eje. Pero es cuando pasa a través de estas válvulas que emplea su trabajo la viscosidad del aceite, generando una resistencia de fluidez de este a través de los conductos, ayudando a una fuerza de amortiguamiento.
- **Válvulas:** Estas válvulas son importantes por ser la que regulan el paso del flujo de aceite a través del pistón, por lo tanto recaen en ellas la función de impedir el paso y así generar resistencia al movimiento del eje al recibir la reacciones de parte de la suspensión. En tal caso de que estas válvulas no existiesen no habría una forma de controlar el paso del fluido, provocando la compresión y tracción muy rápida o en el caso contrario podría estar clausurado el paso del fluido, causando un eje estático, que es lo opuesto a su funcionamiento normal, ilustrado a continuación (Ver figura 27).



**Figura 27:** Valvulaje.  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

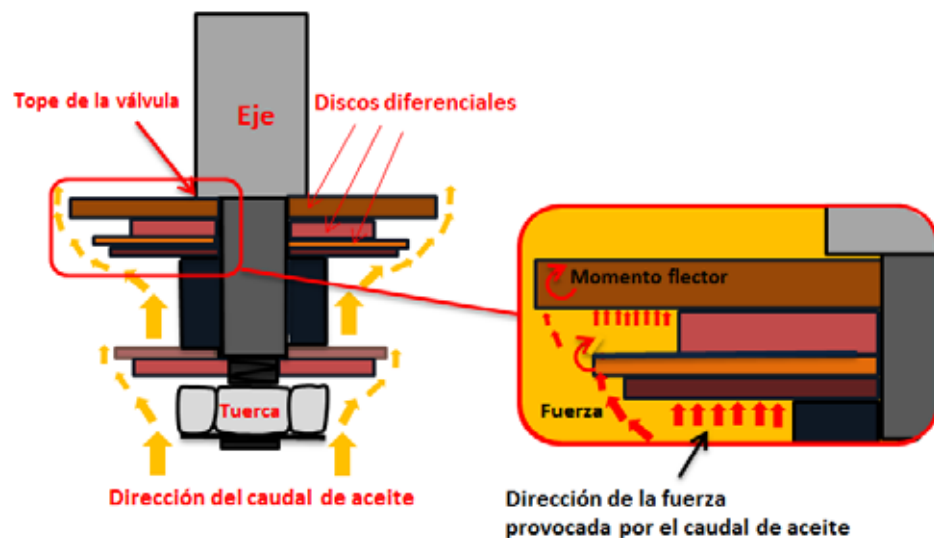
Acorde a esto, estas válvulas son capaces regular todo el sistema hidráulico del amortiguador, generando una resistencia al movimiento que unido con otros componentes es convertida en fuerza de amortiguamiento, que está en contra de la reacciones del exterior. Esta fuerza de amortiguamiento esta generada principalmente por la capacidad de las válvulas de aguantar ciertas presiones antes de permitir el paso completo del aceite y de regular el caudal de aceite a través de las cámaras de compresión, tracción y reserva. Esta regulación nace de la necesidad de controlar muy bien el rango de presiones que puede haber entre la cámaras, la caída de presiones entre estas tres y consiguiente a este mantener un dominio controlado de la fuerza de amortiguamiento.

Retomando la idea, estas válvulas son muy importantes para el funcionamiento del amortiguador, por lo tanto deben estar divididas en dos partes, para así, distribuir muy bien las funciones y cargas que deben manejar. Una de ellas

está ubicada en el pistón del amortiguador, para que en los ciclos de compresión y tracción regularice el caudal de aceite que se intercambia entre las cámaras de compresión y tracción. La segunda a mencionar, pero no menos importante está ubicada entre la cámara de compresión y de reserva, con la intención de mantener o disminuir la presión en la cámara de compresión al momento de ejecución de los ciclos. Pero es de mucha importancia el buen estado de estas partes si se quiere el control de la fuerza de amortiguación, en una duración larga de tiempo de uso.

- **Criticidad de las válvulas dentro de la fuerza de amortiguamiento.**

Primeramente se destaca que a pesar que las válvulas están hechas de un material el cual posee mucha resistencia, dirigido para soportar cantidades gigantesca de números de ciclos, estas pueden ser víctimas de las consecuencias que puede traer consigo el efecto fatiga que provoca el paso del aceite a través de las válvulas, esto consecuencia de que el componente principal de las válvulas son láminas de formas circulares sobre un soporte, que están situadas para chocar con el aceite y redirigir su flujo a través de orificios. Es este choque del aceite hacia las láminas, el que produce un efecto de deflexión, constante durante varios ciclos, provocando el efecto de fatiga en las válvulas. El cual a continuación en la figura podremos apreciar de manera más detallada (Ver figura 28).

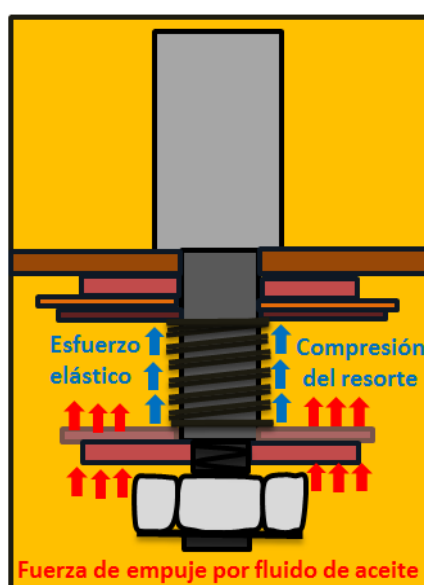


**Figura 28:** Formacion del momento flector en los discos de las valvulas.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Además de provocarse la fatiga en las láminas de las válvulas, también puede presentarse en los resortes (muelles) que están incorporados en las válvulas para hacer sus funciones como fuerzas de precargas, siendo estas la que reciben y obstruyen el paso del aceite en cierta cantidad por las válvulas limitadoras, hasta que esta superan la presión que genera el resorte, abriendo el paso del aceite por otras válvulas y un caudal más grande. Estos al recibir la fuerza generada por la presión del aceite al querer pasar, residen en un efecto de fatiga al ser continuamente recurrente esta fuerza en los ciclos que tiene un amortiguador. Lo cual podemos mostrar en la figura a continuación una representación de las fuerzas en un resorte de válvula (Ver figura 29).

Es por eso que se asegura que las válvulas sufre un desgaste en sus propiedades al ser afectadas por los efectos de la fatiga en cualquier componente mecánico. Son estas propiedades la que pueden afectar a la fuerza de amortiguamiento y también traer consigo la existencia de otros fenómenos, que perjudican a la fuerza de amortiguamiento dispuesta en el diseño.



**Figura 29:** Compresion del resorte.

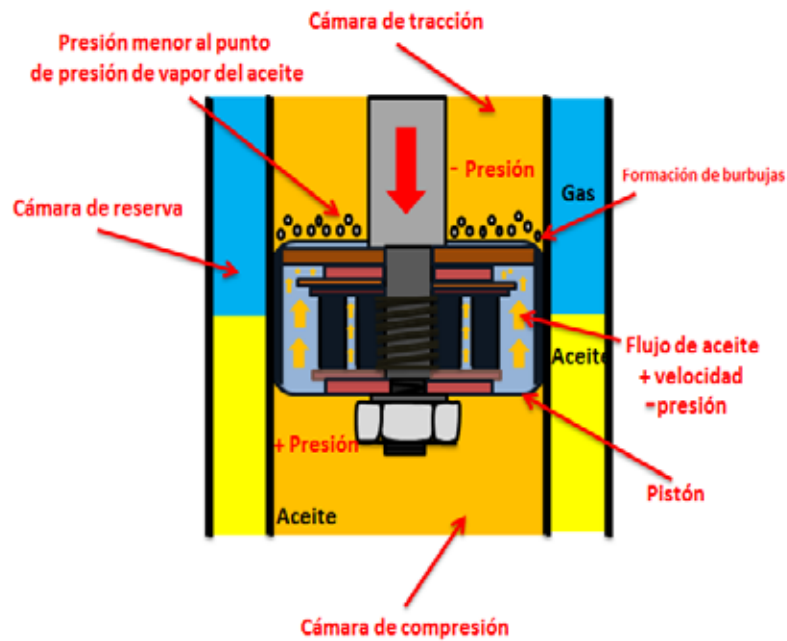
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Esta pérdida de fuerza de amortiguamiento está fundamentada en aspectos de funcionamiento, resultado del desgaste en los componentes de las válvulas. Tales como los expuestos a continuación:

- Perdida de la resistencia a la deflexión de parte de las láminas de las válvulas de regulación, permitiendo el aumento de caudal en el flujo de aceite entre las cámaras en los ciclos de amortiguación y filtraciones en ciclos de baja presión.
- Perdida de la fuerza de precarga de parte del resorte, por constantes esfuerzos que provocan la fatiga del resorte, perdiendo sus propiedades. Estas propiedades del resorte que proporcionan resistencia a la compresión del resorte, que como resultado aportan una fuerza de resistencia.
- Al haber una reducción de la resistencia que posee las válvulas por diseño, esta sufre una reducción en su capacidad de regular el flujo que se intercambia entre las cámaras, por lo tanto la reducción de presión puede ser incrementada, provocando la pérdida de fuerza de amortiguamiento, ya que el vástago se movería con un nivel más de libertad.
- Este descontrol en el manejo de presión puede traer consigo otras consecuencias, que se ven impulsadas por la disminución arbitraria de la presión. Consecuencia que viene conectada con el aceite, que al someterse a una presión por debajo de la presión de vapor de este, es transformado en vapor de aceite, perjudicando a la fuerza de amortiguamiento. Este fenómeno es llamado cavitación, el cual es un fenómeno presente en los amortiguadores.
- **Criticidad de la cavitación dentro de la fuerza de amortiguamiento.**

La cavitación ya ha sido explicada anteriormente en este trabajo, por lo tanto no se hace tanto énfasis en explicar todo su proceso de formación dentro del amortiguador. Solo se focaliza en esta sección, en el cómo afecta la cavitación a la fuerza de amortiguamiento, plasmando datos para demostrar

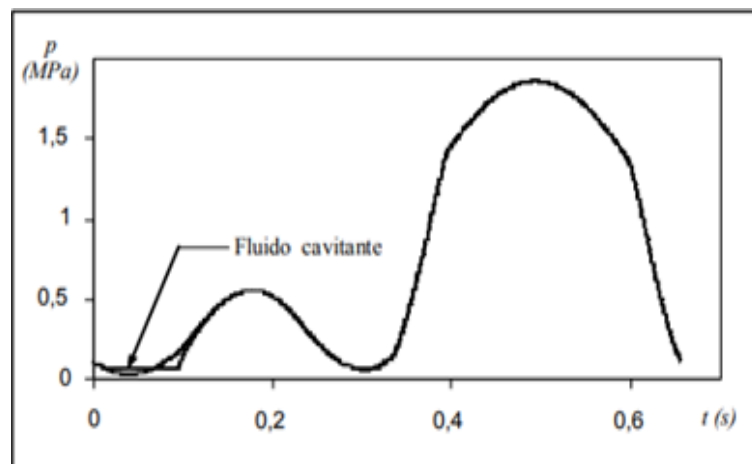
la existencia de este fenómeno, utilizando pruebas que se obtuvo por fuentes investigativas, que ya habían indagado en esta situación. Pero muestra ilustrativamente donde se forma y cuáles son las particularidades que esta pueda presentar (Ver figura 30).



**Figura 30:** Fenomeno de cavitación dentro del amortiguador.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

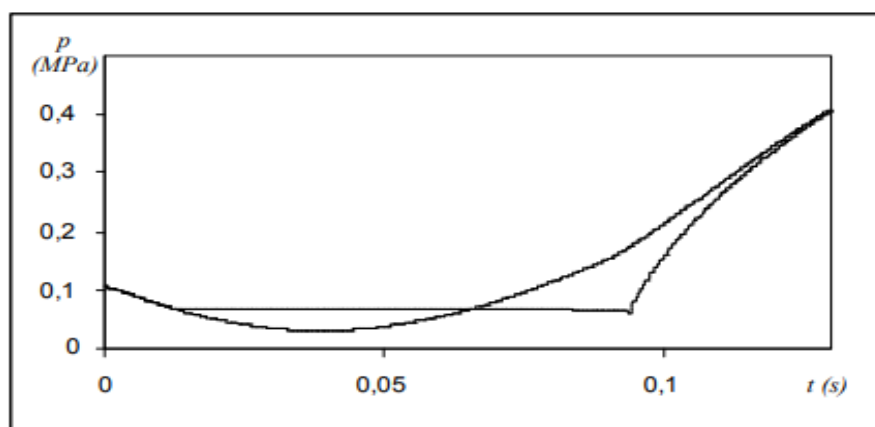
Los datos que se expondrán a continuación vienen dados gracias a una comparación que realizó dicho autor para encontrar diferencias entre un modelo



solo compresible y otro compresible y cavitante. Del cual también generamos nuestras propias conclusiones.

**Figura 31:** Comparacion de las preciones que se obtienen en la camara de traccion para los modelos teóricos de amortiguador de doble tubo compresible y el compresible cavitante. Ambos se somete al mismo ciclo de trabajo.

**Fuente.** Báez M. (2017)



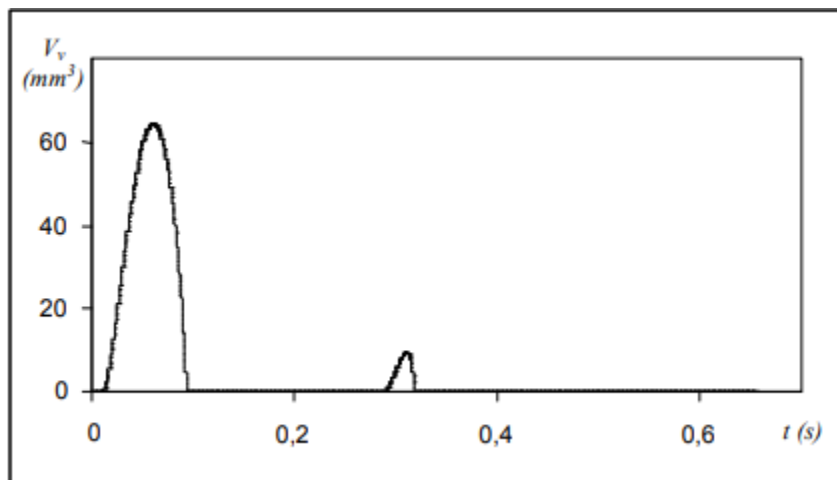
**Figura 32:** Detalle de la evolución de la presión de la cámara de tracción durante la cavitación para el modelo compresible y el compresible y cavitante.

**Fuente.** Báez M. (2017)

Donde se ha comparado la presión de la cámara de tracción obtenida del modelo compresible, con la presión del modelo compresible y cavitante. Se puede observar que, cuando la presión está disminuyendo y alcanza la presión de vapor que es de 7000 Pa, en este tipo de aceites, su valor se mantiene constante como consecuencia de la aparición de vapor, que tomando el volumen, obstruyen por cierto tiempo el paso de aceite, resultando una presión constante perjudicable para la fuerza de amortiguamiento. Esta aparición de vapor lo hace en forma de esferas, que al ser presionadas nuevamente por el entorno, estas explotan, volviendo a su estado líquido.

Para entender un poco más, esta cavitación se representa en la figura anterior (Ver figura 32) como la línea recta, que se compara con la línea curva, que es la que debería existir si no existiera cavitación. Esta no permite un buen ajuste de las

presiones y por lo tanto, lleva a una reducción de la fuerza de amortiguamiento, ya que por una parte llena un volumen importante con esferas de vapor que no aportan fuerza. El volumen que puede ser adoptado por las esferas de vapor se mostrará en las próximas figuras (Ver figura 33). Además cualquier cambio en la presiones cuantitativamente se verá reflejado dentro de la fuerza.

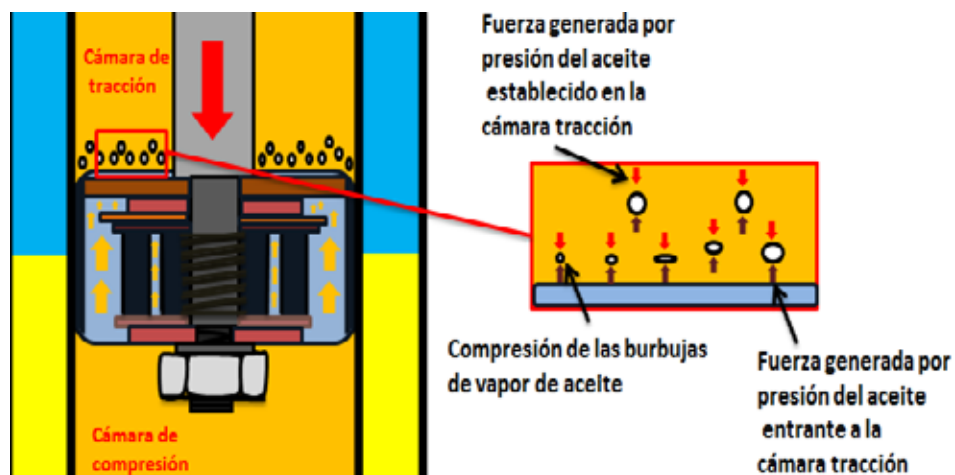


**Figura 33:** Volumen de vapor existente según el modelo de amortiguador de doble tubo compresible y cavitante a lo largo del ciclo de trabajo.

**Fuente.** Báez M. (2017)

Acotando que la fuerza proveniente del sistema es resultado de la compresión que hacen los componentes al utilizar el aceite como herramienta. Estos componentes son particularmente el pistón, que impulsado por el eje presiona el aceite para hacerlo pasar entre las válvulas, aumentando la resistencia principalmente por la cantidad de aceite que existe en las cámaras. Es por eso que si este aceite se ve desplazado por el vapor, perderá la propiedad de infligir esa resistencia, donde el volumen de vapor estará involucrado dentro de la compresión, permitiendo un movimiento del pistón menos restringido. Sabiendo que el vapor es mucho más compresible que el aceite, que por cierto rango permitirá el movimiento del pistón sin que se le oponga una resistencia, hasta que se encuentre a una presión considerable para la explosión de las burbujas.

Concluyendo que es el aumento del grado de compresibilidad en las partes de esa cámara, consecuencia del vapor que se formó, el que reduce así la fuerza de oposición al movimiento, hasta el momento de la desintegración de las burbujas, donde la concentración es solo aceite. Por lo cual es un problema que se considera como perjudicable a la fuerza de amortiguamiento y se ve aumentada proporcionalmente con la cantidad de burbujas que se forman en el proceso (Ver figura 34).



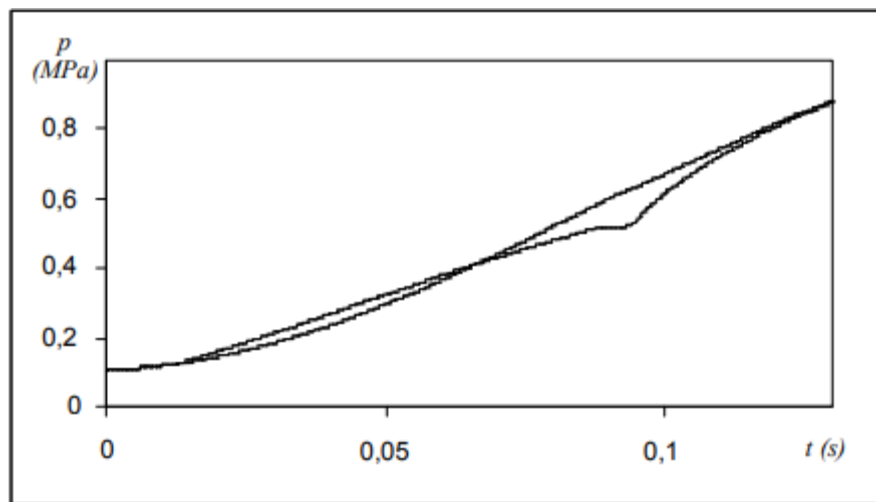
**Figura 34:** Compresibilidad de las burbujas de vapor de aceite

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Donde necesariamente se debe controlar la reducción de presión, para que la presión en la que se encuentra en el aceite no reduzca por debajo de la de vapor, controlando así la producción de vapor. Por lo tanto controlar la velocidad con la que el aceite pasa a través de los ductos sería la resolución de la cavitación como causa de la reducción de la fuerza. En donde son las válvulas las que controlan esta variable, lo que las convierten en factor crítico a tener en cuenta, para controlar, ya que los datos de las pruebas son resultado de un amortiguador nuevo. Lo que da a pensar que la formación de la cavitación es inevitable, pero debe ser considerable a controlar, para no tener una amortiguación con reducciones de fuerza graves.

Después de conocer todo el fenómeno de la cavitación en un amortiguador, ase asegura que la presencia de la cavitación en un amortiguador con cierto uso, puede ser mucho mayor, acelerando su presencia el hecho que las válvulas por

características de desgaste en su composición no son capaces de controlar el caudal que pasa entre ella, permitiendo que sean activadas con menor presión y un nivel de velocidad más alto de fluidez, disminuyendo la presión del aceite. La válvula ubicada en el pistón permitiría el aumento de la velocidad, cuando esta está en estado deficiente, al no infligir la resistencia necesaria para reducirla. Ayudando a esta situación crítica puede suceder el caso, en que la válvula de reserva no permita aumentar la presión en la cámara de compresión, por lo tanto la presión es baja en cámara de compresión, como para suplir lo suficiente la reducción de presión provocada por las válvulas del pistón, resultando en un cavitación más prolongada en la cámara de tracción.



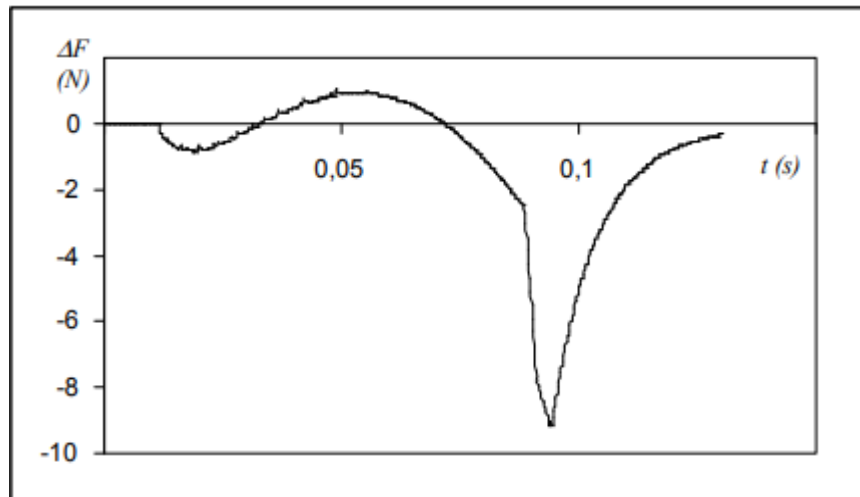
**Figura 35:** Comparación de la presión en la cámara de compresión del fluido cavitante con el no cavitante para un mismo ciclo de trabajo.

**Fuente.** Báez M. (2017)

La intención de esta sección era demostrar la existencia de la cavitación en el sistema dentro del amortiguador, resultando que su existencia es innegable. Concluyendo también que afecta la fuerza de amortiguamiento del amortiguador, por lo tanto puede convertirse en un aspecto de criticidad al tomar en cuenta. Aunque como investigación, no realizamos pruebas a amortiguadores averiados, es por nuestra capacidad de análisis que, podemos denotar que esta aumenta a pasar el tiempo y más si no se encuentra una presión de gas suficiente para suplir las necesidades de alta presión en la cámara de compresión y desgaste en las válvulas.

Además es importante acotar que son estos aspectos adicionales que por lo poco conocidos que sean, afecta de manera considerable a la fuerza, por lo tanto es relevante demostrarlos.

Continuando la idea, mencionando que tanto un incremento en la presión de la cámara de tracción como un decrecimiento de la caída de presión entre las cámaras tienden a disminuir la fuerza de amortiguamiento. Como consecuencia, en el instante en que empieza la generación de vapor dentro de la cámara de tracción durante el ciclo de compresión siempre tiene como resultado una disminución de la fuerza de amortiguamiento.



**Figura 36 :** Diferencia entre la fuerza de amortiguamiento del modelo de doble tubo compresible y la del modelo de doble tubo compresible y cavitante.

**Fuente.** Báez M. (2017)

El último aspecto a destacar referente a la cavitación es que, el motivo por el cual el citado fenómeno no se produce en el punto de máxima velocidad es porque al aumentar la velocidad de trabajo, el caudal circulante también aumenta, lo que se traduce en unas pérdidas de carga mayores. Teniendo presente que la presión de la cámara de reserva depende básicamente de la posición del pistón, el resultado del proceso es que la presión de la cámara de compresión debe aumentar. En tal caso, si bien el caudal circulante desde la cámara de compresión hasta la de tracción aumenta con el consecuente incremento de pérdida de carga entre las cámaras, el crecimiento de la presión en la cámara de compresión es suficientemente elevado

como para provocar que la presión en la cámara de tracción no alcance la presión de vapor.

- **Gas.**

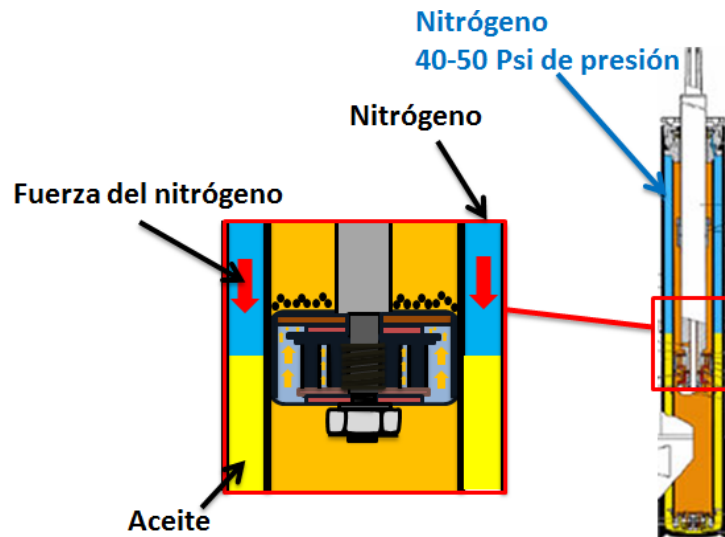
Cuando se habla del gas también se podría considerar como una herramienta al cual es la encargada de mantener una presión en el aceite para que este pueda tener resistencia. Destacando que el gas es compresible, ayudando a que las fuerzas empleadas sean menos bruscas y también tiene propiedades de enfriamiento, haciendo su labor en la temperatura del sistema. Es por eso que es necesario que el gas mantenga una presión considerable que pueda ser la ayuda de todo el sistema en los ciclos de compresión, que son los casos en donde las fuerzas y velocidades de reacción son mucho más severas en su ejecución. Necesitando así en el sistema un gas que pueda tener estas propiedades disponibles para ofrecer, como propiedades de enfriamiento buenas cuando se le aplique la presión y capacidad de resistencia a las presiones en numerosos ciclos de acción, mejor dicho resistencia a la fatiga.

