



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS, RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE  
UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA EN  
UN VEHÍCULO CITROËN GSA X3 DEL AÑO 1982  
TOMADO COMO BANCO DIDÁCTICO”**

**LEMA LONDO LUIS HERNÁN  
YUBAILLE HEREDIA WILIAN SANTIAGO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:  
**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-11-20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**LEMA LONDO LUIS HERNÁN**

---

Titulada:

**“ANÁLISIS, RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE  
SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA EN UN VEHÍCULO CITROËN GSA X3  
DEL AÑO 1982 TOMADO COMO BANCO DIDÁCTICO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Elvis Arguello.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. David Bravo  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-11-20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**YUBAILLE HEREDIA WILIAN SANTIAGO**

---

Titulada:

**“ANÁLISIS, RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE  
SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA EN UN VEHÍCULO CITROËN GSA X3  
DEL AÑO 1982 TOMADO COMO BANCO DIDÁCTICO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Elvis Arguello.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. David Bravo  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LEMA LONDO LUIS HERNÁN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ANÁLISIS, RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA EN UN VEHÍCULO CITROËN GSA X3 DEL AÑO 1982 TOMADO COMO BANCO DIDÁCTICO”

**Fecha de Examinación:** 2013-06-07

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Santillán G. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Elvis Arguello (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. David Bravo (ASESOR)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** YUBAILLE HEREDIA WILIAN SANTIAGO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ANÁLISIS, RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA EN UN VEHÍCULO CITROËN GSA X3 DEL AÑO 1982 TOMADO COMO BANCO DIDÁCTICO”

**Fecha de Examinación:** 2013-06-07

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Santillán G. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Elvis Arguello (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. David Bravo (ASESOR)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos, científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Lema Londo Luis Hernán

---

Yubaille Heredia Wilian Santiago

## **DEDICATORIA**

Este proyecto realizado con mucho esfuerzo; está dedicado especialmente a mi querida madre María, pues ella ha sido un pilar fundamental en toda mi vida para que yo pueda culminar mis estudios con éxitos y cumplir con todas las metas que he propuesto alcanzar.

También está dedicado a mis hermanas, hermano, mi sobrina y familiares de Riobamba y Chambo; quienes me acompañaron durante este tiempo de estudios y auxiliaron durante los momentos más críticos que padecía con mi salud; que con su ayuda y ejemplos logre a ser una persona perseverante, responsable con mis acciones y respetuosa con los demás.

**Wilian Yubaille Heredia**

La elaboración de este proyecto está dedicada a mis Padres Julio y Aida, ya que ellos conforman los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese alcanzado la meta propuesta, con su tenacidad y lucha insaciable han logrado inculcar en mi persona un deseo de superación, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

Así también quiero dedicar este proyecto a todos mis amigos ya que gracias a sus palabras de aliento en los momentos difíciles he logrado sobrellevar todo este proceso. Y para todas esas personas que creyeron en mí va dedicado este proyecto y solo puedo decirles GRACIAS K.L.A.

**Luis Lema Londo**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar estoy agradecido eternamente con Dios; por haberme dado la vida. A mis padres María y Julián quienes me han guiado y enseñado a luchar por nuestras metas. También agradezco a mis familiares de Riobamba y Chambo, amigos y compañeros que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Y un más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz quienes fueron parte de mi formación académica. A mi Director y Asesor de tesis quienes por sus consejos, opiniones y críticas me ayudaron a crecer no solo como profesional sino también como personas de bien para la sociedad.

**Wilian Yubaille Heredia**

Primero debo agradecer a Dios por brindarme salud para poder terminar mi carrera además a mis Padres y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a su Facultad de Mecánica, de manera especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a su personal docente, personal administrativo, colaboradores y en especial nuestros compañeros de aula, que con comprensión y responsabilidad compartieron sus conocimientos y enseñanzas durante muchos años.