En este modo el gas el cual puede tener estas propiedades y también defenderlas por un buen tiempo es el Nitrógeno, conocido por ser un gas con un buen manejo de la temperatura comúnmente su estado natural es frío, lo que lo vuelve perfecto para este sistema y también es muy estable cuando está en lugares confinados recibiendo temperaturas. Pero en este caso no recibe temperaturas muy altas, solo es la presión recibida un factor importante a considerar, ya que se encuentra en una presión de alrededor de 40 Psi dependiendo del amortiguador y abarcando un volumen de aproximado de 30mmcubicos.

- **Presión del gas.**

Esta presión es muy importante para el sistema, siendo la parte fundamental para la fuerza de amortiguamiento que se puede encontrar en el amortiguador. Esta fuerza se percibe al momento de la compresión del amortiguador, ya que este existe en la cámara de reserva en conjunto con el aceite. Donde es este nitrógeno el que empuja al aceite hacia las válvulas en toda la acción, a la misma presión con la fue

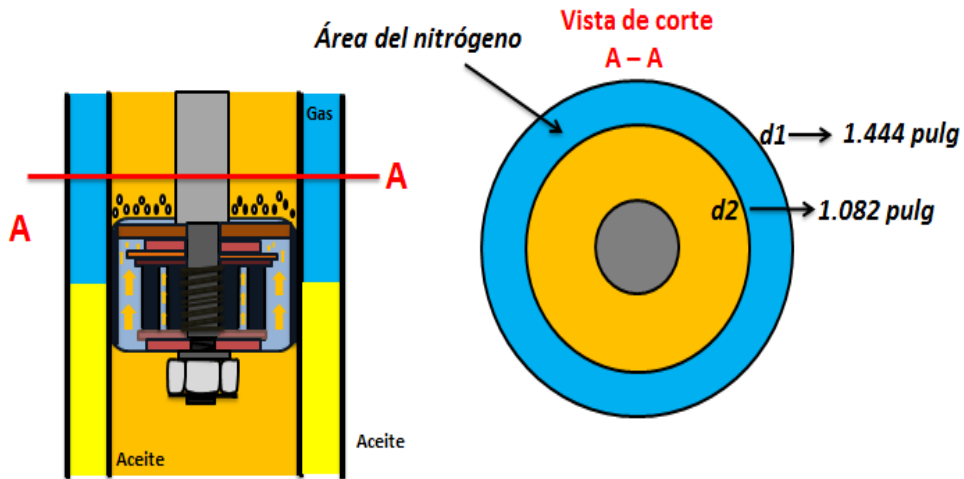
depositado en su fabricación, que comúnmente es la de 40 Psi. Siendo así su funcionamiento en ejecución reflejado en la figura a continuación (Ver figura 37)



**Figura 37:** Nitrogeno dentro del amortiguador.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Ya como se pudo ver su presión dentro del amortiguador, es importante saber de cuanto es la fuerza con la que estamos hablando que ayuda el gas al aceite para oponer una resistencia al movimiento del pistón, cuando del movimiento de compresión estamos hablando. Para calcular esta presión ya tenemos los componentes para generar este cálculo, teniendo la presión en la que está el gas y también el área donde este reside. Por lo tanto a continuación se mostrará un aproximado de la fuerza aportada por el gas en los amortiguadores de vehículos livianos (Ver figura 38).



**Figura 38:** Fuerza aportada por el nitrógeno.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

$$\text{Área} = \frac{\pi(d1^2 - d2^2)}{4} \rightarrow \frac{\pi(1.444^2 - 1.082^2)}{4} = 0,718 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Presión} = 40 \text{ Psi}$$

$$\text{Fuerza} = P \times A \rightarrow \text{Fuerza} = 40 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \times 0,718 \text{ pulg}^2$$

Fuerza aportada por el nitrógeno = 28,72 lbf.

Claro está, que la fuerza generada en el amortiguador al momento de realizar sus acciones en los ciclos es mucho más alta que la generada por el nitrógeno contenido en el amortiguador, por lo tanto esta vencerá a la fuerza aportada por el gas. Al momento en que esta fuerza es vencida este gas se comprime cediendo espacio en la cámara de reserva, pero cada milímetro que el nitrógeno ceda, este aumentara su presión por lo tanto habrá un incremento consecuente de la fuerza. Deduciendo que mientras el gas es cada vez más comprimido este provocara que la fuerza del pistón se reduzca, haciendo un movimiento más lento reduciendo la velocidad y por lo tanto un movimiento menos brusco a de amortiguación, siendo una forma de aumentar el confort a los usuarios.

Además de ayudar en una mejor forma de absorción de la fuerza y mejorar así el confort, este ayuda al espiral a su función de mover el pistón a su estado inicial o a un punto donde se le sea permitido por el conjunto y es que la fuerza generada

por el gas ayuda cuando se encuentra en el proceso de tracción como complemento, ya que impulsa al aceite, que al no superar la fuerza necesaria para activar la fluidez a través de las válvulas, empuja al pistón a través de toda la cámara de compresión, llevándolo así a su punto inicial, hasta que la expansión del nitrógeno permita.

· **Criticidad de la presión del gas dentro de la fuerza de amortiguamiento.**

Para entender un poco sobre la criticidad del gas, en este caso nitrógeno, debemos asumir el entorno donde este no existiese dentro del amortiguador y así lógicamente analizar las posibles consecuencias que pudieran suceder dentro del funcionamiento del sistema, sin dejar atrás las magnitudes con la que se pudieran encontrar en el amortiguador.

Es competente mencionar el hecho de que la ausencia del nitrógeno reduce la capacidad de confort en el amortiguador, ya sabiendo que en los vehículos livianos es necesidad clave tener confort considerable, ya que son tipos de vehículos muy susceptibles a sentirse las irregularidades por tener diseño de sistemas de suspensión guiados al confort, manejabilidad, comodidad, por lo tanto sacrifican la resistencia de este a la irregularidades, percibiéndose con más fuerza estas. Acotando que como habíamos mencionado antes, el nitrógeno ayuda constantemente a reducir la velocidad con la que se mueve el pistón a través de las cámaras, permitiendo un efecto de amortiguación al efecto de la fuerzas en el aceite y posteriormente a las válvulas.

Siguiendo el punto, debemos detallar un poco más el fenómeno que sucede por la ausencia y es que esta al no tener suficiente gas compresible para reducir la velocidad con la que se mueve el pistón en el proceso de compresión, las fuerzas las absorben totalmente las válvulas, teniendo un aumento considerable de las consecuencias de las irregularidades en el valvulaje. Consecuencias que van ligadas a la sensación del fenómeno de impacto, que este aumenta paulatinamente con la cantidad de aumento que se percibe en la velocidad.

Por lo cual son las válvulas las que reciben el impacto primeramente, hasta que la presión sea tanta como para superar las presiones de apertura de las válvulas de alta presión del amortiguador. Mientras tanto se sabe que esto sucede en

milésimas de segundos y es necesario en el poco tiempo una transferencia lo más suave, para que pueda considerarse una absorción del impacto que es transferido al vástago y luego a la base del amortiguador a través de la junta del amortiguador.

Además existe otra consecuencia muy clara, que en muchos casos sirve para juzgar si el amortiguador está en buenas condiciones y sirve para identificar las averías en el sistema. Esta consecuencia sucede cuando no se tiene gas en el interior de la cámara del amortiguador, por lo tanto, la fuerza que ayuda al espiral para retraer al amortiguador después de haberse comprimido desaparece, permitiendo que solo exista la fuerza del espiral la cual es brusca. Esta ausencia inflige más daños y desgaste en los componentes del amortiguador, también provoca que el amortiguador por sí solo, no sea un amortiguador con una fuerza de amortiguamiento suficiente para la tracción.

Como plasmamos en un párrafo anterior esta falla se puede observar fácilmente y ver en muchos amortiguadores, percibiéndose con un simple experimento, el cual es que al amortiguado solo, sin estar incorporado en la suspensión, se comprime y se observa si este es capaz de volver a su posición inicial. Al observar que este no vuelve a su estado inicial, se deduce que este no tiene fuerza de amortiguamiento por parte del gas que debería tener en su interior, pero se evidencia que no existe tal gas, por lo que resultaría en una falla considerable.

Por lo tanto para demostrar que se estudió el estado de la fuerza de amortiguación aportada por el gas, se le realizó esta prueba a un número de 10 amortiguadores. Para así observar que cantidad de amortiguadores usados pueden presentar esta falla y que características pueden verse en su integridad.

| Amortiguadores<br>Nº                         | Con fuerza<br>Nº   | Sin fuerza<br>Nº   |
|--|--|--|
| 10   | 3  | 7  |
| Características<br>antes de su<br>apertura   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estopera en buen estado</li> <li>• Se retrae a su posición inicial</li> <li>• Integra hermeticidad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en la estopera</li> <li>• Daños en la estructura del amortiguador</li> <li>• Hermeticidad deficiente</li> </ul> |
| Características<br>después de su<br>apertura | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El aceite es expulsado con presión</li> <li>• No se percibe juego entre el vástago y la bocina</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El aceite es extraído con lentitud y sin presión</li> <li>• Se percibe juego entre el vástago y la bocina</li> </ul>  |

**Figura 39:** Análisis de la fuerza de amortiguamiento aportada por el nitrógeno.  
Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Después de observar los casos y obtener los datos plasmados en la tabla anterior, se observa que los amortiguadores al cual no se percibían ningún tipo de fuerza de amortiguación, tenían daños en la estopera y su estructura, por lo tanto había fugas de nitrógeno en el amortiguador y se veía reducidas las cantidades del gas a casi nada y por lo tanto la fuerza había desaparecido. Por lo contrario en el caso en que esta fuerza estuviera presente se observa que toda su estructura intacta. Evidenciando el aspecto que la fuerza de amortiguación por parte del gas es dependiente de la integridad de la estopera y su capacidad de mantener la hermeticidad del amortiguador, para evitar fugas y reducción de la cantidad de nitrógeno dentro del amortiguador.

#### **4.2.5 Procesos y técnicas aplicadas actualmente por los talleres de reconstrucción en Venezuela.**

De los talleres visitados a los cuales se le realizó la entrevista para el diagnóstico, se procedió también a observar de forma directa sus pertinentes procesos de reconstrucción. Con lo cual ellos diagnosticaban los amortiguadores, reconstruían, luego inspeccionaban para sus pautas de garantía y después

entregaban el amortiguador a ciertas condiciones para su posterior uso. Destacando que lo plasmado en nuestro trabajo de investigación es una recopilación de los aspectos observados de todos los talleres observados, por lo tanto tratamos de abordar los detalles posibles para sumergir en contexto y poder hacer una crítica de los procesos, utilizando los puntos críticos definidos anteriormente.

- **Fallas visuales consideradas por lo talleres, para la reconstrucción de un amortiguador (signos de avería).**

- **Fuga de la presión**

Como ya se sabe, la presión que se encuentra dentro del sistema del amortiguador la mayoría de veces es por la presión que se le suministra al gas cuando este es introducido dentro de las cámaras del amortiguador, se puede mantener esta presión gracias a la permanencia que tiene el gas en las cámaras y sus propiedades naturales de mantener la presión suministrada. Es así como la inestabilidad de los gases a mantenerse en un sitio cerrado se convierte en una desventaja, ya que su comportamiento mostrará tendencia a fugarse por cualquier abertura que pueda tener el sistema de amortiguación. Tomando en cuenta lo antes mencionado se puede comenzar hacer juicio de la situación y la causa de esa avería, cuando conocemos ya los puntos críticos y las consecuencias que estos traen cuando están en un mal estado.

La causas principales de esta fuga, es la existencia de la tolerancia excesiva que pueda haber entre el eje y la bocina, considerando también el mal estado en el que pueda estar la estopera para no mantener una hermeticidad del sistema y permitiendo la fuga de los gases a través de esa diferencia entre superficies, ya que el gas es de poca densidad permitiendo una fluidez a través de pequeños espacios. Considerando la fuga del gas, se puede asegurar que la presión dentro del sistema disminuirá y no se mantendrá de forma eficiente, por ya no tener un medio adecuado, perdiéndose así las propiedades de amortiguación, como también la propiedad de enfriamiento y la propiedad de erradicar la cavitación.

- **Fuga del fluido hidráulico (aceite)**

Esta situación se tiene en el amortiguador cuando existen tales condiciones en las partes, muy similares a las mencionadas anteriormente pero con un cierto nivel de severidad mayor al anterior, ya que como sabemos los fluidos hidráulicos (aceites), tienen una densidad mayor a la de los gases, acompañado con el efecto de la viscosidad en este, por lo tanto es mucho más difícil su fuga a través de aberturas muy pequeñas. Es por eso que este caso se puede observar cuando ya los efectos son muy avanzados, como por ejemplo el del desgaste que perjudica mucho, desde el bajo nivel de adherencia del aceite en la superficie del eje hasta la tolerancia, como también el de la estopero que permite el flujo libre del aceite.

Nombrando las causas, ya se pasa a comentar las consecuencias que este puede traer al sistema y es que si hay una constante fuga del aceite en el amortiguador, a largo plazo no habrá presencia de este dentro de las cámaras, anulando toda función que pueda ejercer este componente, ya que no hay una herramienta a la que se le pueda utilizar para transformar la energía de choque que pueda admitir el vehículo, por lo tanto, todo impacto será absorbido por la suspensión de este, provocando daños catastróficos a la integridad de las partes.

#### · **Pérdida de fuerza de amortiguamiento**

Esta avería es consecuencia de los dos fenómenos nombrados anteriormente y es que al presentarse fugas durante un largo tiempo, ya los componentes internos se pierden, donde no solo consideramos al aceite y al gas, sino que internamente se tiene una gran necesidad de estos ya que son herramientas para la transformación de energía. No solo al momento de transformar la energía, también existen otras funciones, como enfriamiento de las partes, lubricación de los componentes de fricción, funciones anticorrosivas del aceite, prevenir la formación de la cavitación y funciones de limpieza en las partes.

Es así como la fuerza de amortiguación se puede perder y es que un aspecto que a simple vista se puede notar, ya que al aplicarse una presión al vástago no presenta la misma velocidad de retroceso y en algunos casos es nula para realizar el regreso del vástago a la posición inicial. Siendo un factor que el especialista nota

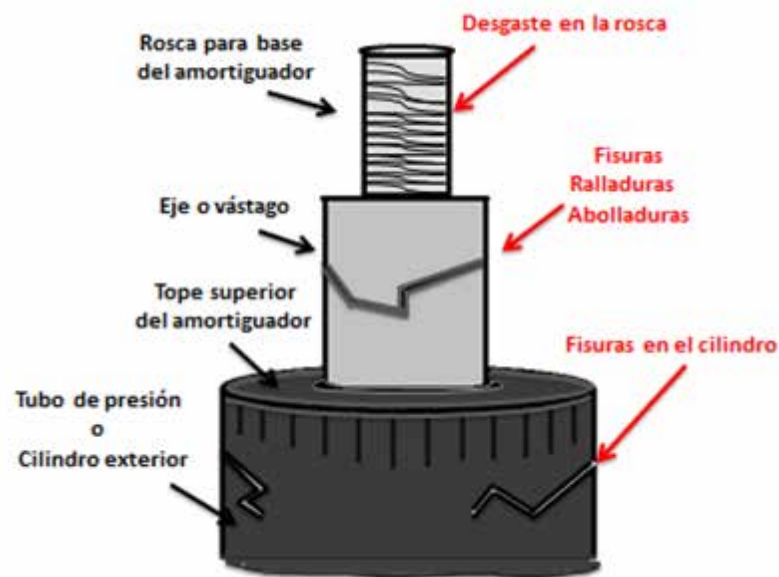
y consideran al momento de reconstruir, como para juzgar que tan necesario es la reconstrucción de este por el nivel que este afecta a la integridad del vehículo.

- **Exceso de tolerancia en el vástago**

Ya anteriormente se mencionó y es que muy importante y se convierte en un aspecto al considerar al momento de reconstruir, ya que aunque es una consecuencia de los ciclos de uso del amortiguador, también puede ser consecuencia de todas las averías nombradas antes y por lo tanto es un efecto que se desea reducir.

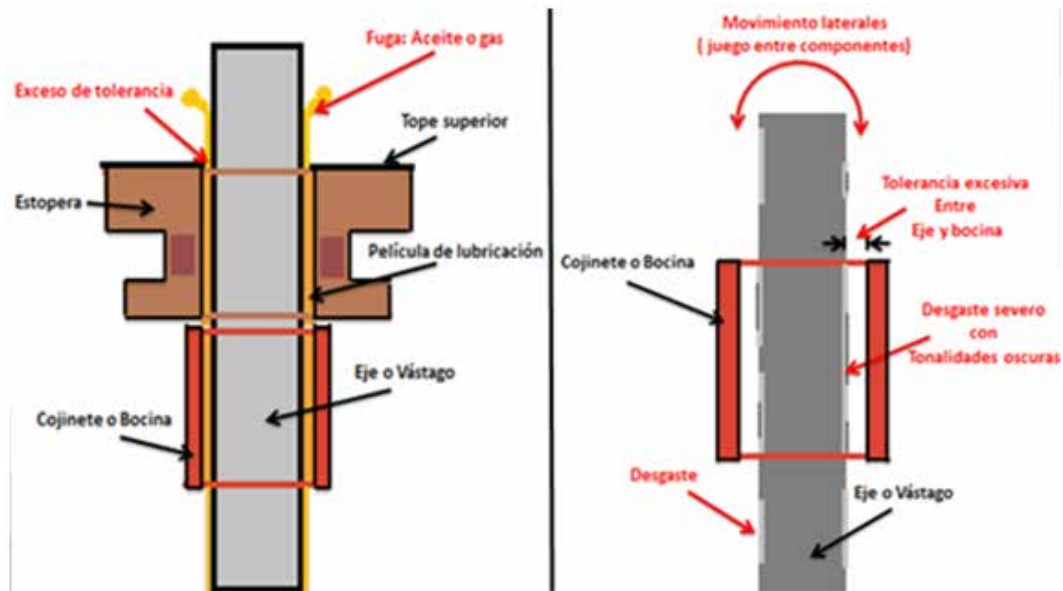
- **Fracturas en la estructura del amortiguador**

Ya este es un caso extremo donde el amortiguador al ser utilizado un largo periodo bajo condiciones precarias, donde ningunos de los componentes internos funcionan, es decir, presenta todas las fallas anteriores y se opera bajo esas condiciones, la estructura externa del amortiguador presenta fractura al operarse sobre los niveles de resistencia y desiste.(Ver figura 40 y 41)



**Figura 40:** Falla visual en un amortiguador considerable para su reconstrucción.

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)



**Figura 41:** Fallas visuales en un amortiguador considerable para su reconstrucción.

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

- **Evaluación y crítica de las técnicas y procesos realizados por los talleres de reconstrucción.**
- **Apertura**

Gracias a la observación directa se apreció, que en la mayoría de los procesos de los talleres estudiados, no se le realizaba la apertura total del amortiguador. Esta apertura se realizaba mediante una perforación en el cilindro del amortiguador, atravesando y dejando un orificio en la cámara de reserva para su posterior vaciado de las sustancias internas del amortiguador. Donde la apertura se realizaba en todos los casos con una broca (mecha) y un taladro para generar las revoluciones suficientes para la pérdida de material en la estructura del amortiguador.

Seguidamente para detallar más el proceso, la mecha para la perforación solía ser en la mayoría de veces de pequeño diámetro, para que después al momento de cerrar el amortiguador, fuera mucho más sencillo lograr su hermeticidad. Por lo cual la utilización del taladro era necesaria para el proceso de apertura, donde por lo general era efectuado en la parte inferior del amortiguador, ya que no tenían

ningún interés de observar las características internas del sistema. Acotando que estas perforaciones se realizaban bajo ningún criterio preestablecido de ubicación, para decidir el lugar más conveniente para el agujero y sin ninguna forma de sujeción, para obtener una estabilidad suficiente cuando se está efectuando.

Sin olvidar que solo uno de los talleres realizaba la apertura completa del amortiguador, mediante un corte a través de todo el perímetro de la parte externa del amortiguador, llegando al corte de la cámara de reserva. Permitiendo el acceso al desarmado de todas las piezas del amortiguador por la zona superior de esta ya que se realizaba en la parte superior del cilindro, por debajo de la zona de la estopera y bocina de fricción. Por lo tanto este corte se realizaba con disco de corte con la ayuda de herramienta como el esmeril y una prensa para la sujeción, siendo en cierta manera, más preocupados en obtener estabilidad en el proceso, por tratarse de herramientas más peligrosas y de mayor ataque. Pero dejando a vista el aspecto que al tratarse de la ubicación del corte, no llevaban a cabo unos criterios claros, obteniéndose a veces daños colaterales más severos.

· **Critica del proceso de apertura.**

En primera parte los proceso de apertura del amortiguador en la mayoría de los técnicas observadas se realizaban de forma artesanal, con herramientas de poca exactitud a lo que se refiere de sujeción del amortiguador, ofreciendo grados de inexactitudes al momento de las perforaciones, causa principal de daños colaterales como perforaciones o cortes en piezas importantes para el amortiguador. A lo que se puede concluir que de verdad es una falta grave de conocimiento, el pensar que un autoparte tan importante para el funcionamiento del vehículo como lo es el amortiguador, pueda afrontarse con un proceso de características ausentes de técnica y con procesos llenos de acciones empíricas con pocas bases creíbles teniendo en cuenta los puntos antes definidos.

Siguiendo con la idea, la mayoría no tenían muy claro los aspectos críticos que pueden encontrarse dentro del amortiguador. Además, el proceso de perforación del amortiguador, no es uno recomendado para la reconstrucción, por ofrecer una vista casi nula de la situación interna del amortiguador. En estos

procesos la vista interna del amortiguador no era un aspecto importante para la mayoría de los talleres, olvidando su estado. Dirigiendo su atención al intercambio del aceite por otro ajeno, para generar sensación de haber realizado un cambio en el sistema para bien, por el cual solo realizaban una pertinente perforación pequeña. Por lo tanto es un error muy grave no considerar las variables interna del amortiguador, tratando de obviar las condiciones, por no tener la capacidad de resolverlos de forma eficiente, e interesándose solo en la resolución a “medias” de las condiciones visuales para obtener el beneficio monetario.

Por último, es pertinente agregar que, es descabellado pensar que los grandes problemas de ejecución que puedan entrar en existencia dentro del amortiguador, resultado de su uso por grandes cantidades de ciclos, puedan ser resueltos con tan solo una perforación pequeña en la parte inferior del amortiguador. Perforación que la mayoría de veces es pequeña para después pueda ser cerrado fácilmente, siempre buscando la facilidad del proceso, sin importar el costo que esta pueda tener en el funcionamiento del confortable del vehículo.

· **Condiciones del eje dentro de la reconstrucción.**

En los procesos que son realizados por método de perforación, las condiciones del eje son olvidadas totalmente y no lo consideran. Utilizando el mismo eje después de realizar el reemplazo del aceite y el cerrado del amortiguador, por lo que se asume que este componente, es utilizado en las mismas condiciones en reconstrucciones posteriores, cuando cometen el error de reconstruir un amortiguador más de una vez.

Considerando el eje como parte fundamental en el proceso de reconstrucción. En los talleres donde se realizaba la apertura completa del amortiguador y se desarmaba las partes del sistema para su procesamiento, era muy pocas las acciones que se tomaban con respecto al eje. Estas acciones eran tomadas sin ningún juicio de las características que podían presentarse en el eje, resultado del desgaste que viene dado por el uso dentro del amortiguador. Además la mayoría de las veces donde se observó el proceso y también por la recopilación de las conversaciones con el personal, se puede deducir que el conocimiento de los aspectos críticos del

eje dentro del amortiguador es casi nulo, no tienen en cuenta los aspectos antes plasmados por nosotros en esta investigación, por lo tanto no conocen las características iniciales del eje con las cuales es diseñado para ejecutar sus funciones de manera eficiente.

Donde actualmente se basan para juzgar el estado del eje, en la observación visual básica, sin parámetros preestablecidos para priorizar condiciones de averías, solo considerando el eje fuera de las condiciones para la reconstrucción cuando presenta ralladuras graves o cambios de coloración totalmente oscuras. Luego de realizar un descarte del eje, en tal caso que lo hiciesen, este eje averiado es reemplazado por otro que contenga diseño geométrico similar, que ya ha sido usado pero que a simple vista no contiene condiciones graves de desgaste, para después ser parte de la reconstrucción del amortiguador.

También se pudo observar un caso muy particular en un taller en específico, que al apreciar ciertas señales de averías muy graves en el eje del amortiguador a reconstruir, realizaban un corte transversal en este, a cierta distancia de la zona de sujeción del eje, para abarcar las irregularidades y eliminarlas. Agregando una porción nueva proveniente de otro eje, mediante una unión por soldadura común, para así resolver la falla. Acotando que la porción retirada de los amortiguadores a reconstruir, mayormente era la de sujeción, para remediar daños en las roscas y tener una sujeción suficiente del amortiguador a la base del amortiguador del vehículo liviano.

· **Critica de las condiciones del eje dentro de los procesos de reconstrucción.**

Es una necesidad importante, expresar como investigadores nuestra crítica e incomodidades sobre los procesos observados y la importancia que se le da actualmente al eje en los talleres de reconstrucción, utilizando los puntos de criticidad plasmados anteriormente en este trabajo de investigación. Por lo que humildemente aseguramos que las técnicas vigentes en la actualidad, realizadas en los talleres distribuidos en la zona estudiada, son ejecutadas con un grado alto de ignorancia por parte del personal, ya bien sea ignorancia por falta de conocimiento o por omisión de las complejidades que vienen ligadas a este componente. Donde

la criticidad del eje no es tomada en cuenta, como por ejemplo en pequeños detalles como, desgaste, tolerancias excesivas, irregularidades en la superficie del eje, en cómo afectan estos al funcionamiento, como se forman y mucho menos en como percatarlos en el eje.

Entonces se procede a demostrar la ignorancia que está involucrada en la reconstrucción de amortiguadores en Venezuela, con la crítica de los puntos claves del eje que venimos mencionando en párrafos anteriores, los cuales son obviados por los talleres en sus técnicas. Sin percatarse que traen consigo consecuencias garrafales, cuando de funcionamiento se trata. Estos puntos plasmados a continuación, son resultado del análisis y crítica ingenieril de los hechos observados:

- **Rugosidad.**

Ausencia del conocimiento sobre la presencia de la rugosidad como característica clave para el funcionamiento del eje dentro del amortiguador, ignorando que se pueden tener niveles de rugosidad reducidos, resultado de la fricción constante que sufre el eje o en caso contrario, rugosidades altas que puedan aumentar el factor de fricción y averiar prematuramente la estopera. Donde la reconstrucción se realizaba en ejes sin conocer las características visuales que puedan advertir sobre valores altos o reducidos de rugosidad, ni tampoco conociendo el valor de rugosidad avalado por la normas COVENIN que debe tener un eje para su ensamblaje en el amortiguador.

Omitiendo el importante factor que es la rugosidad para tener una buena adherencia del aceite a la superficie del eje y así no permitir una mayor fluidez de este, causa de fugas prematuras del aceite. Por lo tanto nuestros estudios demostraron que son magnitudes considerables de rugosidad las que cambian y que modifican así el funcionamiento normal del amortiguador. Acotando que se podían obtener de amortiguadores averiados tanto ejes dentro de la norma, como ejes con valores ni siquiera cerca de lo recomendado, como para realizar la reconstrucción. Aspecto del que no escatiman al momento de realizar la reconstrucción y mucho menos al reconstruir un amortiguador que ya había sido trabajado anteriormente

- **Irregularidades superficiales**

Gracias a la prueba de perfilometría realizada, se pudo apreciar la clase de irregularidades que podían presentarse dentro de la superficie del eje, después de haber sido utilizado en un cierto tiempo. Las cuales tampoco actualmente se tiene conciencia en estos talleres, llegando a pensar que el desgaste en el eje del amortiguador es igual a través de toda la longitud, lo que sería una condición digamos que no tan grave para la posterior reconstrucción, ya que el comportamiento del eje tendría condiciones continuas en toda su superficie.

Contrariamente la condición real de los ejes de amortiguador no es así, presentando variaciones en su superficie, todas dependiendo del estado y tipo de uso que se le haya dado al amortiguador. No sería de buen juicio ignorar la existencia de irregularidades dentro del eje y el conocer cuáles son los indicadores que puedan ayudar a diagnosticar, la presencia de irregularidades graves que puedan convertirse en situaciones agresivas en el sistema después de haber sido reconstruido.

- **Desgaste.**

La existencia del desgaste viene ligado al estado en el que se encuentran los dos aspectos mencionados antes. Si los aspectos mencionados antes son ignorados en su totalidad, es fácil predecir que el efecto del desgaste también lo es, cuando a la reconstrucción nos referimos. De lo que podemos deducir que el estado de la capa de Cromo dentro del amortiguador, está siendo muy opacado por la falta de conocimiento, hecho realmente grave al considerar la criticidad de esta, ya que es la parte fundamental cuando nos referimos a la funcionalidad del eje y su eficiencia.

Resaltando que es la capa de Cromo la víctima del desgaste en el eje del amortiguador, ya que es la capa protectora y la encargada de ofrecer tanto propiedades de resistencia y durabilidad en la superficie como de protección. Por lo que debería de tomarse con mucho cuidado las condiciones en las que esta debe estar para la reconstrucción del amortiguador. Ya que tendríamos complicaciones consecuentes a esta condición y dado a un factor que no se puede evitar gracias a

los ciclos de uso, deteriorando las condiciones iniciales con la pérdida de material del cromado. Por lo cual si no se toma en cuenta se puede ensamblar el amortiguador con un eje que ha sufrido reducción de material, afectando su geometría, en este caso el diámetro del eje.

Es esta reducción del eje, la culpable de la tolerancia excesiva entre el eje y componentes como la estopera y la bocina, permitiendo el paso del fluido a cierto tiempo después de haber sido ensamblado, cuando ya las condiciones de la estopera hayan sufrido ciertos cambios para amoldarse a los movimientos. Por tales detalles es importante no tomar a la ligera el estado del eje, pero la mayoría de veces estos no son de importancia para los talleres, dejando un componente con capa de cromo deficiente, incapaz de proteger y con la insuficiencia de resistencia. Acelerando los daños en el eje, con cierto nivel mayor de agresividad, lo que significaría la avería total del eje en un corto periodo de tiempo luego de la reconstrucción, afectando también el aumento de tolerancias y el nacimiento de fugas prematuras del sistema.

Ya resaltando estos aspectos, se concluye que son técnicas no muy recomendadas para la reconstrucción del amortiguador. Más aun cuando no se considera su criticidad dentro del amortiguador, ausentándose totalmente la intención del operador de verlo, juzgarlo y educarse en cómo se comportan las variables que están involucradas. Por lo cual debe concientizarse en no ignorar la complejidad de la situación.

- **Condiciones de la estopera dentro de la reconstrucción.**

Este proceso consiste también de dos opciones implementadas actualmente en los talleres del territorio nacional. Una de las opciones es el no reemplazo de la estopera como componente, ejecutando la reconstrucción del amortiguador solo realizando el reemplazo del aceite. Dejando a un lado la consideración de la estopera como un material que esta propenso a sufrir envejecimiento de su estructura, provocando una pérdida de sus propiedades. Esta técnica tiende a ser una de la más artesanales y sencillas para la supuesta reconstrucción del amortiguador y por lo general es consecuente de la técnica de apertura por

perforación, aunque en algunas ocasiones pudimos apreciar, que en proceso de apertura completa, tampoco realizaban el reemplazo de esta.

Por lo que la otra opción consiste en un proceso que incluye el reemplazo de la estopera, por un repuesto que está disponible en el mercado automotriz. Este reemplazo considera el envejecimiento de la estopera como un fenómeno que está vigente en todos los amortiguadores que ya han tenido un tiempo de uso considerable, por lo tanto es una necesidad clave que todo amortiguador le sea cambiado este componente para su posterior uso. Destacando que estas estoperas disponibles en el mercado en la actualidad, particularmente la mayoría son de fabricación incógnita, ya que no poseen ninguna marca de procedencia, ni se conoce un fabricante de estas en el país. Por lo tanto el material que utilizan no es muy conocido, pero a simple vista se aprecia que es resultado de materiales vulcanizados.

Es entonces como este intercambio en las condiciones de las partes del amortiguador se convierte en un aspecto que toman en cuenta los talleres, siendo en ocasiones uno de los factores que le prestan atención al reconstruir el amortiguador, para así reducir las fallas visuales que podrían ser vista por el usuario después de generar la reconstrucción. Estas fallas visuales podrían muy bien ser la filtración de aceites desde la parte interna del amortiguador hacia el exterior, siendo una falla que puede ser reparada con remover la estopera antigua, ofreciendo esa hermeticidad que se requiere en el sistema, bien sea por el tiempo que ellos vean más conveniente.

· **Critica de las condiciones de la estopera dentro de los procesos de reconstrucción.**

Es innegable que el reemplazo de la estopera es necesario para la posterior eficiencia del amortiguador, recordando que es fundamental para la función de hermeticidad. Si esta no es considerada se tendrá un amortiguador incapaz de mantener todas sus partes dentro o de proteger la integridad de este de agentes contaminantes del exterior. Por el motivo de que esta sufre de muchos agentes deteriorantes, que anteriormente mencionamos al detallar el envejecimiento de la estopera, esta se ve atacada totalmente en toda la vida de uso del amortiguador. Por

lo tanto el pensamiento de algunos talleres de mantener la misma estopera en el proceso de reconstrucción, es muy equivocado y arriesgado, cuando consideramos que puede verse comprometido el interior del amortiguador.

Daños como la inclusión dentro del sistema de partículas contaminantes, que puedan acelerar la oxidación del aceite y aumentar los efectos de fricción en el eje, causando ralladuras en la superficie, irregularidades y un desgaste muy diferencial alrededor de toda la longitud. Claro está, contando la fuga de componentes internos como el gas o aún más importante el aceite, dejando sin lubricación el sistema o sin herramienta para la disminución de la presión, lo que trae consigo daños agravantes hacia sus parte como válvulas, topes y eje. Hechos comprobantes y suficiente para aseguradas que la utilización de la misma estopera se comportaría como un foco de concentración de averías, donde no vale la pena correr con el riesgo en esta situación por la búsqueda de soluciones más económicas monetariamente.

Ajenamente en el caso en el que realizan el intercambio de la estopera por una nueva, se pudo apreciar ciertos detalles sobre el proceso. Tales como el desconocimiento de parte de los talleres sobre las condiciones que debe cumplir la estopera para su inclusión dentro del amortiguador, como material, propiedades, procedencia y fabricantes. Tomando a la ligera estos detalles que deben estar involucrados cuando se reconstruye un componente como este, ya que debería de resultar en condiciones muy similares a la del amortiguador salido de planta. Pero aun así generan la compra de estoperas, sin saber si por lo menos mantendrán las condiciones, recibiendo el trabajo de amortiguación.

Es entonces que estamos involucrados en una situación igual a la del eje, con la diferencia que en este caso tienen en cuenta los efectos del desgaste y conciencia para cambiar la estopera, buscando condiciones relativamente buenas, ya que muchas de las estopera disponibles actualmente en el mercado no son compatibles con las propiedades necesarias por el diseño del amortiguador. Pero es la falta de profesionalismo la que resalta, cuando vemos que no tienen la necesidad de conocer, indagar sobre nuevas opciones, ni buscar la excelencia en el material de trabajo. Bien siendo por la necesidad de reducir costo o ignorancia, pero son estos

talleres los que deben perfeccionarse en las técnicas, para entregar productos y servicios de la talla eficiente.

- **Condiciones del fluido hidráulico (aceite) dentro de la reconstrucción.**

Ya anteriormente veníamos mencionando el proceso que se efectúa con respecto al aceite contenido dentro del amortiguador cuando se realiza la reconstrucción. Este es reemplazado para tratar de deponer las características como herramienta que supe el aceite, también para reponer las cantidades necesarias de este, ya que pueden existir perdidas y por ultimo para desechar el aceite que muchas veces esta fuera de las condiciones por efectos de degradación.

Ahora bien este reemplazo se realiza actualmente, con las siguientes técnicas. Donde después de haber despojado al amortiguador del aceite que tenía después de hacer todas las acciones prevista para la reconstrucción, se depositaba el aceite a introducir en un envase con espacio suficiente, como para introducir el amortiguador y realizar acciones. Estas acciones constaban de mover el eje como su normal funcionamiento, provocando la absorción del aceite dentro de las cámaras. Acción que se ejecuta varias veces para eliminar las pequeñas porciones de aire que pueden entrar en el sistema, ya que el amortiguador se encuentra sumergido dentro del aceite, que está contenido en el envase mencionado antes. Después de realizar este proceso se efectuaba el cierre del amortiguador dentro del aceite por medio de un tapón, para la protección de entrada de aire.

Lo curioso en el proceso, es el tipo y las condiciones en la que se encontraban los aceites dispuestos por los talleres para el momento de la reconstrucción, introduciéndolos en la estructura. Condiciones que venían desde aceites que están en estados de degradación, mucha veces aceleradas o de degradación media, los cuales procedían del desecho de aceites de motor automotriz, presentando características como ausencia total de viscosidad, cuerpos extraños y contaminantes en su interior, sin olvidar una coloración totalmente oscura de este. También en casos más técnicos de talleres más cuidadosos realizan la deposición de aceites automotrices de baja viscosidad como el SAE 15W40.

- **Critica de las condiciones del aceite dentro de los procesos de reconstrucción.**

Digamos que el proceso de introducir el aceite dentro del amortiguador es factible, aunque un poco artesanal, aun así cumple la función, que es depositar el aceite dentro del amortiguador sin que exista inclusiones de agentes externos como el aire, virutas o polvo. Por lo tanto no haremos tanto énfasis en resaltar esta situación ya que el proceso siendo visto de forma ingenieril no tiene las suficiente fallas o agravantes, cuando nos referimos al funcionamiento del amortiguador luego de ser reconstruido. Dejando a la crítica y observación, el aspecto de las condiciones en las que se encuentran los aceites depositados actualmente en el proceso de reconstrucción en talleres del territorio nacional.

La cuál de los talleres observados, no hubo ninguno que tuviera conocimiento de las características que debía tener el aceite (fluido hidráulico), para que el funcionamiento del amortiguador fuera el adecuado, basándose de hechos empíricos, sin aval teórico, para elegir como aceite predestinado para este proceso al SAE 15W40, el cual no es el utilizado inicialmente por las fabricadoras para este tipo de sistema hidráulico, por tener una densidad y viscosidad muy por encima a la que se necesita. Concluyendo que es el desconocimiento también en esta parte uno de los agravantes de la situación, ya que tampoco se observa ningún interés por parte de estos talleres, para educarse sobre las condiciones que debe tener el fluido, por lo tanto los avances están muy limitados en esta área.

Resultando que esta no es la situación más grave que tenemos en este proceso, porque a pesar de la ignorancia en las condiciones, igual se le deposita un aceite nuevo, son todas sus propiedades intactas y con la capacidad de aportarlas un largo tiempo resistiendo a las circunstancia. Causando el aumento en la relevancia de criticar la situación en donde al amortiguador se le introduce aceite de motor usado, degradado por la operación dentro del vehículo, la cual es necesaria plasmar la incomodidad ya que es un factor que causa resonancia con el simple hecho de observarlo y posteriormente analizarlo.

Con lo que podemos abocar nuestra crítica, al simple hecho de que están introduciendo componentes totalmente degradados, que ya no servirían para aportar propiedades, solo acelerar el proceso. Cuando se puede apreciar que en la mayoría de talleres que inciden en esta particularidad, están conscientes de lo grave, dañino y deshonesto que es actuar en la reconstrucción con aceites inservibles dentro de un sistema tan importante como el de amortiguación. Catalogamos de deshonesto, ya que los usuarios que demandan este servicio no saben sobre la introducción de aceite degradado dentro del amortiguador, pagando por una acción que se resume en una pronta avería del amortiguador, cuando este tendrá solo un tiempo de uso luego de la reconstrucción de 2 meses como máximo.

Continuando para desenmascarar aún más la situación, esta investigación en una sección anterior detallo cada detalle crítico que puede verse involucrado con el aceite dentro del amortiguador, para demostrar cual grado de equivocación viene mostrándose en estos procesos. Los cuales no conocen las magnitudes del desgaste que puede generar una falta de viscosidad, inclusiones de partículas contaminantes, falta de lubricación en el eje. Primeramente toda condición del aceite es perdida por la aceleración de la degradación por contaminación, perdiendo propiedades de lubricación, aumentando el desgaste en el eje, seguido de fugas de aceite, lo que genera un perdida de la poca fuerza de amortiguamiento que podía ser suministrada por el aceite. Resultando en componente averiados por las altas fuerzas recibidas en el amortiguador, con lo que quedaría el usuario del vehículo con un amortiguador totalmente inservible, que afecta a su vez componente aledaños a este.

· **Condiciones de la fuerza de amortiguamiento dentro de la reconstrucción.**

En los procesos de reconstrucción actualmente realizados en los talleres en la zona estudiada, se apreciaron pocas acciones tomadas con respecto a mejorar la condición de la fuerza de amortiguamiento que presentan los amortiguadores averiados, para llevarlos a condiciones similares a la recién salidas de fábrica. Observando los detalles de forma separada como se realizó en el estudio de la criticidad, dividiendo la observación directa entre el gas y las válvulas limitadoras

de flujo. Lo que se resume en el proceso de introducción del gas y sobre cuáles son las medidas para remediar el desgaste que ha sufrido las válvulas.

Empezando por mencionar que específicamente para las válvulas como componentes, eran nulas las acciones tomadas actualmente. Apreciando que tampoco se tenía conocimiento sobre los efectos y comportamiento de las válvulas dentro del movimiento de compresión y tracción del amortiguador, ignorando que puede encontrarse el fenómeno de cavitación, resultado de las altas velocidades dentro de este cuerpo regulador. Además de la ignorancia en el tema de las válvulas, pocas son las atribuciones dadas a este componente.

Apartado a esto, en la consideración del gas, también son nulas las atribuciones tomadas del gas como componente principal. Detallando que ninguno de los talleres estudiados tenía implementos para la manipulación del nitrógeno, ni tampoco para la introducción dentro de la cámara de amortiguación. Dejando esas características bajo ninguna modificación, cuando se realiza el cierre del amortiguador. Reemplazando el volumen que abarca el nitrógeno con aceite o aire a alta presiones.

· **Critica de las condiciones de la fuerza de amortiguamiento dentro de los procesos de reconstrucción.**

Se puede decir que la omisión de las válvulas reguladoras de flujo para la modificación en su reconstrucción, no es una idea muy descabellada. Ya que aunque anteriormente mencionamos los aspectos que pueden influir dentro del desgaste de las propiedades dentro de las válvulas, estas no están bajo condiciones tan agresivas como para presentar desgaste excesivo en sus componente. Esta resistencia a los factores es debido a la gran calidad que tienen los materiales y las características de diseño que sus componentes contienen. Por lo tanto la reconstrucción del amortiguador con las válvulas en el mismo estado, se juzgaría como una técnica aceptable.

Abarcando el tema sobre la ausencia de técnicas con respecto al gas y por lo cual de la crítica ingenieril del hecho, podemos obtener las siguientes conclusiones. Concluyendo primordialmente que existe una pérdida de la fuerza de

amortiguamiento, por inexistencia de la presión aportada por el gas, también la capacidad de enfriamiento del amortiguador reduce, lo que trae como consecuencias otras afectaciones en el aceite y estopera. Sin olvidar que reduce totalmente la opción de absorción elástica del gas provee en el sistema.

Lo cual también es una omisión grande que se le esté eliminando prácticamente un componente, con el que el amortiguador es diseñado inicialmente, viene dado de fábrica e instalado en vehículo. Sin tener en cuenta que le afecta directamente al confort del vehículo, causando una inestabilidad en el vehículo, cambios que son percibidos por el conductor. Que en la mayoría de los casos pueden ser engañados, ya que los talleres de reconstrucción, aseguran trabajar con la introducción de nitrógeno, lo que es una mentira descarada, ya que no lo realizan, jugando con respecto a la calidad de servicio prometida y la calidad de servicio entregada, que por lo general es muy mala al faltar el nitrógeno dentro de las cámara del amortiguador.

- **Crítica de los parámetros y procedimientos tomados por los talleres de reconstrucción, para juzgar las condiciones finales de los amortiguadores reconstruidos.**
- **Parámetros de caracterización utilizados.**

Una parte fundamental de la reconstrucción del amortiguador, es la lograr una caracterización de los amortiguadores ya reconstruidos por el taller, para llegar a la conclusión de que este sufrió las técnicas adecuadamente, resultando un amortiguador que ofrece cualidades eficientes para la instalación dentro del sistema de suspensión del vehículo. Para esta caracterización sería pertinente la observación del resultado final y realizar ciertas pruebas capaces de igualar las condiciones a la que este vive dentro del vehículo, observar su comportamiento, para ver qué respuesta este arroja y por ultimo ver si son las más adecuadas para proceder a la entrega del componente al usuario.

De lo que podemos extraer que actualmente en los talleres “especialistas” en la reconstrucción de amortiguadores, no tienen la capacidad, ni los recursos

logísticos para poder realizar un proceso de comprobación aceptable, donde se someta a las variables que este puede sufrir en un periodo de uso normal instalado en el vehículo. Es consecuente a este detalle, que se presenta la ausencia de parámetros totalmente aceptable para la caracterización.

Donde cabe destacar que las pruebas pertinentes que los talleres realizan, son mediante la actuación manual del amortiguador, comprimiéndolo y luego generando su tracción del mismo modo. Basando su observación en como este se comporta en manos del que realiza la técnica, percatando simultaneo a la acción si este presenta fugas de aceite entre el eje y la estopera. Siendo una técnica totalmente rudimentaria y con mucha falta de profesionalismo, donde se piensa que un componente tan complicado como el amortiguador pueda juzgarse mediante una prueba tan básica.

- **Criticas de las condiciones de garantía impuestas por los talleres.**

Ya conociendo todos los aspectos negativos que tienen actualmente los proceso y técnicas de reconstrucción, vigentes en la mayoría de los talleres en el territorio nacional. Nace la curiosidad de saber cuánto es el nivel de garantía de un funcionamiento eficiente en el amortiguador, dado por los talleres de reconstrucción. Indagando y obteniendo mediante conversaciones ciertos detalles que catalogamos de irresponsable al referirse de un componente tan vital como el amortiguador y que puede provocar atribuciones negativas futuras.

Estos detalles mencionados antes previstos en los talleres, pueden ser tomados como faltos de presentar características capaces de inspirar seguridad, al referirse del tiempo de vida del amortiguador, que ellos estiman después del proceso de reconstrucción. Resaltando que el tiempo de vida estimado por ellos como suficiente para ser cubierto por su garantía como taller, de que el amortiguador funcionara eficientemente, es desde 2 meses hasta 4 meses cuanto máximo. Considerado por nosotros los investigadores como un periodo de tiempo

insuficiente, cuando nos estamos refiriendo a un componente automotriz que ofrece altos periodos de vida útil.

Concluyendo que este corto periodo de tiempo están pensados y luego implementados para no ofrecer un apoyo a los usuarios, cuando estos son víctimas de averías prematuras del amortiguador. Ya que los procesos empleados son capaces de ofrecer cualidades regulares durante los primeros 3 meses, suficiente para cubrir el tiempo de garantía. Luego averiándose agresivamente, afectando la condición del demandante del servicio, que al hacer algún reclamo no obtiene ninguna respuesta por estar fuera del tiempo de garantía.

Culminando la situación en una estafa a manos de talleres que se hacen llamar “profesionales”, que utilizan técnicas totalmente deficientes. Por lo que es necesario la búsqueda de nuevas alternativas de reconstrucción, generando propuestas factibles que al estudiar, será la de mejor capacidad la que debe ser escogida para su implementación, de lo cual es el tema central de la siguiente fase que se realizó en el trabajo.

### **4.3 Generar posibles soluciones que permitan llevar a cabo la reconstrucción de amortiguadores mediante el uso de herramientas de ingeniería mecánica.**

El objetivo de esta fase es analizar, indagar y detallar el proceso de selección de la mejor solución, así como también el diseño de los elementos que constituyen la solución, caracterizando criterios, restricciones, resultados, proceso y selección de materiales de dichos elementos necesarios para realizar un proceso factible y confiable del proceso de reconstrucción para amortiguadores automotrices. Se toma como herramienta para implementar, el método de estrategias creativas en el diseño mecánico de Nelson Vélchez,

#### **4.3.1 Formulaciones del problema**

Es competente priorizar el hecho de la situación económica del país y lo que dificulta para muchas personas adquirir nuevos amortiguadores para sus automóviles, ya que al nivel nacional gran cantidad de empresas fabricantes de dichos dispositivos han tenido que cerrar por falta de materia prima, costos de

importación y la excesiva devaluación de la moneda del país, por otro lado las empresas que aún se mantienen en el mercado poseen muy poca producción afectando los precios de venta y la variedad de modelos que pueden ofrecer, además la posibilidad de importación de estos elementos es inaccesible para la gran mayoría.

Debido a la situación que se vive con la dificultad de adquirir nuevos amortiguadores, muchos talleres mecánicos han implementado en sus servicios la reconstrucción de los mismos con un precio considerablemente alto, pero la calidad, durabilidad y confiabilidad de esta prestación no está comprobada ni verificada, los métodos y procedimientos realizados son poco ortodoxos y no se rigen por normas para los procesos de manufactura ni la ciencia ingenieril que es necesaria para llevar a cabo una buena reconstrucción y proporcionar un valor de seguridad y confiabilidad. Por esta razón los talleres no dan garantías ni tampoco se hacen responsables de los daños o accidentes que puedan producirse posteriormente a la reconstrucción, esto es muy alarmante debido a que se está jugando con la vida de los clientes que poseen poco conocimiento de la importancia de la calidad y buen funcionamiento que se debe tener en un componente tan exigente del sistema de suspensión de un automóvil.

Ya identificando y clasificando los problemas comprendidos en la situación problemática se puede conformar las siguientes formulaciones:

**Primera alternativa:** Diseñar una máquina para reconstruir amortiguadores averiados de vehículos livianos en un taller mecánico

**Segunda alternativa:** Diseñar y fabricar componentes más económicos para la sustitución en los amortiguadores averiados de vehículos livianos en un taller mecánico

**Tercera alternativa:** Reconstrucción, modificación y sustitución de los componentes del sistema de amortiguadores averiados de vehículos livianos en un taller mecánico con materiales a disposición en el mercado nacional.

#### **4.3.2 Selección de la mejor formulación**

Para escoger la formulación más adecuada, se estudian todas las alternativas establecidas anteriormente, teniendo en cuenta la situación problemática y las limitaciones de las variables fundamentales.

Las limitaciones de las variables fundamentales son las descripciones o valores que permiten identificar dichas variables en un problema determinado. Estas limitaciones fijan las características distintivas de un problema respecto a otro.

**Primera alternativa:** Diseñar una máquina para reparar amortiguadores de vehículos livianos en un taller mecánico.

**Tabla 16.** Primera Alternativa

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| <b>V.F.</b>     | Limitaciones                         |
| <b>S.B.</b>     | Amortiguadores de vehículos livianos |
| <b>E.I.S.B.</b> | Averiados                            |
| <b>E.F.S.B.</b> | Reparados                            |
| <b>S. a D.</b>  | Máquina                              |
| <b>S.A.</b>     | Taller mecánico                      |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Esta alternativa resulta muy restringida para designar el sistema a diseñar. Además considerando la situación problemática no se toma en cuenta la disponibilidad de los talleres en tener la tecnología, componentes, conocimiento y capacidad de adquirir las piezas y componentes que son necesarios para el diseño y fabricación de la máquina.

**Segunda alternativa:** Diseñar y fabricar componentes más económicos para la sustitución en los amortiguadores averiados de vehículos livianos en un taller mecánico.

**Tabla 17.** Segunda Alternativa

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| <b>V.F.</b>     | Limitaciones                         |
| <b>S.B.</b>     | Amortiguadores de vehículos livianos |
| <b>E.I.S.B.</b> | Averiaados                           |
| <b>E.F.S.B.</b> | Piezas sustituidas                   |
| <b>S. a D.</b>  | Componentes                          |
| <b>S.A.</b>     | Taller mecánico                      |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

En esta formulación se menciona la forma de reducir los costos por reparación ya que se está diseñando y fabricando componentes más económicos para la sustitución de los que están averiaados en los amortiguadores, pero la calidad y confiabilidad de dichos componentes es muy difícil de conseguir con relación a los que poseen los amortiguadores nuevos. Además el diseño y fabricación de dichos componentes implicaría tener maquinas capaces de realizar dicha creación de los componentes y la posibilidad de obtenerlas es complicada para los talleres de reconstrucción.

**Tercera alternativa:** Reconstrucción, modificación y sustitución de los componentes del sistema de amortiguadores averiaados de vehículos livianos en un taller mecánico con materiales a disposición en el mercado nacional.

**Tabla 18.** Tercera Alternativa

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| <b>V.F.</b>     | Limitaciones                         |
| <b>S.B.</b>     | Amortiguadores de vehículos livianos |
| <b>E.I.S.B.</b> | Averiaados                           |

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>E.F.S.B.</b> | Reconstrucción, modificación y sustitución |
| <b>S. a D.</b>  | Sistema                                    |
| <b>S.A.</b>     | Taller mecánico                            |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Las palabras reconstrucción, modificación y sustitución son definiciones precisas para todas las variables fundamentales, y ya cuando se menciona el sistema del amortiguador es una denominación amplia para el sistema a diseñar, además se señala que se utilizaran materiales con disposición en el mercado nacional, lo cual concuerda con los principales requerimientos por parte de los talleres para obtener los componentes necesarios para el proceso de reconstrucción.

Si se comparan las diferentes formulaciones estudiadas, resulta evidente que de todas ellas, la mejor concuerda con la situación problemática y también la que define más claramente las variables fundamentales es la tercera. Por estas razones, esta es la seleccionada.

### **4.3.3 Búsqueda de soluciones**

#### **· Posible solución #1**

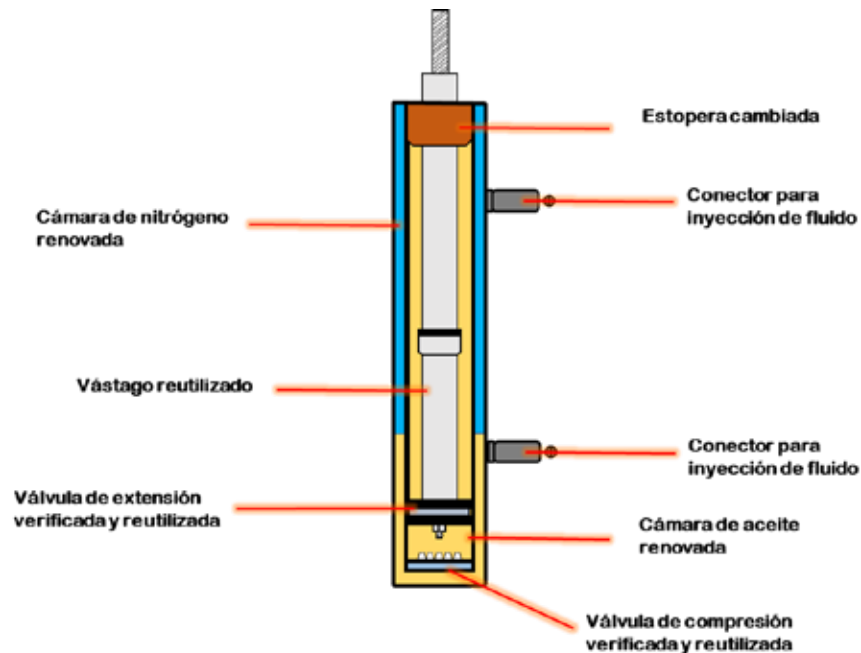
Esta solución está comprendida por implementar una serie de procedimientos paso a paso para realizar una reconstrucción ideal para los amortiguadores de vehículos livianos usados y averiados, primeramente se analiza la estructura externa del amortiguador en busca de señales de fallas, fisuras, filtraciones de aceite y otros indicadores. Posteriormente se procede a hacer el montaje del amortiguador en una prensa para mantener la estabilidad del mismo y así realizar la apertura de la carcasa del amortiguador con un esmeril y disco de corte en la parte superior cercana a la estopera. Este procedimiento se debe realizar con mucha precisión y cuidado, ya que si se ejecuta un corte ineficiente puede alterar la estructura del cilindro tanto interno y externo, así como también afectar el sello superior (Estopera), se debe realizar un corte uniforme y con pausas para evitar el sobrecalentamiento del cilindro y así evitar dilataciones térmicas en los cilindros.

Luego de haber realizado la apertura del cilindro se hace el vaciado del aceite contenido en él, para así sacar el cilindro interno, vástago, válvulas y sellos. Ya obtenido todos estos componentes se procede a realizar el desmontaje y evaluación detallada del estado de cada una de ellas mediante una hoja de verificación (Check list), tomando en cuenta el análisis y comprobación del estado de todos los componentes se considera dependiendo del estado del amortiguador si está en condiciones para lograr una reconstrucción eficiente. Si se llega a concluir que está apto se realiza la sustitución de los componentes averiados, desgastados por unos nuevos que se obtuvieron en el mercado nacional.

Ya realizada la sustitución y limpieza de los componentes se hace el ensamble del amortiguador, este se lleva a una prensa nuevamente donde se ajusta toda la estructura para así proceder con la unión mediante soldadura, este paso lo debe realizar un personal capacitado en soldadura, con la colaboración de un ayudante y verificación de un inspector de soldadura en donde se apliquen todas las normas establecidas por la AWS y ANSI para procesos de unión de soldadura y procesos de manufactura. Luego de realizar la soldadura se realizan las pruebas pertinentes que la soldadura es de calidad y que no existan porosidades ni grietas en ella.

Consecutivamente de haber realizado la unión y haber comprobado su calidad se efectúa la perforación de dos agujeros con un taladro para así hacer la instalación de las válvulas necesarias mediante soldadura con la finalidad de ejecutar la inyección del aceite hidráulico y nitrógeno en las válvulas pertinentes para cada uno de los fluidos. Seguidamente se realizan las pruebas necesarias de compresión, tensión fuerza de resistencia y regreso con la ayuda de un banco de

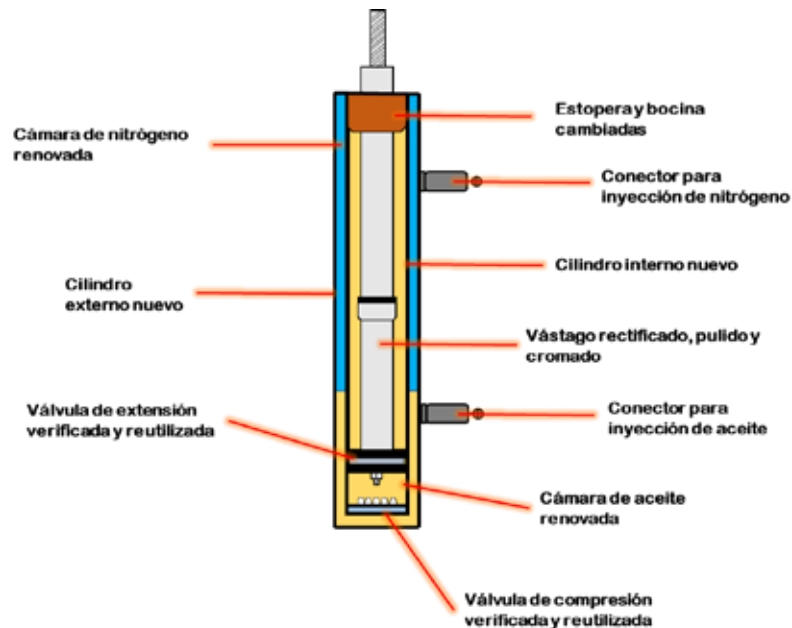
prueba para amortiguadores, si el funcionamiento es el ideal se procede a la entrega.  
(Ver figura 42)



**Figura 42.** Posible solución 1  
Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

#### • **Posible solución #2**

El procedimiento que se llevara a cabo en esta solución se inicia con la fijación del amortiguador en una prensa para proceder a la apertura del cilindro con esmeril y disco de corte, este corte se efectúa en la parte superior del amortiguador para tener una manera más sencilla de extraer los componentes internos, se debe realizar de manera pausada con pequeños intervalos de tiempo para así evitar altas temperaturas en los cilindros las cuales podrían provocar por dilataciones o contracciones térmicas, consecuentemente los componentes serán revisados minuciosamente todos para poder clasificar mediante una hoja de verificación el estado de cada uno de ellos. (Ver figura 43)



**Figura 43.** Posible solución 2  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Si el eje del amortiguador está en buen estado, sin ralladuras profundas, fracturas o gran desgaste este será llevado a un proceso de rectificado, pulido y cromado para llevarlos a las mejores condiciones posibles, por otro lado las válvulas, sellos y gomas dependiendo de sus condiciones son reemplazados o dejados en el sistema, los cilindros van a ser sustituidos por unos nuevos, ya ensamblados todos los componentes se llevan a la prensa para realizar la unión por presión. Seguidamente se ejecuta la apertura de dos agujeros al cilindro externo, donde estarán ubicadas las válvulas respectivas para la inyección de aceite hidráulico y nitrógeno, primeramente se ejecuta el llenado del aceite por las boquillas correspondiente, inmediatamente se hace la carga del nitrógeno al sistema. Al tener toda la estructura ensamblada se ejecutan los ensayos necesarios en un banco de prueba para amortiguadores, con el fin de comprobar si no hay fugas en el sistema, y calcular las fuerzas de tracción y compresión en el mismo.

• **Posible solución #3**

El proceso de reconstrucción de esta posible solución está compuesta por varias fases que se deben llevar siempre en el mismo orden para mantener la confiabilidad y calidad de los procedimientos que serán efectuados. La primera fase

consta de la apertura del amortiguador, en donde será necesario usar un esmeril con disco de corte, dicha apertura será realizada por la parte superior del cilindro justamente debajo del sello superior (estopera), para mantener la temperatura ideal de los cilindros y evitar daños en los mismos es necesario utilizar Taladrina como método refrigerante, seguidamente se efectúa el vaciado del aceite hidráulico del sistema y se procede a retirar el cilindro exterior y el eje del amortiguador.

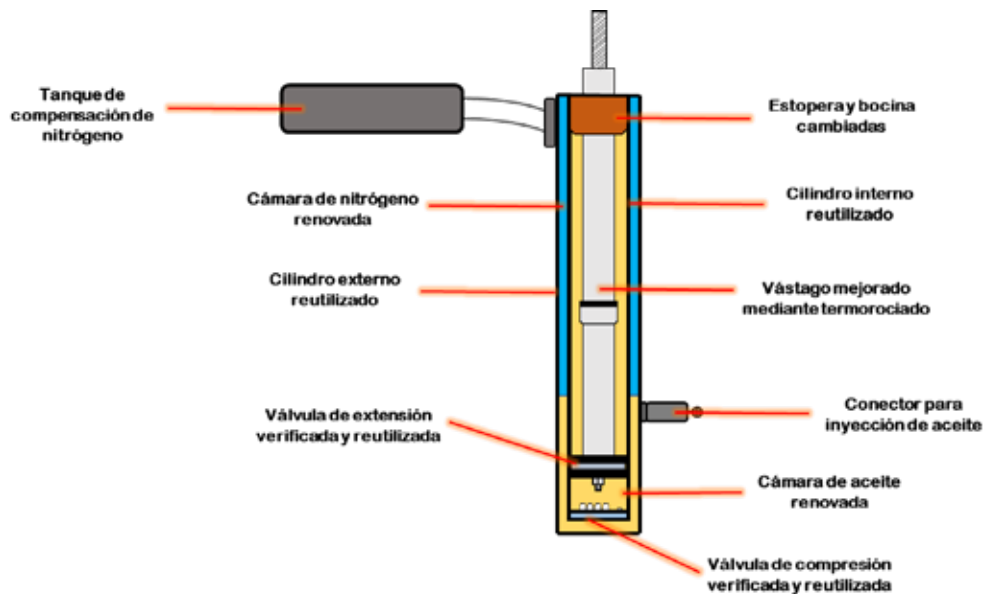
La segunda fase está comprendida por el estudio y análisis de todos los componentes internos del sistema, este proceso tiene que llevarse a cabo por una persona capacitada, ya que se deben tomar muchos aspectos importantes en cada uno de los componentes, como son la rugosidad, flexibilidad, paso de fluido en las válvulas, dimensiones, fatiga y capa de cromo del vástago. La persona designada debe clasificar y organizar los componentes dependiendo del estado en que estén, si pueden ser reutilizados, sustituidos o modificados y así generar un balance de factibilidad y poder concluir si el amortiguador está apto para poder ser reconstruido.

La tercera fase es una de las más importantes de esta posible solución puesto que en ella se llevara a cabo un proceso de termorociado al eje con el fin de mejorar las condiciones del mismo, este proceso es muy calificado y garantizar resultados excelentes. El operador con un soplete dirige partículas metálicas en polvo mediante plasma, que este debido a las altas temperaturas que se pueden alcanzar en el mismo contribuye con la adherencia de las partículas metálicas dándole así una recuperación y optimización a la capa de cromo.

La cuarta fase tiene como finalidad el ensamble de los componentes y estructura del amortiguador, en donde se acopla primeramente el eje al cilindro interno, luego se realiza la unión mediante soldadura de las carcasa exterior en una prensa para evitar movimientos o desviaciones en el proceso, esta actividad debe ser sumamente rigurosa y estar dentro de las normas de ingeniería y soldadura.

La quinta fase está compuesta por la modificación de la estructura externa del amortiguador, donde se le hará la adaptación de un pequeño tanque contentivo de nitrógeno, la instalación se hará mediante una boquilla directamente conectada al

cilindro del amortiguador, también se realizara la instalación de una válvula que será utilizada para la carga de aceite hidráulico, como se muestra en la figura 44



**Figura 44.** Posible solución 3  
**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

La sexta y última fase tiene como objetivo realizar las pruebas y verificaciones pertinentes para dar la total confiabilidad, durabilidad y eficiencia del amortiguador.

· **Posible solución #4:**

El plan de reconstrucción proyectado en esta viable solución está ajustada a las posibles soluciones 2 y 3 con algunas variantes en búsqueda de generar la mayor eficiencia del proceso y funcionamiento del amortiguador post-reconstrucción la cual está compuesta por una serie de etapas que serán explicadas a continuación.

Etapas de análisis exterior y apertura: Como punto de partida se tiene la evaluación visual del amortiguador en búsqueda de posibles fracturas, filtraciones o desviaciones en el mismo. Seguidamente se procede a la sujeción del amortiguador a una prensa con el fin de mantener la estabilidad en el proceso de corte y apertura, esta acción debe realizarse con un esmeril y disco de corte con el

mayor cuidado y uniformidad posible, para no afectar la estructura y el sello superior por efectos de temperatura y mala ejecución del proceso.

Etapa de evaluación de los componentes internos: Como punto primordial y crítico del amortiguador primeramente se realiza la inspección minuciosa del eje, que es uno de los elementos cuyo estado es primordial para poder concluir si es posible generar la reconstrucción del amortiguador. Ya evaluados el eje y teniendo la aprobación por parte del personal analista se da la orden de seguir con la evaluación de estopera, válvulas, resortes y cilindros, generando así un balance completo y especificado donde se pueda finiquitar si se procede a la reconstrucción del amortiguador o si no es posible realizarse.

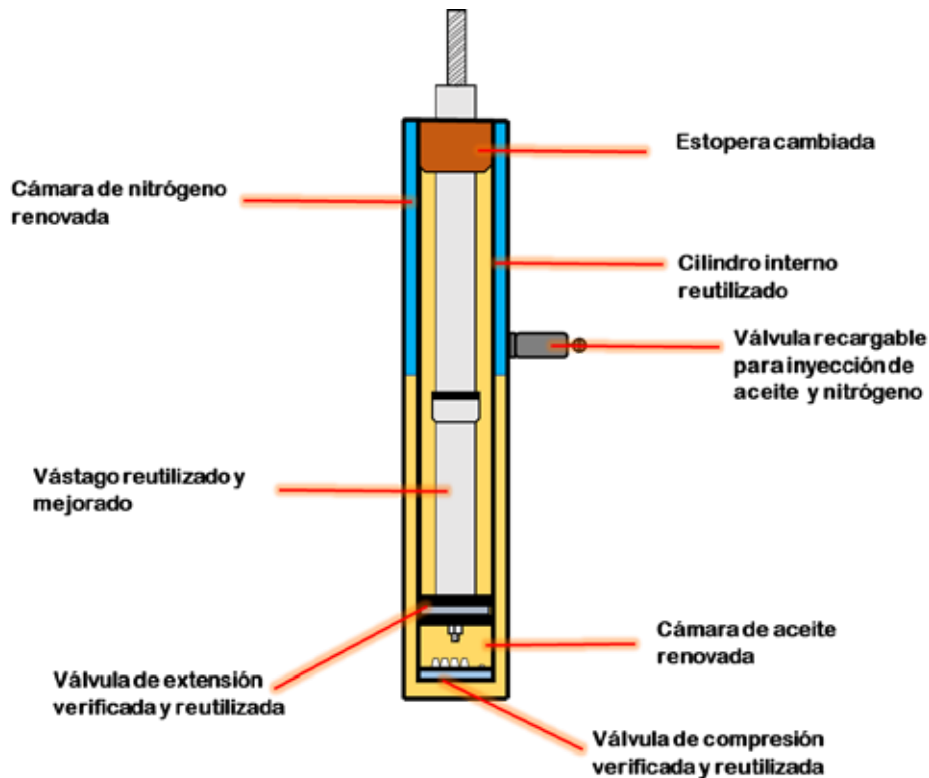
Etapa de sustitución y reutilización: Ya teniendo la aprobación de reconstrucción se hace la sustitución dependiendo de sus condiciones del cilindro externo e interno y estoperas en tal caso de poseer unas buenas propiedades y características se considerara reutilizarlos.

Etapa de ensamble: Teniendo todos los componentes en orden y en el estado adecuado se genera el ensamble de los mismos, los cilindros y ejes serán ajustados por presión con una prensa, proceso que debe ser altamente preciso para no provocar imperfecciones en la estructura del amortiguador, afectar las superficie del eje y cilindros y así luego concluir el sellado con el proceso de soldadura.

Etapa de instalación de válvula: la variante que presenta esta posible solución es la instalación de una válvula recargable de los fluidos, que son el aceite hidráulico y el nitrógeno, dichas válvula será colocadas en la parte lateral del amortiguador, donde se le abrirán un agujero por medio de un taladro y fijación por soldadura, dichas válvula recargable tienen como principal objetivo darle la posibilidad al cliente mantener su automóvil a las condiciones deseadas dependiendo de las condiciones del terreno y cargas aplicadas en el automóvil representadas en la figura 45.

Etapa de pruebas y verificación: Antes de proceder a la entrega del amortiguador es necesario realizar diferentes pruebas en un banco de prueba, para así garantizar el buen funcionamiento y eficiencia del plan de reconstrucción.

Luego de realizar las evaluaciones y haber cumplido con los parámetros y criterios se procede a la entrega y montaje del amortiguador.



**Figura 45.** Posible solución 4

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

#### 4.3.4. Especificación del sistema a diseñar

##### · Funciones principales:

La función principal a realizar por parte del proceso de reconstrucción más importante es la modificación, sustitución y reparación de un amortiguador para vehículos livianos, manteniendo una alta confiabilidad, buen funcionamiento y durabilidad, acercándose lo más posible a las condiciones de un amortiguador nuevo, así como también tener bajos costos por reconstrucción para que las personas tengan la posibilidad de optar por este servicio. Hay muchos aspectos los cuales hay que tomar en cuenta, son todas esas características y funciones las que deben estar plasmadas en el proceso a diseñar, a partir de las necesidades de un procedimiento seguro, sencillo y de cómo serán ejecutados.

Retomando la introducción dada anteriormente se dividen las funciones en fases, por orden de ejecución.

**Tabla 19.** Fases del sistema a diseñar

| <b>FASES</b>  |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>I</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Funcionamiento del sistema a diseñar</b></p>                    | <p>La evaluación y análisis de toda la estructura y componentes del amortiguador, con el fin de diagnosticar la situación en que está el sistema de amortiguamiento, esto se debe realizar tanto por la parte externa e interna del sistema, por consiguiente es necesario generar la apertura del mismo</p>                            |
| <p style="text-align: center;"><b>II</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Condiciones para ser reconstruido</b></p>                      | <p>Los componentes que lo conforman al amortiguador tienen que cumplir con una serie de parámetros, como lo son la rugosidad de los elementos, flexibilidad, desgaste y paso de fluido por las válvulas, se debe realizar un estudio muy minucioso para poder generar la conclusión de aprobación o rechazo para la reconstrucción.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>III</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Aprobada la Reconstrucción</b></p>                            | <p>Se procede a la sustitución y modificación de los componentes necesarios para cumplir con los parámetros requeridos para tener un buen funcionamiento y durabilidad del amortiguador.</p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>IV</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Ensamble de los componentes y sellado del amortiguador</b></p> | <p>Es primordial lograr una hermeticidad en todo el sistema, así evitando fugas de aceite o de nitrógeno que puedan perjudicar la funcionalidad de amortiguador.</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <b>V</b><br><b>Pruebas y verificaciones de todo el funcionamiento del amortiguador</b> | Utilización de un banco de prueba. Luego de realizar dichas pruebas y cumpliendo con todos los requerimientos anteriormente establecidos se procede a la entrega del amortiguador. |
|--|--|

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 20.** Restricciones del sistema a diseñar

| <b>RESTRICCIONES</b>                         |  |
|--|--|
| <b>Situación económica actual del taller</b> | En muchos talleres el tema monetario se puede convertir en una restricción. Para realizar la reconstrucción eficiente de un amortiguador se necesitan muchas herramientas, maquinaria y procesos de calidad, así como también los costos de diseño y fabricación de componentes nuevos es un adicional que podría ser fundamental en poder tener las condiciones ideales para poder generar una eficiente reconstrucción del amortiguador.                     |
| <b>Espacio físico disponible</b>             | Está muy claro que en los procedimientos que se ejecutan para poder llevar a cabo la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos implica tener una variedad de herramientas y maquinaria, esto es de gran importancia debido a que hay que tomar en cuenta las áreas y espacio disponibles para la ubicación de dichas herramientas y componentes, así como también mantener un lugar seguro, adecuado y libre para trabajos en frío y en caliente. |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Disponibilidad de componentes en el mercado nacional</b></p> | <p>Esta restricción podría ser una de las más importantes, ya que la disponibilidad, poder de adquisición de componentes, materiales y tecnología al nivel nacional tiene un papel fundamental en todo el proceso de reconstrucción, teniendo el alcance de adquirir dichos elementos aumentaría de gran manera la fluidez del proceso, manteniendo un inventario que cumpla con las necesidades del taller. En el caso de no tener al alcance la posibilidad de obtener los elementos necesarios al nivel nacional se tendría que optar por la importación, esto complicaría considerablemente el proceso de reconstrucción, puesto que los precios se elevarían por importaciones, fletes y también podría afectar la capacidad de reponer elementos y componentes faltantes en el inventario.</p> |
|--|--|

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 21.** Criterios del sistema a diseñar

| <b>CRITERIOS</b>          |  |
|---------------------------|--|
| <p><b>Durabilidad</b></p> | <p>Es uno de los criterios más importantes que se deben tomar en cuenta en el trabajo de reconstrucción, puesto que el objetivo principal que se tiene es alcanzar un eficiente y cómodo funcionamiento del amortiguador durante un periodo de tiempo similar a la duración que da un uno nuevo, por esta razón la durabilidad es fundamental para poder garantizar a los usuarios que su sistema de amortiguamiento será confiable, eficiente y confortable durante un periodo largo de tiempo.</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Rugosidad y acabado superficial del eje</b></p>        | <p>Es notable que en el proceso hay muchos aspectos involucrados, los cuales se pueden convertir en perturbaciones que pueden afectar e influir considerablemente el buen funcionamiento del amortiguador, uno de los aspectos más importantes es la rugosidad y acabado superficial que debe tener el eje. La dificultad de obtener un acabado superficial y una rugosidad ideal es considerablemente alta, las condiciones para conseguir este criterio son muy específicos, donde es necesario el uso de equipos, maquinarias sofisticadas y procesos estrictamente rigurosos, se debe poseer personal capacitado para el control de calidad y supervisión del eje, esto aumentaría la cantidad de personal que se requiere en todo el proceso de reconstrucción</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>Bajo costo</b></p>                                     | <p>El plan a diseñar para la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos no solo tiene que contar con un producto final confiable, duradero y con un excelente funcionamiento, también contar con una rentabilidad económica, logrando así un resultado final que sea accesible para los usuarios y donde el taller mecánico tenga un margen de ganancia adecuado.</p>   |
| <p style="text-align: center;"><b>Fácil manipulación y ejecución de los procesos</b></p> | <p>Es fundamental que la utilización de todas las herramientas, máquinas y procedimientos que se van a llevar a cabo para la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos sean de manipulación sencilla.</p>  |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

### 4.3.5 Selección de la mejor solución o toma de decisión.

#### 4.3.5.1 Comparación entre las posibles soluciones.

**Tabla 22.** Comparación de ventajas y desventajas entre las posibles soluciones

| Posible solución | Ventajas   | Desventajas   |
|------------------|--|---|
| 1                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Sustitución de componentes</li> <li>· Proceso verificado</li> <li>· Fácil llenado de aceite y nitrógeno</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Gran cantidad de maquinaria y herramientas</li> <li>· No se realiza sustitución completa de los componentes</li> </ul> |
| 2                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cilindros y eje nuevos</li> <li>· Proceso verificado</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Costos por diseño y fabricación</li> <li>· Mayor número de personal</li> </ul>   |
| 3                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Reparación, modificación y sustitución de componentes</li> <li>· Autonomía del mercado nacional</li> <li>· Tanque externo de nitrógeno</li> <li>· Optimización del eje</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Gran cantidad de maquinaria y herramientas</li> <li>· Proceso más complejo</li> <li>· Altos costos</li> </ul>          |
| 4                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Reparación, modificación y sustitución de componentes</li> <li>· Proceso verificado</li> <li>· Válvula recargable</li> <li>· Menor costos</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Gran cantidad de maquinaria y herramientas</li> <li>· Menos durabilidad de componentes por reutilización</li> </ul>    |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

#### 4.3.5.2 Aplicación de las restricciones a las probables soluciones

**Tabla 23.** Aplicación de restricciones a posible solución #1

| RESTRICCIONES | Posible solución #1  |
|---------------|--|
|               | Se puede decir que en este plan de reconstrucción se toma en cuenta las condiciones económicas presentes en el taller, la sustitución de los |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Situación económica actual del taller</b></p>                | <p>componentes averiados conseguidos en el mercado nacional además con la evaluación del estado de los elementos del amortiguador se puede concluir cuáles de ellos son reutilizables, evitando gastos por compra de nuevos elementos.</p>   |
| <p><b>Espacio físico disponible</b></p>                            | <p>Llevar a cabo la reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos es un proceso en el cual se debe estar consciente que se necesitan una variedad de equipos, herramientas para lograr un eficiente y correcto proceso de reconstrucción. En esta posible solución se trata de simplificar lo más posible la cantidad de equipos y herramientas que se utilizaran, que están compuestos por: esmeril, disco de corte, prensa, máquina de soldar, taladro, válvulas y banco de prueba</p>  |
| <p><b>Disponibilidad de componentes en el mercado nacional</b></p> | <p>En este plan se tiene como objetivo principal llevar a cabo la reconstrucción de los amortiguadores de vehículos livianos con la disponibilidad de componentes y partes en el mercado nacional, por lo tanto tiene como ventajas la rapidez y fluidez en la reposición del inventario, costos más bajos ya que se reducen precios por impuestos por importación y fletes. Por otro lado tomando en cuenta la situación económica del país se conoce que no siempre se mantiene una seguridad de producción por parte de las empresas proveedoras de los componentes y partes de amortiguadores, lo que podría generar en ocasiones retrasos y complicar la posibilidad de reponer el inventario necesario a tiempo.</p> |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 24.** Aplicación de restricciones a posible solución #2

| <b>RESTRICCIONES</b>                         | <b>Posible solución #2</b>  |
|--|---|
| <b>Situación económica actual del taller</b> | <p>La gran cantidad de procesos que se ejecutaran los equipos y herramientas a ser utilizados para la reconstrucción en esta posible solución no se adapta completamente a la restricción económica que se tiene en el taller, debido a que se plantea hacer la sustitución completa de los cilindros, lo que implica ya sea el diseño y fabricación de los mismos, o la compra a una empresa fabricante de estas partes fundamentales.</p>   |
| <b>Espacio físico disponible</b>             | <p>La estrategia planteada en esta posible solución resulta estar fuera de los parámetros y restricciones con relación al espacio físico disponible, debido que tiene mayor cantidad de equipos y herramientas que se van a utilizar para la reconstrucción de los amortiguadores. Por lo tanto genera una dificultad en poder ubicar cómodamente en el taller, teniendo como principal consecuencia incomodidades para el personal, mayor riesgo en ejecución para los trabajos en caliente y fluidez de los procesos.</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Disponibilidad de componentes en el mercado nacional</b></p> | <p>Tener la posibilidad de adquirir componentes y partes de los amortiguadores en el mercado nacional es sumamente primordial en este plan, puesto que la sustitución de los ejes y cilindros depende de la disponibilidad y fácil acceso a ellos, tomando en cuenta las variantes que se puedan presentar en las empresas fabricantes y proveedoras de dichas partes con la situación actual de país se deja esta restricción dependiendo de ellas. Por lo tanto esta estrategia podría presentar dificultades afectando el proceso de reconstrucción considerablemente.</p> |
|--|---|

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 25.** Aplicación de restricciones a posible solución #3

| <p><b>RESTRICCIONES</b></p>                         | <p><b>Posible solución #3</b></p>  |
|---|--|
| <p><b>Situación económica actual del taller</b></p> | <p>El enfoque primordial que se plantea en esta posible solución está dirigido primordialmente en la reutilización y modificación de los componentes aptos para la reconstrucción, como finalidad de evitar mayores gastos en compra de partes nuevas contando con el aprovechamiento de las mismas, en donde se contaría con un personal capacitado encargado de realizar las actividades y evaluaciones pertinentes con el fin de conseguir una reconstrucción ideal y factible.</p> |
| <p><b>Espacio físico disponible</b></p>             | <p>Las perspectivas y dirección que posee esta posible solución están de acuerdo y cumplen mayormente la restricción del espacio físico disponible en el taller, este plan se orienta en la mayor simplicidad y reducción de equipos a utilizar en la</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>ejecución de los procesos que se llevaran a cabo para la reconstrucción, ya que este aprovecha de gran forma los materiales, componentes y partes usadas y ser reutilizados o modificados para emplearlos nuevamente en el amortiguador.</p>  |
| <p><b>Disponibilidad de componentes en el mercado nacional</b></p> | <p>Uno de los principales objetivos que se tiene en esta estrategia planteada con la reutilización, modificación y reparación de los componentes del amortiguador es reducir lo mayor posible la dependencia del mercado nacional e internacional. Logrando así una autonomía de los procesos, mayor rapidez, reducción de costos y menor susceptibilidad ante posibles eventualidades que se presenten en el país, empresas y proveedores de los componentes para los amortiguadores.</p> |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 26.** Aplicación de restricciones a posible solución #4

| <b>RESTRICCIONES</b>                                | <b>Posible solución #4</b>  |
|---|---|
| <p><b>Situación económica actual del taller</b></p> | <p>La complejidad del proceso de reconstrucción que se plantea en esta posible solución condiciona un poco la restricción económica ya establecida, sin embargo se establece la mayor posibilidad de reutilización de los componentes, los cuales generan un balance aceptable para poder cumplir con la restricción económica actual del taller.</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>Espacio físico disponible</b></p>                            | <p>La cantidad de equipos y herramientas que se van a necesitar para generar la reconstrucción eficiente del amortiguador por parte de esta estrategia está dentro de las comediones físicas y espacio disponibles en taller, generando una conformidad por parte de los operadores y facilitando el desplazamiento y fluidez de equipos, herramientas en el taller, así como también tener mayor posibilidad de generar trabajos en caliente con mayor seguridad.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad de componentes en el mercado nacional</b></p> | <p>La adquisición de componentes en el mercado nacional no genera mayor problemática en la propuesta que se tiene, ya que se reduce en mayor cantidad la compra de posibles partes con la modificación y reutilización de los mismos, disminuyendo de forma positiva la cantidad de egresos que se puedan generar por comprar de dichos elementos.</p>   |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

La tabla 27 muestra la aplicación de cada restricción a las posibles soluciones.

- **Restricciones.**

- R1:** Situación económica actual del taller

- R2:** Espacio físico disponible

- R3:** Disponibilidad de componentes en el mercado nacional

- **Posibles soluciones.**

- PS1:** Posible solución #1

- PS2:** Posible solución #2

- PS3:** Posible solución #3

**PS4:** Posible solución #4

**Tabla 27.** Aplicación de las restricciones a las posibles soluciones

|               |    | Posibles soluciones |     |     |     |
|---------------|----|---------------------|-----|-----|-----|
|               |    | PS1                 | PS2 | PS3 | PS4 |
| Restricciones | R1 | Si                  | No  | Si  | Si  |
|               | R2 | Si                  | No  | Si  | Si  |
|               | R3 | Si                  | Si  | Si  | Si  |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Las restricciones aplicadas a las posibles soluciones PS1, PS2, PS3 y PS4. Dan como resultado que PS2 tiene que ser eliminada, puesto que no cumple con las restricciones R1 y R2. En cambio PS1, PS3 y PS4 se convierten en soluciones S1, S2 y S3 respectivamente.

**4.3.5.3 Aplicación de criterios a las soluciones**

**Tabla 28.** Aplicación de criterios a Solución S1

| CRITERIOS          |   |
|--------------------|---|
| <b>Durabilidad</b> | Realizando la evaluación del estado de los componentes que posee el amortiguador en esta solución se pretende la reutilización de los que estén en un estado aceptable, pero no se certifica la durabilidad y confiabilidad de los mismos debido a que no se podría sacar un promedio de tiempo de vida útil que les queda a los elementos. |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Rugosidad y acabado superficial del eje</b></p>        | <p>En la estrategia planteada en esta solución no se realizan modificaciones o procesos que lleven a eje a mejor condiciones de rugosidad ni acabado superficial, puesto que solo se realizan análisis de buen estado y condiciones del mismo para poder concluir si es apto para la reconstrucción y ser reutilizable.</p>   |
| <p><b>Bajo costo</b></p>                                     | <p>Basándose en la compra de componentes y partes de los amortiguadores en el mercado nacional se reduce considerablemente los costos por importación y fletes, además la estrategia a utilizar es la simplicidad de procesos con el objetivo de utilizar menos personal reduciendo los egresos en pago de nóminas.</p>   |
| <p><b>Fácil manipulación y ejecución de los procesos</b></p> | <p>El enfoque principal que se tiene en esta idea es la reducción de costos y simplicidad de los procesos que se llevaran a cabo durante la reconstrucción del amortiguador, cabe destacar que son técnicas y métodos que tienen que realizarse por personal capacitado y certificado debido a que se necesita el mayor cuidado y eficiencia que pueda garantizar un buen funcionamiento del amortiguador post-reconstrucción, pero aun así no son procedimientos con alta exigencia y riesgos.</p> |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 29.** Aplicación de criterios a Solución S2

| <p><b>CRITERIOS</b></p> |  |
|-------------------------|--|
|                         | <p>La evaluación minuciosa de los componentes y partes realizada en esta solución da la posibilidad de</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Durabilidad</b></p>                                    | <p>generar un balance de factibilidad, en donde se concluye si es amortiguador está dentro de los parámetros y condiciones ideales para realizar su reconstrucción y garantizar un tiempo promedio de vida que esté acorde a las exigencias del cliente.</p>   |
| <p><b>Rugosidad y acabado superficial del eje</b></p>        | <p>Posteriormente al proceso de termorociado que se ejecuta para la optimización del eje se realiza actividades de rectificado y pulido. Las condiciones mejoran considerablemente con este proceso ya que el termorociado es altamente calificado como método de recuperación, reparación y optimización de ejes.</p> |
| <p><b>Bajo costo</b></p>                                     | <p>Los costos generados por las actividades de optimización incrementan de una forma considerable, la relación costo-beneficios de esta solución está enmarcada debido a que se busca mejorar las condiciones del eje, cuyas actividades y procesos conllevan altos precios.</p>                                       |
| <p><b>Fácil manipulación y ejecución de los procesos</b></p> | <p>Los procesos y equipos necesarios para ejecutar todas las actividades pertinentes a la reconstrucción en esta solución contemplan gran rigurosidad y previa capacitación del personal que será el encargado de operar las maquinas.</p>   |

**Fuente.** Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 30.** Aplicación de criterios a Solución S3

| <b>CRITERIOS</b>                                      |  |
|---|--|
| <b>Durabilidad</b>                                    | <p>La evaluación completa de los componentes del amortiguador y el balance de factibilidad que se obtiene mediante la hoja de verificación y análisis minuciosos garantiza que el amortiguador está en condiciones que permitan una durabilidad aceptable para el usuario luego</p>  |
| <b>Rugosidad y acabado superficial del eje</b>        | <p>El eje no tiene ninguna modificación en esta estrategia, puesto que en enfoca más en la reutilización del mismo, si se tiene un buen estado y cumple con las condiciones se procede a la reconstrucción del amortiguador. Es importante que la reutilización del eje reduce de gran forma los costos por operaciones de rectificado, cromado y pulido que además si no son realizados con exactitud no garantizan un buen funcionamiento del eje.</p> |
| <b>Bajo costo</b>                                     | <p>La relación costo calidad del proceso de reconstrucción que se ejecutaran en este plan son aceptables, se utilizan mucho personal y maquinaria que genera gastos considerables pero se realizan procesos en los cuales se busca la optimización de los componentes para garantizar una buena reconstrucción y excelente funcionamiento del amortiguador.</p>  |
| <b>Fácil manipulación y ejecución de los procesos</b> | <p>No se llevaran a cabo procesos con alta complejidad, pero si es necesario que el personal tenga experiencia y una capacitación previa en donde pueda estar completamente claro cuáles son los riesgos,</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | parámetros y condiciones que conllevan las actividades de reconstrucción del amortiguador. |
|--|--|

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

C1: Durabilidad

C2: Rugosidad y acabado superficial del eje

C3: Fácil manipulación y ejecución de los procesos

C4: Bajo costo

· **Ponderación de criterios.**

**Tabla 31.** Ponderación de criterios

|          | C1  | C2  | C3  | C4  | N veces | PCx |
|----------|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
| C1       |     |     |     |     | 3       | 4   |
| C2       | C1  |     |     |     | 1       | 2   |
| C3       | C1  | C2  |     |     | 0       | 1   |
| C4       | C1  | C4  | C4  |     | 2       | 3   |
| Posición | 1ro | 3ro | 4to | 2do |         |     |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

· **Ponderación de soluciones respecto a cada criterio**

**Tabla 32.** Ponderación del criterio 1 respecto a cada solución.

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

| C1                  | S1  | S2  | S3  | N veces | Px1 N |
|---------------------|-----|-----|-----|---------|-------|
| S1                  |     |     |     | 0       | 1     |
| S2                  | S2  |     |     | 1       | 2     |
| S3                  | S3  | S3  |     | 2       | 3     |
| Orden de aceptación | 3ro | 2do | 1ro |         |       |

**Tabla 33.** Ponderación del criterio 2 respecto a cada solución.

| <b>C2</b>                  | <b>S1</b>  | <b>S2</b>  | <b>S3</b>  | <b>N veces</b> | <b>Px2 N</b> |
|----------------------------|------------|------------|------------|----------------|--------------|
| <b>S1</b>                  |            |            |            | <b>1</b>       | <b>2</b>     |
| <b>S2</b>                  | <b>S1</b>  |            |            | <b>0</b>       | <b>1</b>     |
| <b>S3</b>                  | <b>S3</b>  | <b>S3</b>  |            | <b>2</b>       | <b>3</b>     |
| <b>Orden de aceptación</b> | <b>2do</b> | <b>3ro</b> | <b>1ro</b> |                |              |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 34.** Ponderación del criterio 3 respecto a cada solución.

| <b>C3</b>                  | <b>S1</b>  | <b>S2</b>  | <b>S3</b>  | <b>N veces</b> | <b>Px3 N</b> |
|----------------------------|------------|------------|------------|----------------|--------------|
| <b>S1</b>                  |            |            |            | <b>2</b>       | <b>3</b>     |
| <b>S2</b>                  | <b>S1</b>  |            |            | <b>1</b>       | <b>2</b>     |
| <b>S3</b>                  | <b>S1</b>  | <b>S2</b>  |            | <b>0</b>       | <b>1</b>     |
| <b>Orden de aceptación</b> | <b>1ro</b> | <b>2do</b> | <b>3ro</b> |                |              |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 35.** Ponderación del criterio 4 respecto a cada solución.

| <b>C4</b>                  | <b>S1</b>  | <b>S2</b>  | <b>S3</b>  | <b>N veces</b> | <b>Px4 N</b> |
|----------------------------|------------|------------|------------|----------------|--------------|
| <b>S1</b>                  |            |            |            | <b>2</b>       | <b>3</b>     |
| <b>S2</b>                  | <b>S1</b>  |            |            | <b>0</b>       | <b>1</b>     |
| <b>S3</b>                  | <b>S1</b>  | <b>S3</b>  |            | <b>1</b>       | <b>2</b>     |
| <b>Orden de aceptación</b> | <b>1ro</b> | <b>3ro</b> | <b>2do</b> |                |              |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

**Tabla 36.** Evaluación final para escogencia de la mejor solución.

| PCx | Px1 | (PCx)(Px1)   | Px2 | (PCx)(Px2)   | Px3 | (PCx)(Px3)   |
|-----|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| 4   | 1   | 4            | 2   | 8            | 3   | 12           |
| 2   | 2   | 4            | 1   | 2            | 3   | 6            |
| 1   | 3   | 3            | 2   | 2            | 1   | 1            |
| 3   | 3   | 9            | 1   | 3            | 2   | 6            |
|     |     | <b>X1=20</b> |     | <b>X2=15</b> |     | <b>X3=25</b> |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

### **X3>X1>X2**

Una vez realizado el análisis por el método de ponderación de criterios y soluciones, se tiene que la solución S3 obtuvo un mayor puntaje, lo cual indica, que dicha solución se adapta más a los criterios fijados en las especificaciones del sistema a diseñar, por lo que se concluye que S3 es la mejor solución.

#### **4.4 Diseñar un manual para reconstrucción de amortiguadores automotrices en vehículos livianos.**

Una vez determinada que la mejor solución es S3 en la fase de investigación anterior, se procede a detallar los elementos, procedimientos, maquinaria y herramientas que constituyen a dicha solución, que pasara a denominarse “Plan de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos en Venezuela SQ-2020”.

El manual para reconstrucción de amortiguadores se puede apreciar en el apéndice A.

##### **4.4.1 Diagrama de flujo del proceso de reconstrucción de amortiguadores**

Siguiendo el paso a paso diseñado en el manual “Plan de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos en Venezuela SQ-2020”. Se elabora el diagrama de flujos correspondiente a todas las actividades y pasos requeridos para ejecutar eficientemente la reconstrucción. Observar Apéndice B

#### **4.5 Comprobar la factibilidad económica de la implementación del proceso de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos.**

Para la realización de esta actividad fue necesario contar con las siguientes cifras preliminares:

##### **4.5.1 Inversión inicial del sistema propuesto**

En este segmento se especifican los costos asociados a la adquisición de los materiales y mano de obra para la fabricación del dispositivo. La tabla x muestra los ítems de cada elemento y material obligatorio para realizar la reconstrucción del amortiguador, así como el costo unitario de cada elemento, la cantidad y el costo total por elemento.

La vida útil del proyecto se calcula con una estimación de 6 años, cuyo dato estará a disposición para generar y calcular la depreciación de los activos fijos. Cabe destacar que los costos unitarios aproximados que varían constantemente por la situación económica del país.

**Tabla 37.** Inversión inicial

| <b>HERRAMIENTAS, MAQUINARIA, EQUIPOS Y ELEMENTOS</b> |                          |                 |                       |
|--|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Descripción</b>                                   | <b>Precio Unit. (\$)</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Sub-Total (\$)</b> |
| <b>Prensa de mesa</b>                                | 30\$                     | 1               | 30\$                  |
| <b>Prensa vertical</b>                               | 200\$                    | 1               | 200\$                 |
| <b>Esmeril</b>                                       | 40\$                     | 2               | 80\$                  |
| <b>Disco de corte</b>                                | 2\$                      | 6               | 12\$                  |
| <b>Disco de desbaste</b>                             | 2\$                      | 4               | 8\$                   |
| <b>Cinzel</b>  | 5\$                      | 2               | 10\$                  |

|   |                          |                 |                       |
|---|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Martillo</b>   | 5\$                      | 2               | 10\$                  |
| <b>Válvulas</b>   | 1\$                      | 120             | 120\$                 |
| <b>Kit de Estoperas</b>                                 | 5\$                      | 4               | 20\$                  |
| <b>Kit de pulitura</b>                                  | 20\$                     | 4               | 80\$                  |
| <b>Máquinas de soldar</b>                               | 150\$                    | 2               | 300\$                 |
| <b>Electrodos 6010</b>                                  | 10\$                     | 1               | 10\$                  |
| <b>Electrodos 7018</b>                                  | 10\$                     | 1               | 10\$                  |
| <b>Generadora de nitrógeno</b>                          | 800\$                    | 1               | 800\$                 |
| <b>Aceite hidráulico</b>                                | 5\$                      | 10              | 50\$                  |
| <b>Taladro</b>  | 50\$                     | 1               | 50\$                  |
| <b>Mecha de ¼ pulg</b>                                  | 8\$                      | 10              | 80\$                  |
| <b>Banco de prueba para amortiguadores</b>              | 200\$                    | 1               | 200\$                 |
| <b>Total varios</b>                                     |                          |                 | <b>2070\$</b>         |
| <b>Total Activos fijos</b>                              |                          |                 | <b>1680\$</b>         |
| <b>Depreciación</b>                                     |                          |                 | <b>280\$</b>          |
| <b>RECURSOS HUMANOS</b>                                 |                          |                 |                       |
| <b>Descripción</b>                                      | <b>Precio Unit. (\$)</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Sub-Total (\$)</b> |
| <b>Personal de evaluación, reconstrucción y montaje</b> | 30\$                     | 3               | 90\$                  |
| <b>Capacitación del personal</b>                        | 5\$                      | 3               | 15\$                  |

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| <b>Total recursos humanos</b>        | <b>105 \$</b>  |
| <b>TOTAL DE LA INVERSION INICIAL</b> | <b>2175 \$</b> |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

#### 4.5.2 Costos de servicios por orden de reconstrucción

En la tabla 38 que se muestra a continuación se presentan todos los gastos que se generan para llevar a cabo el plan de reconstrucción de los amortiguadores en vehículos livianos, se toman en cuenta desde actividades de diseño, ingeniería y servicios, hasta los materiales y recursos que se van requiriendo para cumplir con el objetivo trazado.

**Tabla 38.** Costos de servicios por orden de reconstrucción

| <b>RECURSOS VARIOS</b>                      |                          |                 |                       |
|---|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Descripción</b>                          | <b>Precio Unit. (\$)</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Sub-Total (\$)</b> |
| <b>Aceite hidráulico</b>                    | 1 \$                     | 1               | 1\$                   |
| <b>Inyección de nitrógeno</b>               | 1.5 \$                   | 1               | 1.5\$                 |
| <b>Sustitución de estopera</b>              | 0.8\$                    | 1               | 0.8\$                 |
| <b>Válvula incorporada</b>                  | 1\$                      | 1               | 1\$                   |
| <b>Pulido del eje</b>                       | 2\$                      | 1               | 2\$                   |
| <b>Servicio de banco de prueba</b>          | 1\$                      | 1               | 1\$                   |
| <b>Mano de obra</b>                         | 10\$                     | 1               | 10\$                  |
| <b>Electrodos, discos de cortes y otras</b> |                          |                 |                       |

|   |       |   |              |
|---|-------|---|--------------|
| <b>herramientas usadas en la reconstrucción</b>                       | 2.7\$ | 1 | 2.7\$        |
| <b>Total costos por servicio de reconstrucción. (Precio de venta)</b> |       |   | <b>20 \$</b> |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Todos los recursos observados ya tienen incluidos el porcentaje de ganancia para el taller.

#### 4.5.3 Proyección de ventas anuales

Según los estudios de mercado, la demanda insatisfecha y las entrevistas no estructuradas aplicadas en los talleres encargados de reconstrucción de amortiguadores, se pudo aproximar una cantidad de reconstrucciones posibles en el primer año de 1000 unidades, Con un incremento de 300 unidades reconstruidas por año. A continuación se presenta en la tabla x la proyección de ventas en 6 años según los estudios de mercado realizados

**Tabla 39.** Proyección de ventas anuales y acumuladas de ingresos

| Año                          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proyección de ventas anuales | 1000    | 1300    | 1600    | 1900    | 2200    | 2500    |
| Acumulado de ingresos \$     | 20000\$ | 26000\$ | 32000\$ | 38000\$ | 44000\$ | 50000\$ |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

#### 4.5.4 Costos operacionales del plan de reconstrucción propuesto

Los costos operacionales son los gastos relacionados con la operación y realización de plan de reconstrucción, puede decirse que son los costos de los recursos utilizados por una organización para mantener su existencia. A continuación en la tabla x se desglosan dichos gastos generados para ejecutar la actividad de reconstrucción.

**Tabla 40.** Costos de operacionales

| <b>Costos operacionales anuales</b>                      |                          |                 |                       |
|--|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Descripción</b>                                       | <b>Precio Unit. (\$)</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Sub-Total (\$)</b> |
| <b>Servicio de mantenimiento de equipos</b>              | 800\$                    | 1               | 800\$                 |
| <b>Servicios de papelería y oficina</b>                  | 200\$                    | 1               | 200\$                 |
| <b>Servicios de limpieza</b>                             | 300\$                    | 1               | 300\$                 |
| <b>Publicidad y mercadeo</b>                             | 400\$                    | 1               | 400\$                 |
| <b>Renovación de inventarios en equipos consumibles</b>  | 2000\$                   | 1               | 2000\$                |
| <b>Total costos operacionales del servicio propuesto</b> |                          |                 | <b>3700\$</b>         |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

Los costos que se mostraron en la tabla x fueron estimados para un periodo de un año, incluye el valor de salarios y honorarios profesionales, insumos en general y cualquier otro costo involucrado. Cuyo valor anual tendrá un incremento de 30% debido al aumento de producción y ventas.

#### 4.5.5 Flujos monetarios anuales

**Tabla 41.** Valor actual

| <b>Año</b>                  | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b>  | <b>5</b>    | <b>6</b> |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|----------|
| <b>Inversión inicial</b>    | -2175\$  |          |          |          |           |             |          |
| <b>Ingresos por ventas</b>  |          | 20000 \$ | 26000 \$ | 32000 \$ | 38000 \$  | 44000 \$    | 50000\$  |
| <b>Costos operacionales</b> |          | 3700 \$  | 4810 \$  | 6253 \$  | 8128.9 \$ | 10567.57 \$ | 13737 \$ |

|                        |         |          |          |          |            |             |          |
|------------------------|---------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|
| <b>Depreciación</b>    |         | 280 \$   | 280 \$   | 280 \$   | 280 \$     | 280 \$      | 280 \$   |
| <b>Flujo de fondos</b> | -2175\$ | 16020 \$ | 20910 \$ | 25467 \$ | 29591.1 \$ | 33152.43 \$ | 35983 \$ |

Fuente. Sanchez J. y Quintero F. (2020)

$$VAN = -2175\$ + \frac{16020\$}{(1+0.1)} + \frac{20910\$}{(1+0.1)^2} + \frac{25467\$}{(1+0.1)^3} + \frac{29591.1\$}{(1+0.1)^4} + \frac{33152.43\$}{(1+0.1)^5} + \frac{35983\$}{(1+0.1)^6}$$

$$VAN = -2175 \$ + 14563 \$ + 17280 \$ + 19133.73 \$ + 20211.11\$ + 22643.55\$ + 20585.05\$ + 20311.46\$$$

$$VAN = 132552.17 \$$$

**Es factible el proyecto ya que VAN > 1**

Referente al Valor actual neto resultante al estudio económico que se ejecutó al proyecto de reconstrucción de amortiguadores, se puede identificar su factibilidad monetaria. Pero sin embargo este estudio no contempla muchos factores que inciden considerablemente en el flujo monetario de dicho proyecto. Así como la reducción de la cantidad amortiguadores para reconstruir, debido a las condiciones de sus partes, estado de las fallas y averías que están presentes en el, negando la posible reconstrucción.

Otro aspecto muy importante que genera desventajas económicas para el proyecto, es la alta exigencia y calidad que se debe tener post-reconstrucción de cada amortiguador, por consecuente puede traer consigo devoluciones por no cumplir la garantía de su vida útil ni estar dentro de las condiciones más ideales para su eficiente funcionamiento. Cabe destacar que los procesos que se llevan a cabo para la reconstrucción son complejos y se requiere profesionalismo y conocimiento amplio sobre el tema.

Como idea de negocio se puede considerar como una opción sin trascendencia a futuro, por la razón de que el precio de adquisición de un amortiguador nuevo es muy similar al costo por servicio de reconstrucción que se está estableciendo en el presente proyecto. Teniendo como consecuencia la poca receptividad y agrado por parte del público.

## CONCLUSIONES

- Se diagnostica muchas necesidades que actualmente están vigentes con respecto a los procedimientos, herramientas e información empleada por los talleres. Por lo tanto la investigación como tal, arrojó que es necesaria una esquematización del proceso de reconstrucción en amortiguadores para vehículos livianos. El cual son estas pautas propuestas las que deben operar como una herramienta confiable a recurrir al momento de ejecutar el proceso, esperando una eficiencia post-reconstrucción. Donde la mejor forma de implementar pautas concretas capaces de generar un cambio de los procesos, es mediante un manual que pueda ser de fácil entendimiento para el personal común. Además se detectó fallas en las herramientas de recolección de datos y falta de objetividad al observar, por lo tanto es necesaria la implementación de nuevas herramientas para ser utilizadas.
- Fue a partir del diagnóstico y observación directa de los procesos realizados actualmente por los talleres, que se pudo concluir una gran falta de información y conocimiento sobre el amortiguador, como un sistema que entra en función con parte de un exigente componente del vehículo. Por lo tanto fue gracias a la investigación, acompañado de análisis ingenieril de los aspectos críticos que entran y componen al amortiguador, que se pudo conocer aún más el nivel de ignorancia que tienen estas personas que dicen llamarse especialistas en el área de amortiguación. Enfatizando que los puntos abordados por la mayoría de los talleres eran con resultados burdos, mostrando poco interés en finales eficientes, sino más bien el beneficio

monetario. Lo cual manifiesta demostrar la falta de profesionalismo y de ética, al realizar este tipo de acciones. Teniendo en cuenta los aspectos críticos del desgaste detallados en este trabajo de investigación. Finalmente, todos estos aspectos mencionados se pudieron utilizar como componente para el análisis y conversión de todos los detalles mencionados en propuestas tangibles de reconstrucción de amortiguadores que pudieran ser empleadas.

- Así también con la obtención de propuestas para crear nuevos métodos y técnicas de reconstrucción de amortiguadores. Se puede apreciar los diferentes puntos de vista que se pueden obtener, impulsados por una situación problemática presente en el territorio nacional, el cual puede ser resuelto de manera aislada pero todas con un grado de eficiencia presente, las cuales resultaron ser mucho mejor a las que se emplean actualmente en territorio nacional, siendo resultado del análisis de parte de los investigadores al procesar la información pertinente a lo sucedido actualmente. Destacando y recomendando la utilización de una propuesta en específico, que posteriormente se desglosaría en el manual. Es entonces que se concluye, que esta problemática podría ser resuelta, teniendo en cuenta aspectos económicos y de disponibilidad que se vive actualmente en el país.
- Construido a partir de la propuesta más apropiada a emplear, se obtiene el manual de reconstrucción para aplicar en Venezuela, componente fundamental de la investigación que se realizó. En donde observando su construcción, primeramente se puede apreciar que con un conocimiento previo sobre las técnicas empleadas en él, puede realizarse sin ninguna complejidad el paso a paso especificado en el manual. Lo que crea una gran receptividad por partes de los usuarios que quieran utilizarlo como herramienta textual para la implementación tanto en uso individual, como en uso dentro de un taller. Por lo que nos deja la importante recompensa de tener un manual como resultado de toda la investigación realizada, el cual es

tangente y dirigido a resolver la situación problemática pudiendo ser utilizado más adelante como proceso de reconstrucción predilecto.

- Seguidamente posterior al manual, se procede a generar el balance financiero del plan que se generó, una de los objetivos principales que se tenía desde el inicio con este proyecto era poder hallar una solución tanto efectiva como factible para la sociedad. Mediante un estudio de mercado se puede proyectar un estimado de ventas, y así como también constituir una relación costo beneficio que contemplando todos los flujos monetarios se determinó estadísticamente que la implementación del plan de reconstrucción es aceptable como proyecto de inversión.
- Se toma en cuenta que la factibilidad económica con respecto a los usuarios que desean someter sus amortiguadores a un proceso de reconstrucción, no tienen una buena relación costos-beneficios debido a que el precio por reconstrucción por cada amortiguador es similar al costo de un amortiguador nuevo, donde predomina la dificultad de poder generar un proceso de alta calidad como en los fabricantes de amortiguadores.

## RECOMENDACIONES

- Primeramente se puede recomendar que para la utilización del manual e implementación de los procedimientos contemplados en el mismo, debe contarse con personal capacitado conocimiento sobre todo lo respectivo a amortiguadores de vehículos livianos, conociendo los efectos que pueden verse involucrados, consecuencia de los daños generados por el funcionamiento dentro del vehículo. Donde es este nivel de formación el determinante de la capacidad de receptividad por parte de los lectores del contenido realizado. Para posteriormente ser utilizados como fundamentos a para una reconstrucción eficiente.
- Se recomienda un conocimiento extenso sobre las fallas que se pueden presentar en el amortiguador averiado y como clasificar su magnitud en leve, media y alta con respecto a su criticidad dentro del amortiguador. Concentrando la importancia de todo este conocimiento en una persona especializada en la observación del amortiguador al momento de ser recibido para su reconstrucción. Siendo este el encargado de juzgar si es conveniente o no, realizar las acciones pertinentes del manual que seguidamente necesitará un juicio analítico de las características de los componentes internos para la continuación de las acciones.
- Lo cual es este conocimiento el que debe ser utilizado en la herramienta de recolección de datos propuesta por parte del trabajo de investigación, que en este caso es la hoja de verificación, construida para contener todos los puntos críticos a observar, que producen la formulación de la siguiente recomendación. La cual es, se recomienda que se cumpla apegadamente las funciones del check-list adaptando los conocimientos sobre las fallas que

puedan estar presentes y su magnitud en plasmarse adecuadamente las características observadas a través de la observación visual directa.

- Añadiendo a lo antes descrito, se recomienda gran capacidad de manipulación de herramientas y habilidades considerables en la realización de procesos de manufactura para ser capaz de obtener el mayor rendimiento de las técnicas descritas en el manual. Donde se debe considerar que estos procesos deben realizarse con gran cautela para no provocar afectaciones colaterales de estas a los componentes del amortiguador.
- La capacidad de inversión también es un punto a considerar cuando se habla de la implementación en talleres, por el cual se debe realizar la cantidad de inversión descrita en el trabajo de investigación, ya que esta está pensada con las herramientas más convenientes a la realización del procedimiento de reconstrucción en nuestro territorio, con intenciones siempre de obtener un resultado eficiente del amortiguador. Por lo que no se debe escatimar gastos al implementar toda la maquinaria necesaria para un resultado post-reconstrucción eficiente, que cumpla las necesidades de los vehículos.
- Por parte de los demandantes del servicio de reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos. Se recomienda, una concientización sobre los procesos que ese están efectuando actualmente en los talleres de reconstrucción, donde es necesario que se conozcan todas las faltas que suceden en el proceso, para no ceder un componente tan importante como lo es el amortiguador a talleres con gran falta de ética e ignorancia de las necesidades que estos contienen en su interior. Por lo tanto lo más conveniente para las dos partes es una inspección de los procesos de parte del cliente, para su análisis y juicio. Donde podría ser utilizado la lectura del trabajo de investigación presente, para mayor conocimiento.
- Se propone la implementación del manual de reconstrucción, siendo necesaria para la mejora de los actuales procesos. Este debe ser empleado bajo riguroso periodo de prueba, en busca de fallas resultantes. Aunque este manual sea

factible su construcción e implementación para la resolución del problema, se recomienda ser probado en alto número de procesos y en diferentes condiciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, Fidas G. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Venezuela: 6ta Edición, Editorial Episteme
- Aparicio Izquierdo, F., Vera Álvarez, C., Díaz López, V. (1995). “**Teoría de los vehículos automóviles**”. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
- Báez, Marcos. (2017). “**Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo**”. Tesis para optar por el título de Doctor de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Terrassa, Barcelona, España.
- Efa Mora Lataz. (2010) Electromecánica de Vehículos. Circuitos de Fluidos, Suspensión y Dirección <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T6.pdf>
- F. M. White. -Mecánica de fluidos (McGraw-Hill book, 2001).
- Fernández Casas, Raúl. (2008) “**Modelado de un sistema de suspensión de un vehículo automóvil mediante Simmechanics**”. Directora: M<sup>a</sup> Jesús López Boada. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Tamayo y Tamayo Mario. (2016). *Serie Aprender a Investigar. Módulo 2. La Investigación*. Colombia: 3<sup>a</sup> Edición Instituto Colombiano para el Fomento de la educación Superior. ICFES.
- Warren M. Rohsenow. -Handbook of heat transfer (McGraw-Hill book, 1998)
- Welty. -Transferencia de calor aplicada a la ingeniería (Limusa book, 1996).
- Wong. -Handbook of heat transfer for engineers (McGraw-Hill book, 1982).

# APÉNDICE A





**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

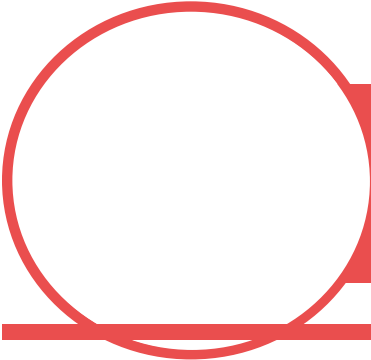
**MANUAL PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE**  
**AMORTIGUADORES EN VEHÍCULOS LIVIANOS**  
**“SQ-2020”**

**Autores:**

Sánchez Rodríguez, Jesús Daniel.


Quintero Blanco, Fernando Rafael.

Febrero de 2020. San Diego Edo. Carabobo, Venezuela.



# Manual para la reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos“SQ-2020”

## INTRODUCCIÓN



El siguiente manual a continuación presentará el procedimiento a seguir paso a paso, para ejecutar la reconstrucción del amortiguador de manera eficiente, bajo las condiciones, parámetros y estatutos de seguridad. Considerándose como un material de apoyo al cual se puede recurrir para saber en etapas los procesos a realizar con sus herramientas correspondientes. Procurando proponer e impulsar una estandarización del proceso de reconstrucción de amortiguadores en Venezuela, ya que actualmente no existe un manual de procesos preestablecido. Además se puede encontrar incluido en este manual nuevas herramientas de observación, propuestas para la recolección de datos al momento de manipular con amortiguadores averiados, las cuales actualmente tampoco están previstas en el territorio nacional.

Se les recomienda a todos los usuarios y operadores que pretendan recurrir a este manual, seguir rigurosamente el proceso como se indica. Así como también ejecutar las acciones siguiendo las recomendaciones de maquinarias, herramientas, equipos y materiales sugeridas dentro de este material de apoyo. Considerando que todos los detalles plasmados en este artículo, fueron pensados acorde a las disponibilidades actuales que se tiene en el territorio nacional y buscando la eficiencia del amortiguador post-reconstruido.

Recomendando la lectura del trabajo de investigación “**Elaboración de plan para la reconstrucción de amortiguadores automotrices y determinar la factibilidad económica en vehículos livianos**”, que sirve como justificación de los puntos reflejados en este manual, sin olvidar que además funciona para desarrollar conocimientos referente al amortiguador automotriz. Acotando que en caso de que el procedimiento plasmado en este manual, no sea realizado de forma apegada, no garantizamos la eficiencia en el resultado del amortiguador reconstruido. De lo contrario si es realizado el manual de forma apegada, bajo todas las recomendaciones, el periodo de garantía estipulado post-reconstrucción es de 9 meses.

## ELEMENTOS PRINCIPALES QUE COMPONEN EL PLAN DE RECONSTRUCCIÓN.

| ELEMENTO  | FUNCIÓN   |
|---|---|
| <p data-bbox="110 296 480 327"><b>ESMERIL ANGULAR</b></p>  | <p data-bbox="878 296 1552 762">Los equipos utilizados para generar el corte y apertura del amortiguador tienen que proporcionar y garantizar un cuidadoso control de la profundidad, por esta razón la selección de estas herramientas tienen que basarse principalmente en la fácil y segura manipulación, sin necesidad de estrictos estudios técnicos para obtener un proceso donde estén involucradas las cautelas necesarias para no causar daños colaterales en las piezas del amortiguador. Daños colaterales que pueden ser controlados, gracias a que contemplar la porción de material que ha sido cortado es también importante para saber.</p> |
| <p data-bbox="110 850 310 882"><b>ESTOPERA</b></p>        | <p data-bbox="878 850 1552 1056">En el país existe una variedad de estoperas disponibles en el mercado nacional, las cuales su selección adecuada es primordial para garantizar las condiciones ideales para un eficiente funcionamiento del amortiguador posteriormente a su reconstrucción.</p> <p data-bbox="878 1104 1552 1276">Cuando particularmente esta variedad también esta nutrida de estoperas inadecuadas para su uso principalmente por ser de dudosa procedencia en fabricación, deficiencia en el diseño y baja calidad de los materiales utilizados.</p>   |
| <p data-bbox="110 1413 293 1444"><b>TALADRO</b></p>      | <p data-bbox="878 1413 1552 1728">Para la instalación de las válvulas que serán capaces de manejar los fluidos en el amortiguador, es necesario tener como herramienta un taladro el cual tendrá como fin realizar las perforaciones pertinentes en la estructura del amortiguador. Este tendrá que ser de fácil manipulación, donde el proceso de perforación sea controlado según las condiciones deseadas.</p>   |

| ELEMENTO  | FUNCIÓN  |
|---|--|
| <p><b>MECANISMOS DE SUJECION:</b></p> <p><b>PRENSA DE BANCO.</b></p>  <p><b>PRENSA DE VERTICAL.</b></p>  | <p>Para la ejecución de la reconstrucción del amortiguador es necesario una herramienta capaz de brindar una capacidad de sujeción muy estable, que no permita posibilidad de vibraciones y movimientos indeseados que puedan afectar en el proceso de corte y apertura, así como también debe proporcionar una fácil manipulación por parte de los operadores, en donde se mantenga la seguridad y confianza. Sin olvidar la comodidad de interacción con las técnicas tanto de corte y de soldadura.</p> |

| ELEMENTO  | FUNCIÓN   |
|---|---|
| <p><b>GENERADORA DE NITRÓGENO</b></p>  | <p>Se conoce que el nitrógeno mejora y optimiza el funcionamiento del amortiguador ya que proporciona mejores cualidades al aceite hidráulico. En este plan de reconstrucción no podía pasar por desapercibido este importante elemento si se tiene como enfoque obtener como producto final un amortiguador con alta confiabilidad, durabilidad y excelente desempeño en todo su funcionamiento. Por esta razón es necesario tener dentro de los equipos a utilizar en el plan de reconstrucción una Generadora de nitrógeno que cumpla con las necesidades, parámetros y seguridad requeridos para el proceso en el que estará involucrado.</p> |
| <p><b>EQUIPO DE SOLDADURA</b></p>    | <p>Obtener la hermeticidad ideal y necesaria para conseguir un funcionamiento adecuado del amortiguador posterior a la sustitución, modificación y reconstrucción del mismo es obligatorio generar un sellado ideal de la estructura, por ende un equipo de soldadura es la herramienta más adecuada para cumplir dichas necesidades, una buena ejecución de los procedimientos de ensamblaje son primordiales. Para realizar las operaciones de sellado se sugiere una máquina de soldar que pueda aportar 120 Amp de corriente directa (DC) con polaridad negativa y electrodos E6010 y E7018 de diámetro 5/32 pulg o 3/16 pulg</p>             |

| ELEMENTO  | FUNCIÓN  |
|---|--|
| <p><b>EQUIPOS DE VERIFICACIÓN:</b></p>  | <p>La confiabilidad de cualquier sistema, maquina o dispositivo depende mucho de la calidad de sus procesos de fabricación y manufactura. En este plan la confiabilidad y eficiencia de los amortiguadores luego de realizar todos los métodos adecuados para su reconstrucción tienen que ser evaluados y verificados con mucha exigencia. De esto depende el nivel de seguridad y garantía de que todas las técnicas aplicadas fueron realizadas bajo las condiciones, normas y criterios establecidos con el fin de buscar la excelencia. Por consiguiente se hace la propuesta de tener a disposición un banco de prueba para amortiguadores y realizar pruebas no destructivas a la estructura del amortiguador en búsqueda de posibles imperfecciones que puedan afectar el sistema y funcionamiento de amortiguamiento.</p> |

# **PASO A PASO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA RECONSTRUCCION**

## **ETAPA I**

### **EVALUACIÓN EXTERNA.**

**Registro del amortiguador a reconstruir.**

**Registrar características de diseño del amortiguador, aspectos como, marca del amortiguador, tipo de amortiguador, marca del vehículo y ubicación del amortiguador en el vehículo.**

**Observación de las características de avería que presenta el amortiguador en el exterior.**

**Utilización del segmento 1 del check-list “SQ-2020”. Observar de forma visual y directa los puntos claves designados dentro de la herramienta de recolección de datos.**

**Registrar las características percibidas en las casillas del check-list, para su posterior procesamiento en el formato de aprobación.**

**Comprobar aptitud del amortiguador para procederse a su proceso de reconstrucción**

**Utilizar el formato de aprobación designado en el check-list. Teniendo en cuenta la rigurosa necesidad de cumplirse, para ser considerado como un amortiguador apto para su reconstrucción.**

**En caso de cumplir las condiciones exigidas por el formato de aprobación, se considerará al amortiguador positivamente apto para su reconstrucción. Posteriormente procediéndose a la realización de la etapa 2**

**Contrariamente, si el amortiguador no cumple todas las condiciones exigidas por el formato de aprobación, se considerará al amortiguador negativamente apto para su reconstrucción.**

**Posteriormente procediéndose a su descarte de la realización del proceso de reconstrucción.**

# Manual para la reconstrucción de amortiguadores de vehículos livianos “SQ-2020”

## Hoja de verificación (Check-list)

### Registro del amortiguador a reconstruir

|                           |                             |        |
|---------------------------|-----------------------------|--------|
| Marca del amortiguador:   | Tipo de amortiguador:       |        |
| Marca del vehículo:       | Ubicación del amortiguador: |        |
| Código de identificación: | Nombre del cliente:         | Fecha: |

### Detección de fallas en el amortiguador averiado

#### 1. Observación visual de las características externas del amortiguador: Fallas observadas en la visualización de los componentes externos del amortiguador a reconstruir.

| Fallas por localizar en la visualización externa  | Presencia |    | Magnitud |   |   | Comentarios |
|---|-----------|----|----------|---|---|-------------|
|   | Si        | No | L        | M | A |             |
| 1.1 Desgaste en la rosca de sujeción del eje.   |           |    |          |   |   |             |
| 1.2 Deformación del eje por flexión.  |           |    |          |   |   |             |
| 1.3 Fugas de aceite en la estopera del amortiguador.  |           |    |          |   |   |             |
| 1.4 Grietas, fisuras y ralladuras en el eje.  |           |    |          |   |   |             |
| 1.5 Grietas y fisuras en las paredes del cilindro externo.  |           |    |          |   |   |             |
| 1.6 Grietas y fisuras en el tope superior del cilindro externo.   |           |    |          |   |   |             |
| 1.7 Daños en el strut del amortiguador. (En caso de poseer).  |           |    |          |   |   |             |
| 1.8 Ausencia de aceite dentro del amortiguador. (Efectuar el ciclo de compresión y tracción del amortiguador, al no ofrecer resistencia alguna significa ausencia de aceite).     |           |    |          |   |   |             |
| 1.9 Ausencia de nitrógeno en el amortiguador. (Efectuar el ciclo de compresión del amortiguador, al no regresar al eje a su posición inicial, se considera ausente de nitrógeno). |           |    |          |   |   |             |
| 1.10 Signos de estallamiento en el amortiguador. (Aberturas profundas en las paredes del cilindro externo).   |           |    |          |   |   |             |

**NOTA; Marcar con una “X” la opción acorde si existe o no presencia de falla. En el recuadro de magnitud, marcar con respecto a la magnitud de falla “L” leve, “M” media y “A” alta.**

## 1er Formato de aprobación para la reconstrucción del amortiguador

### Segmento de visualización externa.

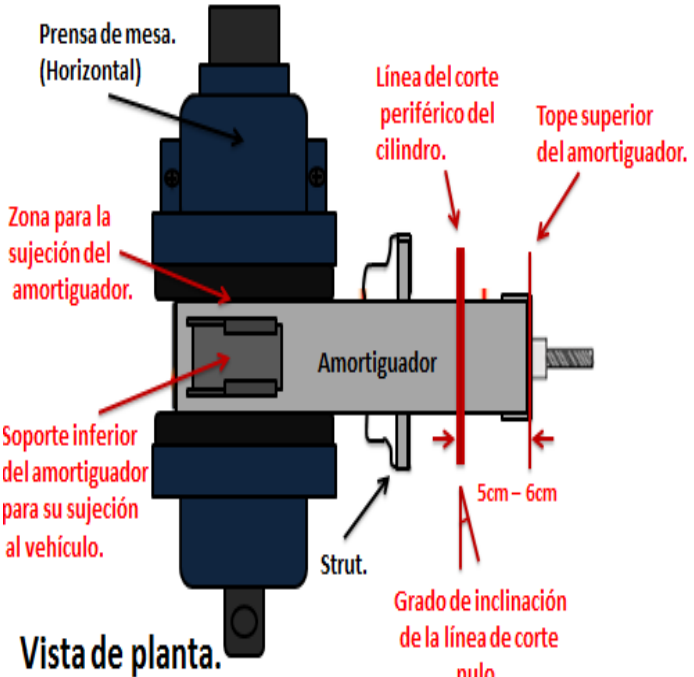
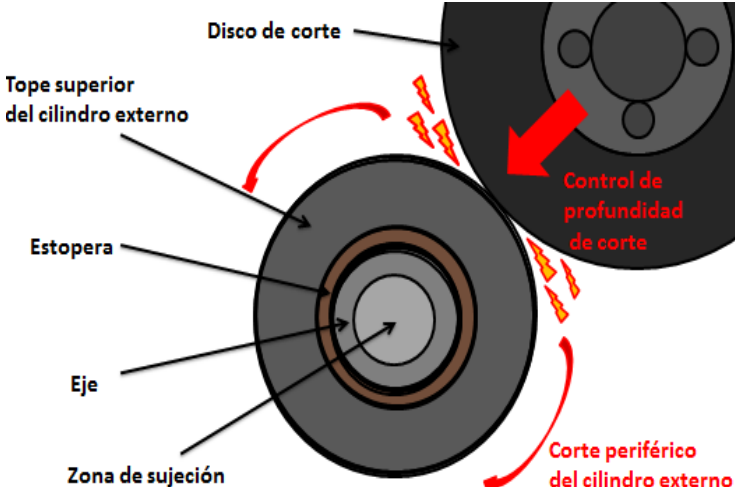
**Nota; En el recuadro del formato de aprobación, estarán representadas las fallas con su respecta magnitud de esta forma 1.1 “M”. Estas fallas reflejadas a continuación son las previstas para considerar al amortiguador “No apto” para su reconstrucción. Marcar con una “X” la falla.**

**La existencia de algunas de estas fallas con la respectiva magnitud especificada, es suficiente para considerarse rechazado, de lo contrario es aprobado para reconstruir.**

| 1.1 “M” y “A” | 1.2 “L”, “M” y “A”  | 1.4 “L”, “M” y “A” | 1.5 “A”  | 1.6 “L”, “M” y “A” |
|---------------|---------------------|--------------------|----------|--------------------|
|               |                     |                    |          |                    |
| 1.7 “M” y “A” | 1.10 “L”, “M” y “A” | Firma              | Aprobado | Rechazado          |
|               |                     |                    |          |                    |

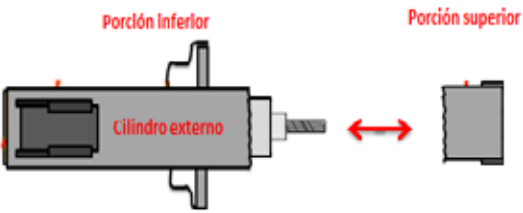
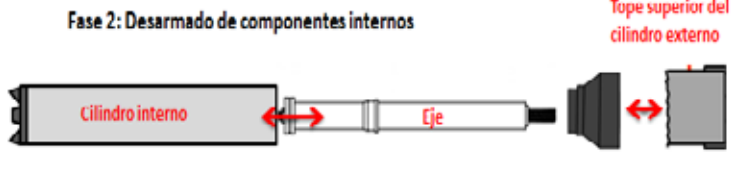

## ETAPA II

### APERTURA DEL AMORTIGUADOR

| FIGURA  | PROCEDIMIENTO   |
|---|---|
| <p><b>SUJECION</b></p>  <p><b>Vista de planta.</b></p> <p><b>CORTE</b></p>  <p><b>Vista transversal del tope superior del amortiguador</b></p> | <p><b>Sujeción del amortiguador a la prensa de mesa</b><br/>El amortiguador es presentado a la prensa de mesa, dispuesto a su sujeción en el área inferior al strut. (es necesario mantener una alineación horizontal del amortiguador y estabilidad para garantizar la comodidad del proceso).<br/>En caso del amortiguador por diseño no contenga la estructura del strut la ubicación de su ubicación será a disposición de la comodidad del operador.<br/>Iniciar el corte mediante la utilización del esmeril.<br/>La ubicación del corte será en un rango de 5 a 6 cm medidos desde el tope superior hacia la parte inferior del amortiguador.<br/>El corte tiene que ser uniforme a través de todo el perímetro del cilindro externo.<br/>La penetración de corte debe ser controlada, evitando daños colaterales a otros componentes.<br/>Considerándose su profundidad de corte hasta observar separación completa de la estructura del cilindro externo.</p> <p><b>El equipo sugerido para este proceso, es el esmeril angular con disco de corte para acero ultra fino.</b><br/>Seguidamente de realizar la apertura del cilindro externo se procede con la realización de la etapa siguiente.</p> |

## ETAPA III

### EXTRACCION DE LOS COMPONENTES INTERNOS

| FIGURA  | PROCEDIMIENTO   |
|---|---|
| <p>Fase 1: Desarmado del cilindro externo</p>  <p>Fase 2: Desarmado de componentes internos</p>  <p>Fase 3: Extracción de estopera</p>  | <p>Extraer el cilindro interno del interior de la cámara de compresión</p> <p>Retirar la base de la estopera del interior del tope superior cortado.</p> <p>Extraer el eje del interior del cilindro interno.</p> <p>Separar la estopera de su base.</p> <p>Las herramientas sugeridas para la extracción de la base de la estopera y estopera de su base son: cincel y martillo pequeño</p> <p>Es recomendable aplicar un impacto de parte del cincel y martillo para las extracciones referentes de manera leve a criterio del operador, para evitar daños. Continuamos luego de las extracciones con el proceso.</p> |

## ETAPA IV

### LIMPIEZA DE LOS COMPONENTES

Sumergir los componentes en un recipiente con una solución de soda caustica diluida en agua.

Retirar los componentes del recipiente.

Rociar todos los elementos con Gasoil con la finalidad de reducir la posibilidad de corrosión en los mismos y posteriormente escurrir.

Secado con tela a base de algodón de las piezas con las que se estará en contacto durante el proceso de reconstrucción.

Ya concluido la actividad de limpieza y secado de los componentes donde estén libres de partículas indeseadas se procede a seguir con el plan de reconstrucción.

## **ETAPA V**

### **EVALUACION DE LOS COMPONENTES INTERNOS**

**Observación de las características de avería que presenta el amortiguador en los componentes internos.**

**Utilización del segmento 2 del check-list “SQ-2020”. Observar de forma visual y directa los puntos claves designados dentro de la herramienta de recolección de datos.**

**Registrar las características percibidas en las casillas del check-list, para su posterior procesamiento en el formato de aprobación.**

**Realizar observaciones y registro de características consecuentes del desgaste medio y desgaste severo que no estén plasmadas en la herramienta de recolección de datos.**

**En caso de presentar condiciones anómalas no establecidas, acudir a la información técnica sobre la criticidad de las partes explicadas en el trabajo de grado “ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS” que pueda servir como apoyo para poder considerar la criticidad que tengan las condiciones y fenomenologías no establecidas.**

**Comprobar aptitud del amortiguador para procederse a su proceso de reconstrucción**

**Utilizar el formato de aprobación designado en el check-list. Teniendo en cuenta la rigurosa necesidad de cumplirse, para ser considerado como un amortiguador apto para su reconstrucción.**

**En caso de cumplir las condiciones exigidas por el formato de aprobación, se considerará al amortiguador positivamente apto para su reconstrucción. Posteriormente procediéndose a la realización de la etapa 6.**

**Contrariamente, si el amortiguador no cumple todas las condiciones exigidas por el formato de aprobación, se considerará al amortiguador negativamente apto para su reconstrucción.**

**Posteriormente procediéndose a su descarte de la realización del proceso de reconstrucción.**

**2. Observación visual de las características internas del amortiguador: Fallas observadas en la visualización de los componentes internos del amortiguador a reconstruir.**

| Fallas por localizar en visualización de los componentes internos como: eje, válvulas reguladoras de flujo, cilindro interno, bocina, base de la estopera   | Presencia |    | Comentarios |
|---|-----------|----|-------------|
|   | Si        | No |             |
| 2.1 Ralladuras, fisuras y porosidades profundas en la superficie del eje.   |           |    |             |
| 2.2 Desgaste en el cromado del amortiguador.<br><b>(Zonas con cambio de coloración, acero expuesto, signos de desgaste por fricción)</b>  |           |    |             |
| 2.3 Tolerancia excesiva entre el eje y bocina del amortiguador.   |           |    |             |
| 2.4 Deformación de las válvulas reguladoras de flujo.<br><b>(Deformaciones resultado de impacto en el material)</b>   |           |    |             |
| 2.5 Dilatación excesiva del cilindro interno del amortiguador.<br><b>(Desplazamiento libre del pistón a través de la longitud del cilindro, al realizar el movimiento del eje ya con los componentes desarmados).</b> |           |    |             |
| 2.6 Deformación de la base de la estopera.<br><b>(Deformaciones resultado de impacto en el material)</b>  |           |    |             |
| 2.7 Desgaste en la bocina del amortiguador.<br><b>(Perdida de material y ralladuras en la bocina).</b>  |           |    |             |
| 2.8 Signos de previa reconstrucción del amortiguador.   |           |    |             |
| 2.9 Desprendimiento de material en los componentes.<br><b>(Ausencia de partes geoméricamente establecidas en el diseño y desprendimiento de virutas).</b>   |           |    |             |

**2do Formato de aprobación para la reconstrucción del amortiguador**

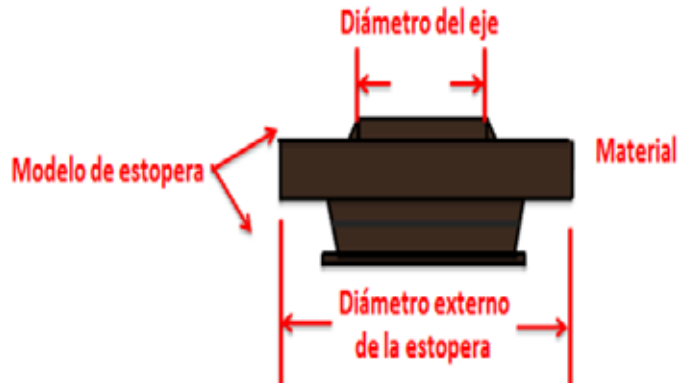
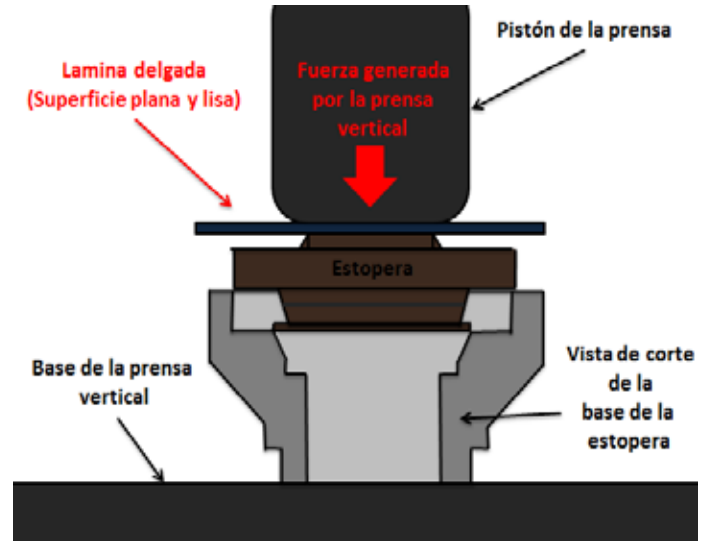
**Segmento de visualización de componentes internos.**

**Nota; La presencia de algunas de las fallas especificadas anteriormente, es suficiente para considerar al amortiguador “No apto” para su reconstrucción. Las fallas presentes indicarlas en el recuadro inferior.**

| Fallas presentes en componentes internos justificando el rechazo del amortiguador. | Firma | Aprobado | Rechazado |
|--|-------|----------|-----------|
|  |       |          |           |
|  |       |          |           |

## ETAPA VI

### SUSTITUCION DE LA ESTOPERA

| FIGURA  | PROCEDIMIENTO   |
|---|---|
| <p data-bbox="365 493 738 535">Característica de diseño de la estopera</p> <br> | <p data-bbox="901 399 1542 577">Analizar las características de diseño que contiene el amortiguador, estas características están referidas a las contenidas por la base de la estopera, para la instalación de la estopera a la base.</p> <p data-bbox="901 640 1542 819">Acorde a las medidas, diseño de la estopera y tipo, se procede a la escogencia de la estopera. Las medidas para la escogencia de las estopera son; medida de diámetro interno, medida de diámetro externa de la estopera.</p> <p data-bbox="901 829 1542 1039">Al escoger la estopera indicada, se debe cubrir la estopera con una pequeña capa de agente lubricante. Tales como aceites y grasas, en estado de pureza libre de suciedades. Sin olvidar aplicar una capa de silicón gris en el borde exterior tangencial</p> <p data-bbox="901 1050 1542 1260">Se procede a su introducción en el amortiguador utilizando la prensa vertical, con un nivel de presión moderado hasta conseguir el acoplamiento completo. Acotando que esta introducción se realiza en la base de la estopera.</p> <p data-bbox="901 1270 1542 1438">Se recomienda no realizar la incorporación de la estopera con golpeteos o impacto. Teniendo también en cuenta la prevención del contacto de la estopera con superficies abrasivas o contaminadas con partículas</p> |

## **ETAPA VII**

### **OPTIMIZACION DE EJE**

**Es necesario, para la realización de esta etapa, que el amortiguador haya superado el formato de aprobación del segmento 2 del check- list propuesto. En donde se refiere detalladamente a las condiciones que ofrece el eje del amortiguador y sobre las propiedades que este puede aportar aun cuando el amortiguador está averiado.**

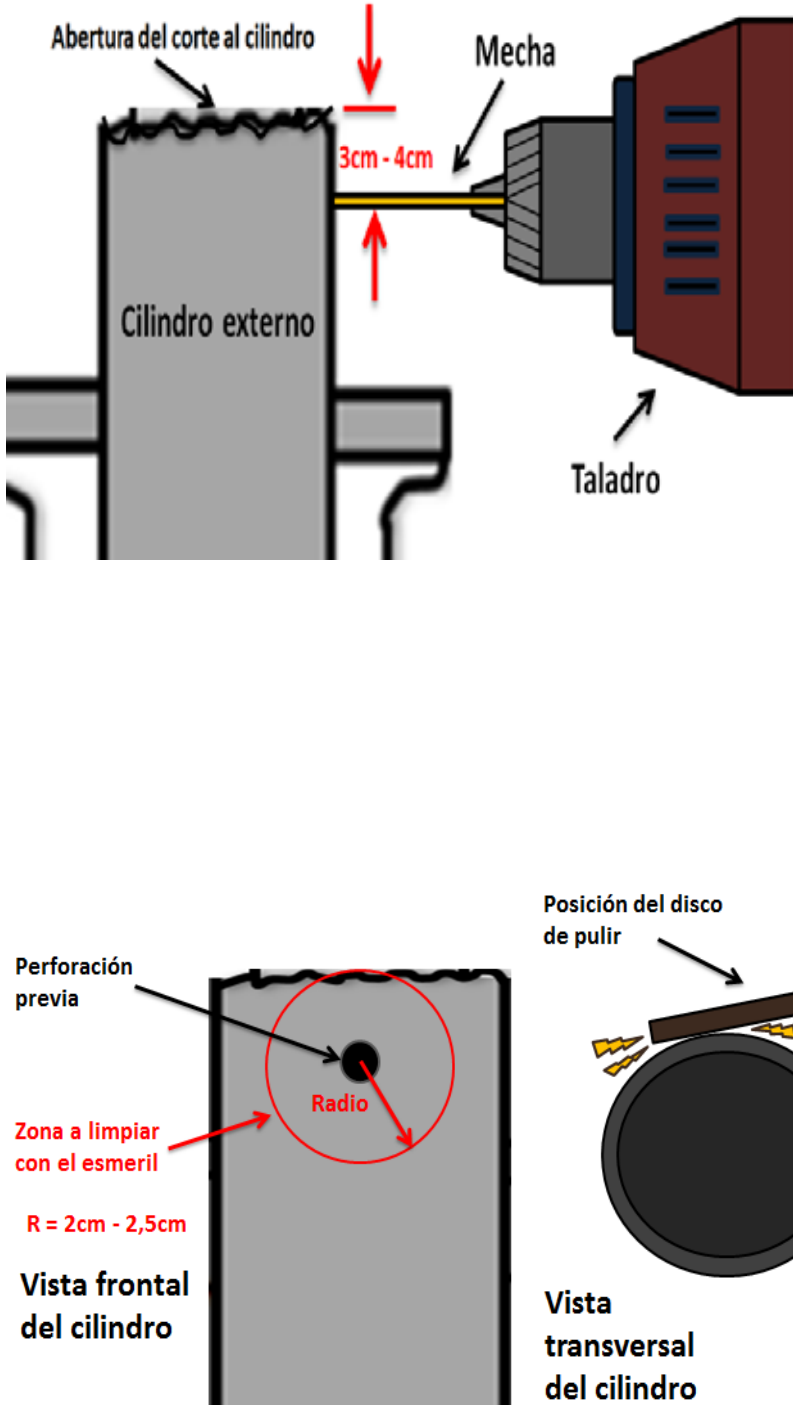
**Al superar el formato de aprobación, se procede a limpiar el gasoil depositado en el eje y pulir la capa de Cromo con la utilización de un set de limpieza y pulitura de microfibras. Para obtener así la eliminar las irregularidades y partículas extrañas, sin afectar en disminuir la rugosidad de la superficie.**

**Observar nuevamente y de forma detallada el estado de la superficie de cromo. En tal caso de observar una irregularidad en esa instancia, que haya perdurado después del pulido y que no sea aceptable en el formato aprobación, proceder con el descarte de la reutilización del presente eje.**

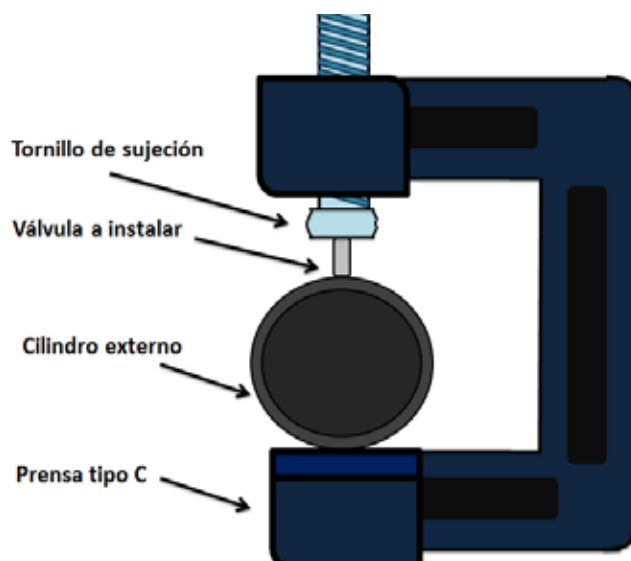
**De presentar el eje las condiciones requeridas para ser incluido dentro del sistema a obtener por la reconstrucción del amortiguador. Disponer de este para su posterior inclusión en el proceso.**

## ETAPA VIII

### INSTALACION DE LA VALVULA DE PRESION

| FIGURA  | PROCEDIMIENTO  |
|---|--|
|  <p>Abertura del corte al cilindro</p> <p>Cilindro externo</p> <p>3cm - 4cm</p> <p>Mecha</p> <p>Taladro</p> <p>Perforación previa</p> <p>Radio</p> <p>Zona a limpiar con el esmeril</p> <p>R = 2cm - 2,5cm</p> <p>Vista frontal del cilindro</p> <p>Posición del disco de pulir</p> <p>Vista transversal del cilindro</p> | <p>Primeramente realizar la perforación del cilindro externo del amortiguador. Utilizando como herramienta un taladro portátil, con mecha para perforación de acero con medida de 1/4" (pulgada).</p> <p>Ubicar la perforación del cilindro a una distancia de 8 a 9cm del tope superior.</p> <p>Realizar el proceso correspondiente con las herramientas hasta provocar la perforación completa de la pared del cilindro.</p> <p>Limpiar del interior del cilindro los restos de viruta provenientes del proceso de taladrado, para prevenir la deposición de partículas en el cilindro.</p> <p>Limpiar la superficie externa del cilindro, en la zona aledaña a la perforación realizada antes. Utilizando como herramienta el esmeril angular con un disco de desbaste (pulido), hasta eliminar la pintura protectora del amortiguador y observarse la superficie del metal expuesta alrededor de la perforación realizada, luego retirar los restos con tela seca. Teniendo en cuenta que este proceso es para preparar la zona para realizar el proceso de soldadura de la válvula.</p> <p>Ubicar la estructura cilíndrica de la base de la válvula, justamente encima de la perforación realizada anteriormente, abarcando totalmente el orificio de la perforación en el cilindro exterior.</p> |

## Válvula de presión

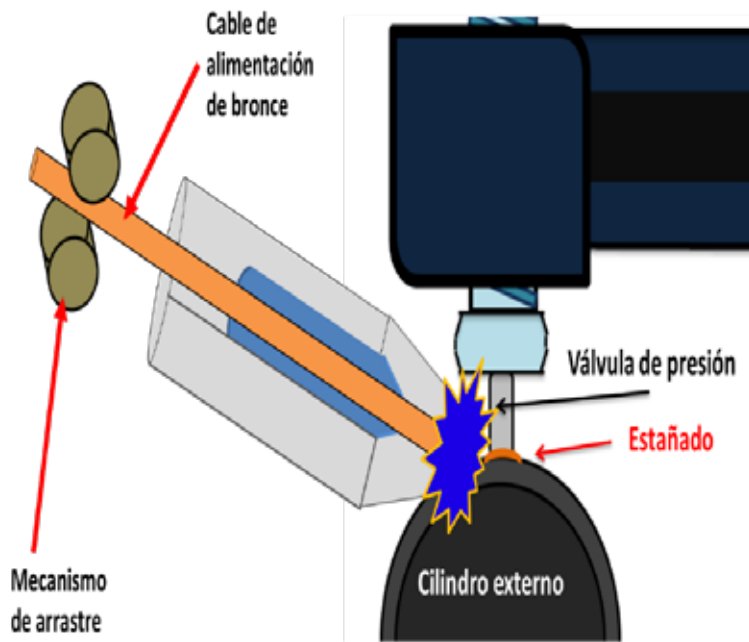


La fijación de las partes para el proceso de soldadura por ejecutar, se realiza con la utilización de la prensa tipo “C” de 6” (pulgadas). Sujutando la válvula al cilindro del amortiguador, de manera estable. Considerar una fuerza de apriete moderada y colocación de la prensa a juicio del operador para adecuación de su comodidad

El proceso de unión de la válvula debe realizarse con soldadura de bronce, mediante la utilización de soplete con acetileno y oxígeno. Teniendo la configuración de la mezcla del soplete, para obtener una llama reductora y así evitar formación de óxidos. Añadiendo la utilización de varillas de bronce, dejando a criterio del operador, si es con o sin fundente externo incluido.

Teniendo la fijación estable de las partes a unir, considerar incluir el fundente para bronce si la varilla no lo incluye

Precalear con el soplete la zona aledaña a la perforación en la pared del cilindro y la base de la válvula. Considerando que la pared de la base de la válvula es delgada, debe dirigirse la llama del soplete a la pared del cilindro con más duración, hasta lograr una coloración rojiza similar en las dos partes. Luego se procede a depositar una delgada capa de cromo alrededor de



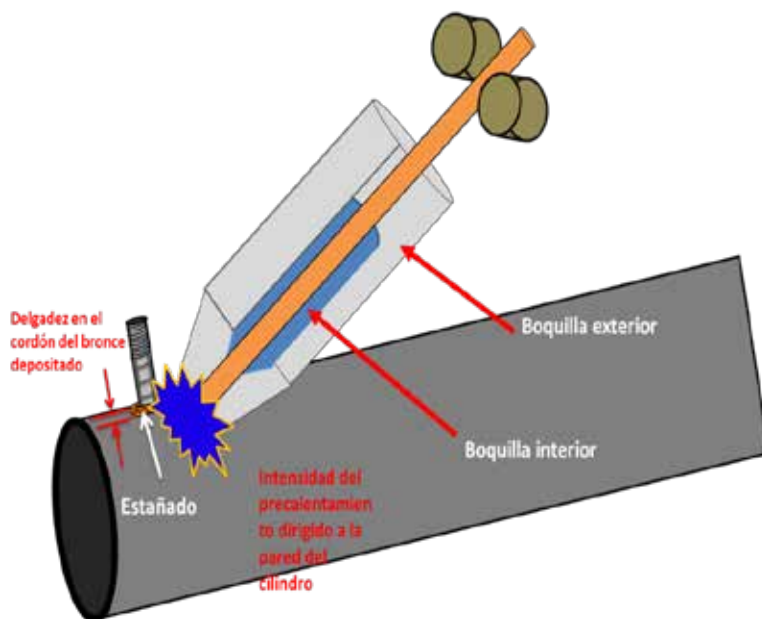
todo el perímetro a soldar para obtener la condición de “estañado” en la zona. Después de tener la superficie estañada, se procede a calentar el material hasta obtener la temperatura indicada para fundir la varilla de bronce. Posterior al tener la temperatura de fundición del bronce, se procede a su deposición completa alrededor del perímetro de la unión.

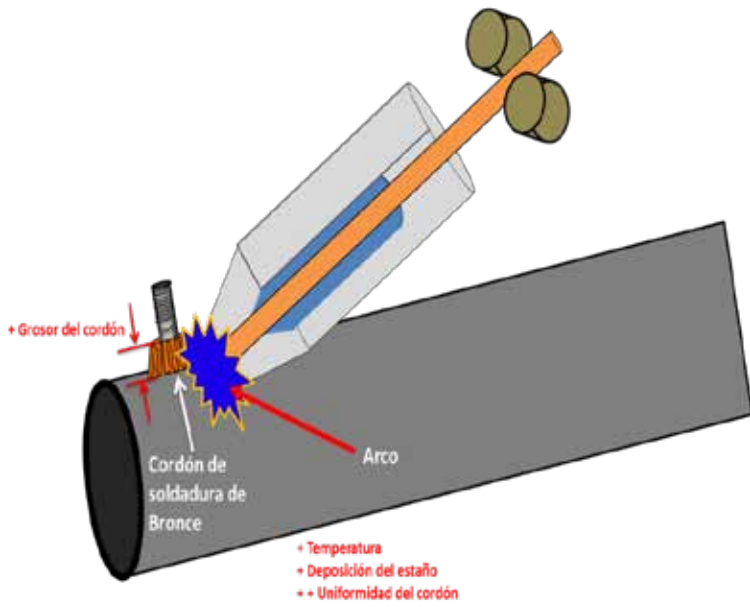
Emplear la deposición del bronce de forma uniforme alrededor de toda la superficie unida de los dos componentes, considerar un proceso de soldadura rápido para evitar sobrecalentamiento del bronce y una temperatura adecuada para tener una fluidez, evitando soldadura a medias por superficie fría. Controlar el grosor del cordón de soldadura,

Dejar la soldadura a temperatura ambiente hasta enfriarse totalmente a temperatura ambiente el cordón de soldadura.

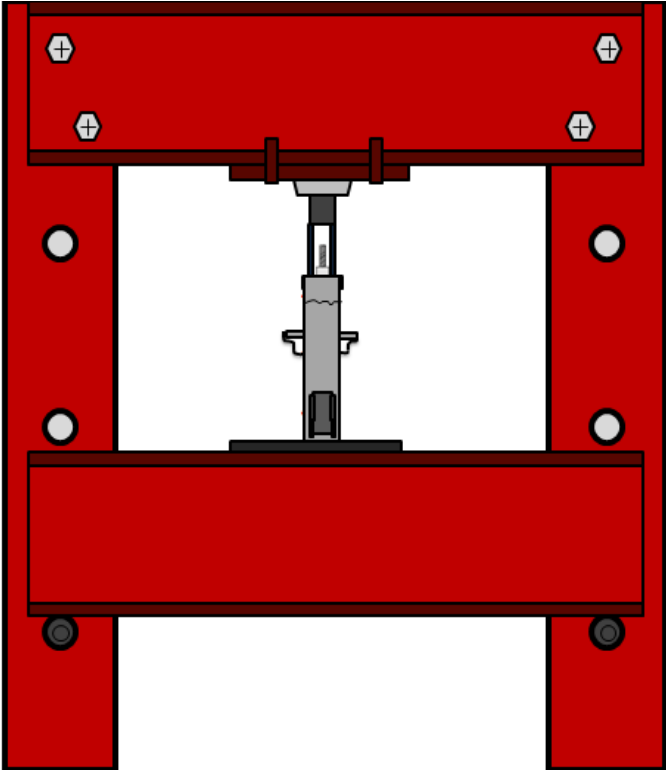
Limpiar el cordón de soldadura, utilizando un cepillo de alambre. Eliminando los restos de escoria y residuos producidos en la soldadura.

Para más información sobre las especificaciones del proceso de soldadura con bronce, acudir a información técnica sobre el proceso



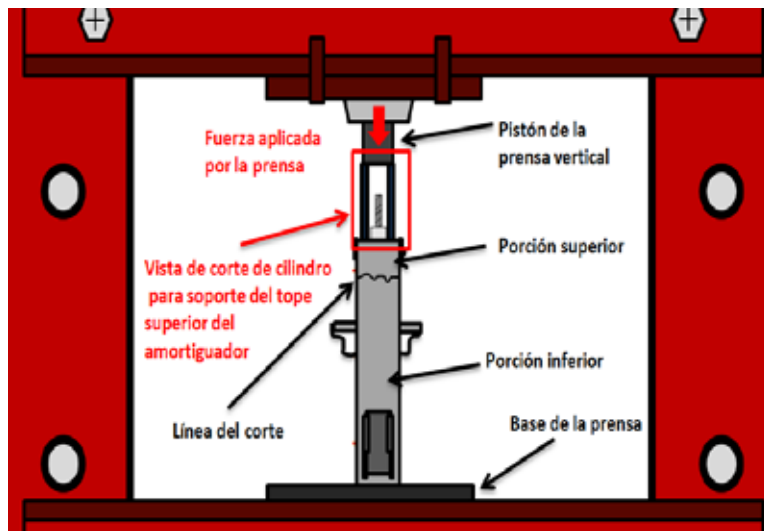


**ETAPA IX**  
**ENSAMBLAJE DE LAS PARTES**

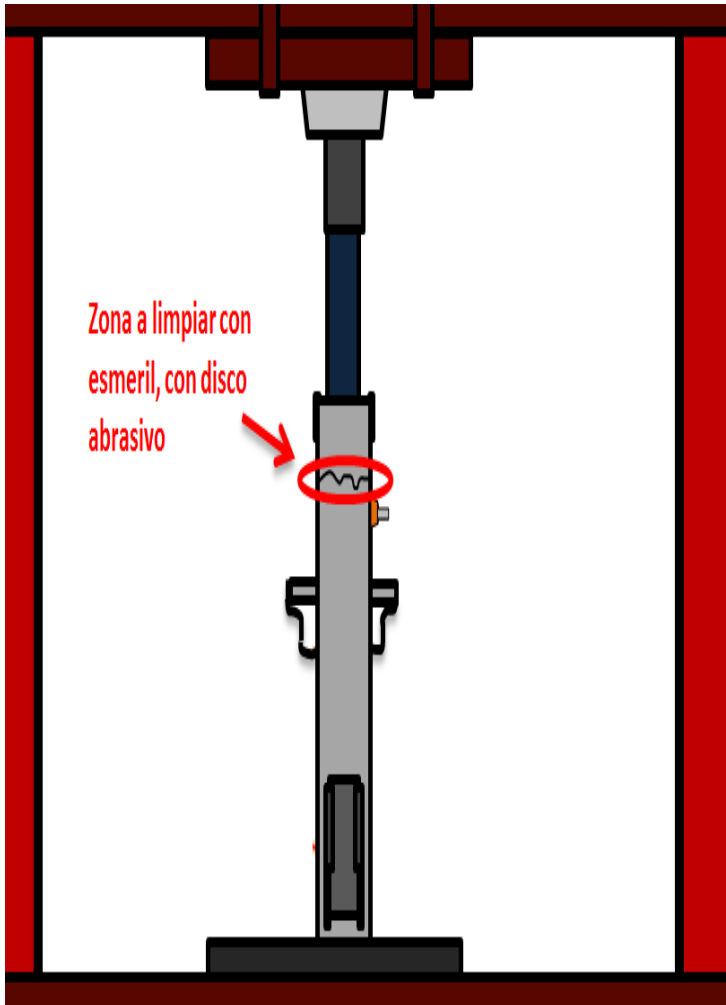
| <b>FIGURA</b>   | <b>PROCEDIMIENTO</b>  |
|---|---|
|  <p>El diagrama muestra una sección transversal de un mecanismo. En el centro, un eje vertical sostiene un pistón con un anillo de sellado. El pistón está dentro de un cilindro interno. Encima del pistón, una válvula inferior está montada en un eje que atraviesa un soporte superior. El soporte superior es una placa roja con cuatro tornillos. El cilindro interno está rodeado por un cilindro externo que tiene un borde superior con un amortiguador. El mecanismo está montado sobre una base roja con dos patas laterales que tienen agujeros para tornillos.</p> | <p><b>Lubricar las piezas a ensamblar con aceite limpio y libre de partículas. Específicamente en la zona interna de la base de la estopera, incluyendo así, el interior de la estopera y de la bocina. También es necesaria la lubricación e el pistón y en el interior del cilindro interno. Evitando así daños provocados por el ensamble.</b></p> <p><b>Introducir el eje dentro del cilindro interno y desplazar hasta el fondo de su profundidad, de forma suave y percatarse en no golpear la válvula inferior ubicada en este cilindro.</b></p> <p><b>Untar de silicón gris el borde de la base de la estopera donde se introduce el cilindro interno. Luego realizar la unión de esta base al cilindro interno, pasando al eje ya unido al cilindro a través de la base. Asegurarse de lograr la unión, observando si el borde llega a tope y limpiar restos de silicón gris.</b></p> <p><b>Luego de tener estos componentes ensamblados hasta ahora, se procede a introducir esta unión dentro del cilindro exterior, en la porción inferior al corte realizado anteriormente.</b></p> <p><b>Para culminar el ensamble de las piezas se introduce la porción superior del cilindro externo (tope superior del amortiguador), a los componentes ya previamente ensamblados, atravesando la porción del eje expuesta aún a través del agujero que posee esta.</b></p> |

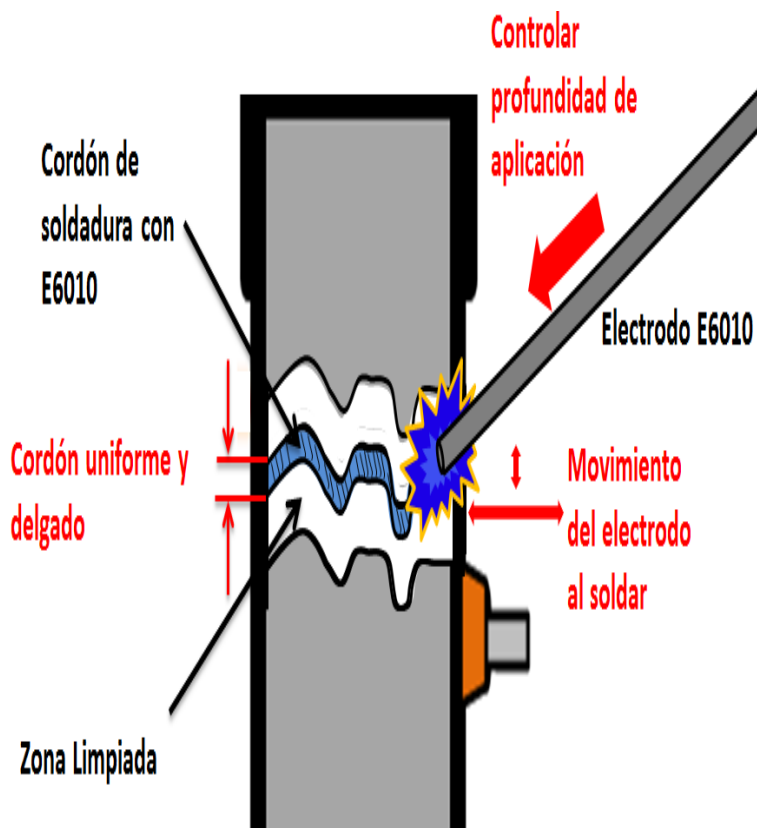
**Sujetar y fijar las partes del amortiguador, utilizando como herramienta una prensa vertical, Teniendo en cuenta al momento de la fijación, el centrado de las dos porciones de cilindro exterior cortadas, para obtener unión preparada de las dos porciones para su posterior proceso de soldadura**

**La presión empleada por la prensa vertical, debe ser la suficiente para soportar un proceso de preparación de superficie, mediante el uso de esmeril con disco abrasivo. Concluyendo con una sujeción de alta presión para impedir movimientos y vibraciones mientras se procede a las acciones siguientes.**



**ETAPA X**  
**PROCESO DE SOLDADURA**

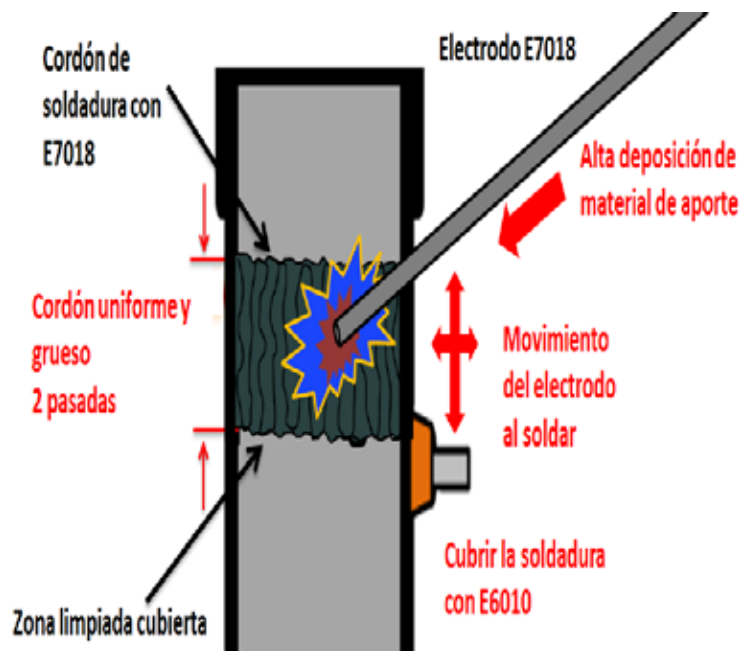
| <b>FIGURA</b>   | <b>PROCEDIMIENTO</b>  |
|---|---|
|  <p data-bbox="207 865 376 1024">Zona a limpiar con esmeril, con disco abrasivo</p> <p>El diagrama muestra un sistema de soldadura vertical montado en una prensa. Una zona específica de la viga a soldar está marcada con un círculo rojo y una flecha roja que apunta desde el texto 'Zona a limpiar con esmeril, con disco abrasivo'. El sistema incluye un cabezal superior, un cable de soldadura que baja verticalmente, un cable de tierra que se conecta a la viga, y un cable de soldadura que se conecta a un cable de tierra inferior. El todo está soportado por una estructura de prensa con columnas laterales y una base.</p> | <p>Antes de realizar cualquier acción con respecto al proceso de soldadura se debe limpiar la superficie a soldar alrededor de toda su periferia, utilizando el esmeril angular con disco abrasivo (disco de pulir), con anchura suficiente para hacer espacio al cordón por realizar.</p> <p>Para el proceso de soldadura se recomienda seguir los estatutos establecidos por la “American Welding Society” (AWS), para proceso de soldadura SMAW. Considerando aspectos como seguridad, indumentaria, procedimientos, herramientas, exigencias del proceso, recomendaciones, etc. Acotando que debe conocerse el proceso y nutrirse de información a partir de esta asociación. Después de tener la superficie a soldar preparada para la soldadura, y una sujeción estable del amortiguador en la prensa vertical. Se da inicio al proceso de soldadura, donde se debe utilizar preferiblemente una máquina de soldar que pueda aportar más de 120 Amp de corriente directa (DC) con polaridad negativa (DC-).</p> |



El proceso de soldadura se debe dividir en dos partes, ya que es necesario la implementación de dos electrodos diferentes para el proceso. Donde uno de ellos es para el primer cordón, el encargado de hacer la unión y el segundo es el encargado de rellenar la superficie.

La realización del primer cordón debe ser con un electrodo AWS E6010, de diámetro de 5/32" o 3/16". Configuración de la máquina a un amperaje de 110-160 o 150-200, con polaridad negativa. Acotando que se debe ser precavido en el tiempo de fijación en un área, para prevenir perforaciones y manejar un cordón uniforme a través de la periferia de la apertura en el cilindro. Sin olvidar tratar de realizar el cordón a través de toda la periferia con el menor número de levantadas del electrodo.

Para terminar con el electrodo E6010, se debe haber cubierto por completo toda la apertura presentada inicialmente por el corte del cilindro externo, sin dejarse abierta, ni cavidades y estrictamente no debe observarse agujero que de den al interior del amortiguador. Concluyendo en una línea de corte totalmente cubierta. Para la realización del segundo corte, debe dejarse enfriar por completo el cordón inicial a temperatura ambiente y hacer el proceso de limpieza del cordón con un cepillo de alambre y una pequeña piqueta para eliminar la escoria resultando de la primera soldadura.



La realización del segundo cordón debe ser con un electrodo AWS E7018, de diámetro de 5/32" o 3/16". Configuración la maquina a un amperaje de 130-185 o 190-250, con polaridad negativa. Acotando que se debe manejar el cordón de soldadura para tener una buena deposición encima del primer cordón, con una anchura mayor para cubrirlo totalmente y cordón uniforme a través de la periferia de la primera soldadura realizada en el cilindro. Sin olvidar tratar de realizar el cordón a través de toda la periferia con el menor número de levantadas del electrodo. Además no se debe soldar exclusivamente en una zona durante mucho tiempo, para no afectar las propiedades del primer cordón. Se debe realizar dos pasadas del segundo cordón, para así cubrir las completamente el corte realizado al inicio y prevenir la fugas. Sin importar que al aplicar varias pasadas, se obtenga un lomo alto de soldadura. Claro está, que se debe esperar a que se enfríe a temperatura ambiente la soldadura entre pasadas. Luego de realizar todo el proceso de soldadura del segundo cordón, se debe proceder a limpiar toda la superficie soldada, con el esmeril y el disco de desbaste, hasta eliminar toda la escoria producida por el proceso y reducir un poco el lomo resultante de la soldadura, para lograr una vista más estilizada del proceso.

## ETAPA XI

### PRUEBA DE HERMETICIDAD

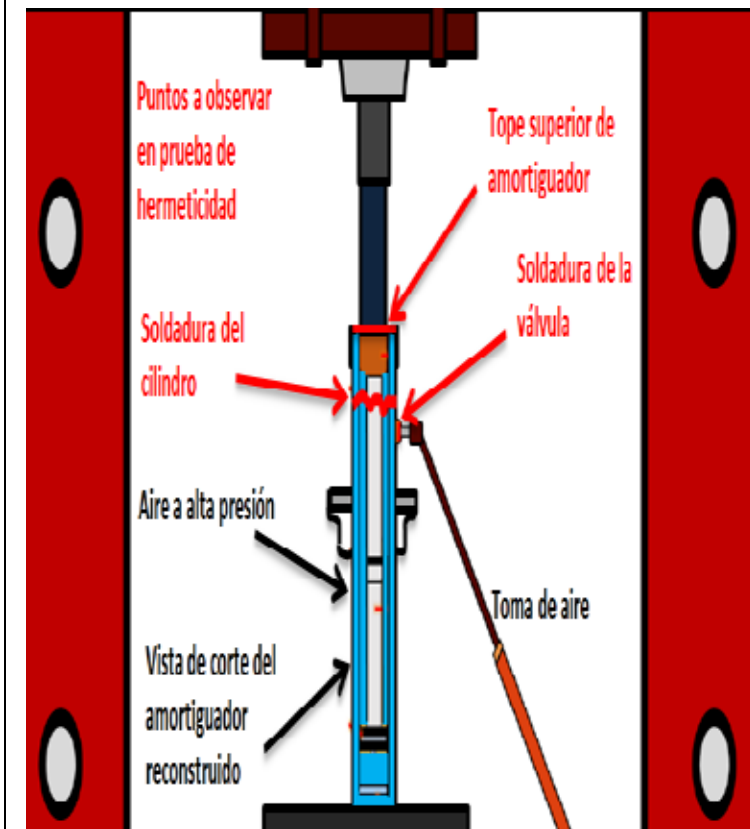
| FIGURA  | PROCEDIMIENTO   |
|---|---|
| <p style="color: red;">Puntos a observar en prueba de hermeticidad</p> <p style="color: red;">Soldadura del cilindro</p> <p style="color: red;">Tope superior de amortiguador</p> <p style="color: red;">Soldadura de la válvula</p> <p>Aire a alta presión</p> <p>Toma de aire</p> <p>Vista de corte del amortiguador reconstruido</p> | <p>La prueba de hermeticidad del cilindro debe realizarse, con el amortiguador fijado aún en la prensa vertical, instalando el gusanillo en la válvula de presión y posteriormente introducirle aire al interior del amortiguador a través de la válvula. Este aire debe ser proveniente de un compresor para así llevar al interior de las cámaras a una presión de 60 Psi. Considerar indumentaria de seguridad.</p> <p>Luego de tener el interior del amortiguador a una presión alta, debe ser observado todos estos puntos críticos, con el fin de conseguir fugas: Soldadura del corte del amortiguador, soldadura de la unión de la válvula, boquilla de la válvula, fisuras arregladas (en caso de tenerlas), Tope superior del amortiguador.</p> <p>Luego de observarse cada punto mencionado, en tal caso de presentar fugas de aire, debe localizarse específicamente en que zona es la fuga. Seguidamente proceder a retirar el gusanillo de la valvular, para que se expulsado todo el aire en el interior, para proceder fácilmente a las acciones consiguientes a las fallas apreciadas.</p> <p>Si en la prueba no se percibe ninguna fuga, se considera como un sistema hermético, por lo tanto es seguro para los siguientes procesos en la reconstrucción del amortiguador. Por lo tanto se debe cubrir todas las zonas con la porción metálica expuesta, con una pintura fondo de herrería, del color de preferencia del operador.</p> <p>En caso de presentar fuga en alguna soldadura SMAW, debe realizarse otra vez el proceso de soldadura con el electrodo AWS E7018, para cubrir las fugas existentes, con su posterior limpieza.</p> <p>En caso de presentar fuga en la soldadura de bronce, se debe realizar una soldadura sobre la existente y así cubrir las fugas. Considerando</p> |

que debe realizarse un precalentamiento en la soldadura para adquirir una mayor adherencia de la soldadura nueva.

En caso de presentar fuga en la boquilla de la válvula, se considera que la válvula es deficiente. Pudiendo darse dos resultados, uno de ellos es falla del gusanillo, pudiéndose remediar reemplazando el gusanillo, pero el segundo caso es más grave, ya que se trataría de una fisura en la estructura de la válvula. Por lo tanto su retiro es necesario, para la instalación de una nueva, utilizando el procedimiento explicado antes.

Al presentarse fugas en el tope superior después de armado, se puede acudir a acciones extremas, ya que no sería un caso que suceda común, por todos los procesos de observación inicial. Se puede proceder a cubrir con una solución de pegamento duro para metales, todo el tope superior para remediar así la situación de riesgo.

Luego de realizarse cualquiera de las acciones mencionada antes, se procede a realizar la prueba de hermeticidad, de encontrarse falla se procede a ejecutar acciones para remediará. Si sucede lo contrario, se procede a cubrir con pintura fondo.



## ETAPA XII

### INTEGRACION DEL ACEITE

**La integración del aceite debe realizarse con la utilización como herramienta de una inyectora de aceite para refrigeración automotriz. La cual esta permite medir la cantidad de aceite a introducir y es una forma controlada de introducir el fluido hidráulico, ya que tiene una boquilla que se puede enroscar a la válvula de presión.**

**Primeramente se retira el gusanillo de la válvula de presión**

**Se prepara la inyectora de aceite, con el aceite a introducir. Preferiblemente este aceite debe ser el ISO 68 cSt, en un cantidad de 230ml. Listo para ser introducido.**

**Se desmonta el amortiguador de la prensa vertical. Colocándose en la prensa de banco, de forma vertical.**

**Se enrosca la boquilla de la inyectora a la rosca de la de la válvula. Dependiendo el tipo de inyectora, se procede a liberar el paso del aceite en la inyectora, por lo cual empezará a introducirse en el interior del amortiguador.**

**Simultáneamente mientras se deposita el aceite dentro del amortiguador, Se realiza un movimiento en el eje, asemejándose al realizado por el en el ciclo de compresión y tracción. Para así generar el cargado de las diferentes cámaras que posee el amortiguador.**

**Después de haber introducido la cantidad de 230ml de aceite dentro del amortiguador, se procede a retirar la inyectora de aceite e instalar nuevamente el gusanillo dentro de la válvula de presión.**

### **ETAPA XIII**

### **INTEGRACION DEL NITROGENO**

**La integración del nitrógeno debe realizarse con la utilización como herramienta la generadora de nitrógeno. La cual proporciona la cantidad del gas de nitrógeno a introducir y es una forma controlada, segura y eficaz de introducir el fluido, ya que tiene una boquilla que se puede enroscar a la válvula de presión.**

**Se prepara la generadora, la cual es capaz de transformar el aire comprimido en nitrógeno de alta pureza.**

**Se ubica el amortiguador de la prensa vertical.**

**Se enrosca la boquilla de la generadora a la rosca de la de la válvula. Cuando estén listos los pasos de acople, se procede activa el paso del nitrógeno de la generado hacia el amortiguador**

**Después de haber introducido el nitrógeno de alta pureza a una presión de 45 psi dentro del amortiguador, se procede a retirar la boquilla de la generadora del amortiguador**

## **ETAPA XIV**

### **PRUEBA Y OBSERVACION POST-RECONSTRUCCION**

Posteriormente a realizar el llenado de los fluidos necesarios para optimizar el funcionamiento del amortiguador reconstruido, este es desmontado y llevado a realizar las pruebas necesarias que avalen un eficiente funcionamiento del sistema.

El amortiguador es sometido a evaluaciones en un banco de prueba donde se evaluarán las fuerzas de amortiguamiento en las etapas de tracción y compresión, teniendo en cuenta aspectos críticos, vibraciones, perturbaciones y cualquier fenómeno indeseado en el funcionamiento.

Posterior a las pruebas realizadas se clasifican y califican todos los parámetros necesarios en el segmento de observación post-reconstrucción de la hoja de verificación, las observaciones y anotaciones por parte de analista serán registradas con el fin de generar la conclusión para determinar si todos los parámetros y condiciones del amortiguador están aptos para proceder a su entrega.

Los pasos a seguir para el proceso de prueba en el banco, están estipulados cada uno por los diferentes tipos de mecanismos dispuestos para el proceso de prueba. Lo más recomendable es seguir todas estas lineamientos para así poder activar el proceso de compresión y tracción del amortiguador, simulando su operación cuando es instalado en el vehículo.

**3. Observación de las características externas del amortiguador: Visualización de los componentes externos y parámetros de operación del amortiguador. Post-reconstrucción del amortiguador**

| Características a observar en la prueba post-reconstrucción del amortiguador en el banco de prueba | Presencia |    | Comentarios |
|--|-----------|----|-------------|
|  | Si        | No |             |
| 3.1 Fuga de aceite a través de la estopera   |           |    |             |
| 3.2 Fuga de nitrógeno a través de la estopera  |           |    |             |
| 3.3 Vibraciones del sistema.   |           |    |             |
| 3.4 Ausencia de fuerza de amortiguamiento.   |           |    |             |

**3er Formato de aprobación para la reconstrucción del amortiguador  
Segmento de visualización post-reconstrucción.**

**Nota; La presencia de cualquier tipo de fugas a través de la estopera y ausencia excesiva de gran parte de la fuerza de amortiguamiento, es suficiente para considerar al amortiguador “No apto” para su entrega al cliente.**

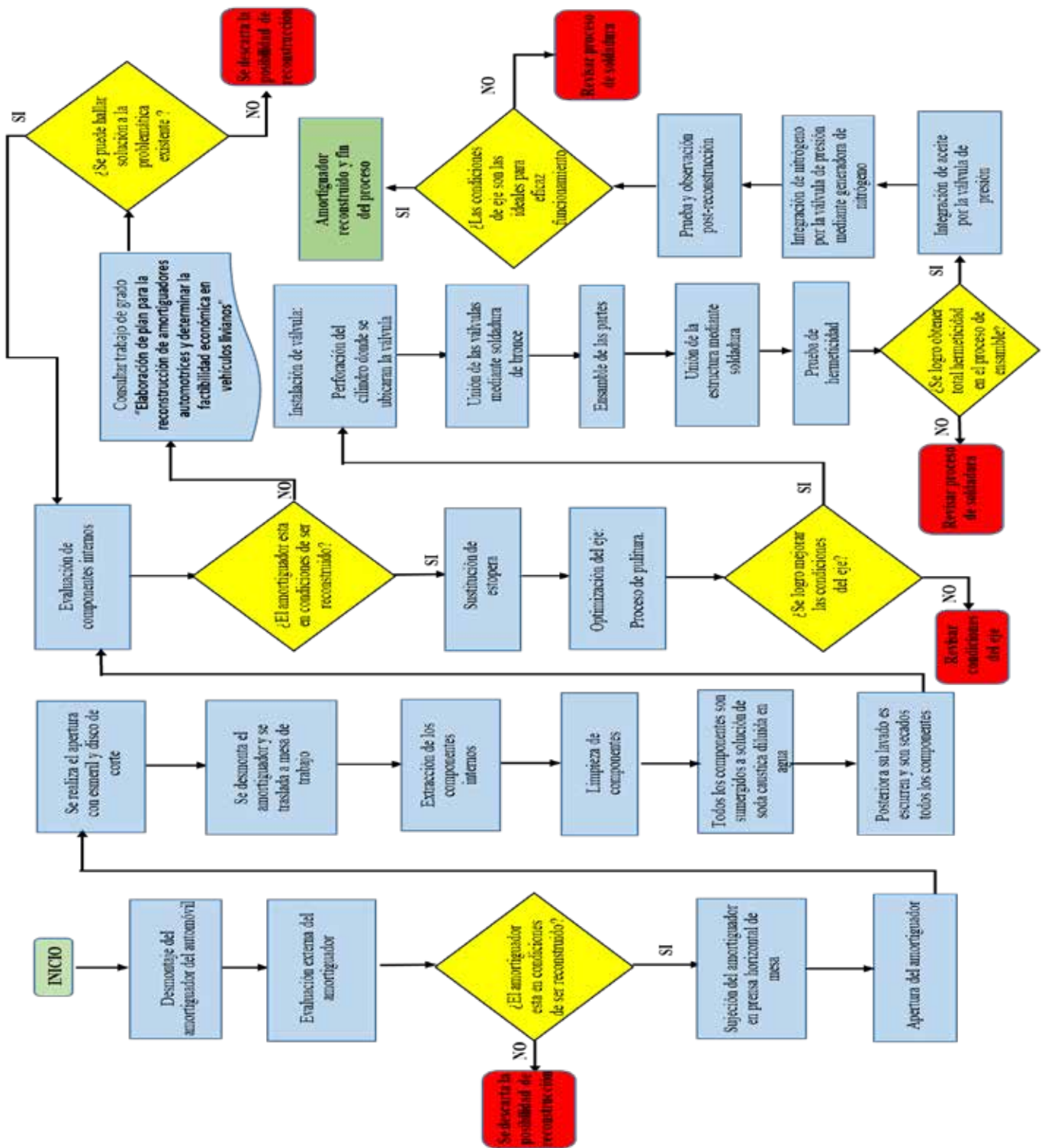
**En el extraño caso de suceder algunas de las fallas especificadas, se debe considerar la realización de los pasos del manual desde el principio. Aplicando una búsqueda exhaustiva de las fallas para su resolución o descarte del amortiguador.**

**Se recomienda extraer por completo los agentes internos del amortiguador, como aceite y nitrógeno, utilizándola válvula de presión, donde se le debe retira el gusanillo. Luego se procede a realizar la prueba de hermeticidad para localizar las fallas. Todo esto debe ser realizado antes de hacer cualquier modificació post-reconstrucción.**

| Fallas presentes en la prueba post-reconstrucción justificando el rechazo del amortiguador. | Firma | Aprobado | Rechazado |
|---|-------|----------|-----------|
|   |       |          |           |

# APÉNDICE B

## Diagrama de flujo del Manual para la reconstrucción de amortiguadores en vehículos livianos “SQ-2020”



# Anexos A



**Anexos A. Apertura y evaluación de amortiguadores**



**Anexos A. Apertura y evaluación de amortiguadores**



**Anexos A. Apertura y evaluación de amortiguadores**



**Anexos A. Despiece**



**Anexos A. Válvula de compresión**



**Anexos A. Válvula de extension**



**Anexos A. Etapas de valvulaje**



**Anexos A. Embolo**



**Anexos A. Válvula de compresión dañada**

# Anexos B



**Anexos B. Procesos de Reconstrucción**



**Anexos B. TALLER MEGA RECONSTRUCCIONES**



**Anexos B. Procesos de Reconstrucción**



**Anexos B. TALLER CUSHIONING**

# Anexos C



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**Profesora:** Ing Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS**, realizada por los estudiantes Fernando Quintero y Jesús Sánchez C.I. 25840561 y 27242268 respectivamente.

La elaboración del cuestionario es tipo dicotómica de respuesta cerradas sí o no

En espera de su validación, o de sus observaciones

**CUESTIONARIO**

| PREGUNTAS   | SI | NO |
|---|----|----|
| 1 ¿Considera usted que la demanda de servicios de reconstrucción de amortiguadores ha crecido últimamente en Venezuela?                                       |    |    |
| 2 Considera usted que los vehículos de tipo liviano son los que reciben con mayor frecuencia lo servicios de reconstrucción de amortiguadores de este taller? |    |    |
| 3 ¿Posee usted un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos preestablecido para ejecución del proceso y sus técnicas?                  |    |    |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 4 ¿ Al momento de la reconstrucción, aplica usted herramientas de recolección de datos para la observación directa de los aspectos visuales del amortiguador averiado?  |  |  |
| 5 ¿ ¿Tienen en este taller información técnica pertinente al funcionamiento, componentes, materiales de fabricación y fenomenología de los amortiguadores de vehículos livianos?  |  |  |
| 6 ¿Poseen en el taller alguna técnica de verificación de condiciones, posterior al proceso de reconstrucción del amortiguador?  |  |  |
| 7 ¿ Cree usted tener la capacidad logística en el taller, para emplear todas las técnicas necesarias para la reconstrucción eficiente del amortiguador?   |  |  |
| 8 ¿Recibe el taller frecuentemente quejas de parte de los clientes, resultado de averías en los amortiguadores reconstruidos, prematuras a los periodos de garantía del taller?   |  |  |
| 9 ¿Cree usted que es necesario la creación de un plan de reconstrucción de amortiguadores para vehículos livianos e implementar con intenciones de reestructurar los procesos y técnicas utilizados actualmente en Venezuela? |  |  |

## TABLA DE ESPECIFICACIONES

**Instrumento:** Cuestionario dirigido a los habitantes del conjunto residencial de Valle de Oro, para recabar información sobre la realización de la tesis, **ELABORACIÓN DE PLAN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE AMORTIGUADORES AUTOMOTRICES Y DETERMINAR LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA EN VEHÍCULOS LIVIANOS**, realizada por los estudiantes Fernando Quintero y Jesús Sánchez C.I. 25840561 y 27242268 respectivamente.

| ÍTEM | ASPECTOS A CONSIDERAR |    |                    |    |                            |    |                                       |    |                      |    |
|------|-----------------------|----|--------------------|----|----------------------------|----|---------------------------------------|----|----------------------|----|
|      | Redacción adecuada    |    | Coherencia interna |    | Lenguaje ajustado al nivel |    | Pertinencia con los objetivos a medir |    | Mide lo que pretende |    |
|      | Sí                    | No | Sí                 | No | Sí                         | No | Sí                                    | No | Sí                   | No |
| 1    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 2    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 3    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 4    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 5    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 6    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 7    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 8    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |
| 9    | X                     |    | X                  |    | X                          |    | X                                     |    | X                    |    |

**Apellido y Nombre:** ALICIA DE PIZZELLA C.I. 4.598.880

**Profesión:** Ing. Mecánica      **Magister:** Enseñanza de las Matemáticas

**Aplica para los objetivos a evaluar**       Sí Aplica



A handwritten signature in cursive script, reading "Alicia de Pizzella", is written over a horizontal line.

Ing. Alicia de Pizzella

C.I. 4598880