También nuestro profundo agradecimiento a nuestro director y asesor, que aportaron con sus ideas y experiencia para lograr realizar el proyecto encomendado. Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**Luis Lema Londo**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivo.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 Suspensión del automóvil .....	4
2.1.1 <i>Funcionamiento del sistema de suspensión</i> .....	4
2.1.2 <i>Componentes de la suspensión.</i> .....	5
2.1.2.1 <i>El neumático.</i> .....	5
2.1.2.2 <i>El mecanismo de soporte.</i> .....	6
2.1.2.3 <i>El amortiguador.</i> .....	6
2.1.2.4 <i>La barra estabilizadora.</i> .....	7
2.1.2.5 <i>Soportes elásticos de la carrocería.</i> .....	8
2.2 Clasificación de los sistemas de suspensión .....	10
2.2.1 <i>Sistemas especiales de suspensión.</i> .....	12
2.2.1.1 <i>Suspensiones conjugadas.</i> .....	12
2.2.1.2 <i>Suspensiones de flexibilidad variable.</i> .....	13
2.2.1.3 <i>Suspensiones de amortiguación controlada.</i> .....	14
2.3 Citroën .....	17
2.4 Datos técnicos que hacen importante el vehículo Citroën GSA 1982 .....	17
2.5 Sistema de suspensión hidroneumática (Citroën) .....	18
2.5.1 <i>Leyes fundamentales aplicadas al sistema hidroneumático</i> .....	19
2.5.2 <i>Principios de la suspensión hidroneumática</i> .....	20
2.5.3 <i>Características de la suspensión hidroneumática.</i> .....	20
2.5.4 <i>Esquema de la suspensión hidroneumática.</i> .....	21
2.5.5 <i>Componentes de la suspensión hidroneumática.</i> .....	22
2.5.5.1 <i>Depósito de aceite hidráulico.</i> .....	22
2.5.5.2 <i>Bomba alta presión.</i> .....	23
2.5.5.3 <i>Conjuntor-disyuntor.</i> .....	24
2.5.5.4 <i>Acumulador principal.</i> .....	27
2.5.5.5 <i>Válvula de seguridad del circuito.</i> .....	27

2.5.5.6	<i>Válvula anticaída</i> .....	28
2.5.5.7	<i>Corrector de altura</i> .....	28
2.5.5.8	<i>Bloque de suspensión</i> .....	29
2.5.5.9	<i>Conductos - canalizaciones y líquido del circuito</i> .....	32
2.5.6	<i>Funcionamiento del sistema hidroneumático</i> .....	32
2.6	Limitación de tarado del sistema de válvulas (conjuntor-disyuntor) .....	35
2.7	Limitación de altura del vehículo .....	35
2.7.1	<i>Mando automático de altura (corrección automática)</i> .....	36
2.7.2	<i>Mando manual de alturas</i> .....	36
2.8	Oscilaciones que sufre el sistema de suspensión .....	38
2.9	La utilización o implementación de ingeniería para la aplicación de este sistema en el diseño del vehículo en varios modelos .....	40
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS Y RECUPERACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA</b> .....	<b>42</b>
3.1	Estado del vehículo durante su adquisición.....	42
3.1.1	<i>Detalle del estado de todo el vehículo</i> .....	42
3.1.2	<i>Detalles del sistema de suspensión hidroneumática</i> .....	44
3.2	Recuperación del sistema de suspensión hidroneumática .....	46
<b>4.</b>	<b>CREACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA</b> .....	<b>51</b>
4.1	Selección de un sistema básico del sistema de suspensión hidroneumática (Citroën GSA) .....	51
4.2	Diseño de simulación del sistema de suspensión hidroneumática.....	51
4.2.1	<i>Componentes mecánicos</i> .....	52
4.2.2	<i>Componentes hidráulicos-neumáticos</i> .....	53
4.3	Ensamblaje del sistema de suspensión hidroneumática.....	54
4.4	Diseño del mecanismo de control de niveles de altura .....	55
4.4.1	<i>Nivel normal- carretera de la suspensión</i> .....	55
4.4.2	<i>Nivel intermedio de la suspensión</i> .....	55
4.4.3	<i>Nivel alto de la suspensión</i> .....	56
4.5	Circuito de la fuente de presión de nivel.....	57
<b>5.</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICO</b> .....	<b>58</b>
5.1	Esquema actual del mando de nivel de la suspensión .....	58

5.2	Diseño del circuito electrohidráulico .....	59
5.2.1	<i>Pruebas de funcionamiento del circuito electrohidráulico</i> .....	59
5.2.2	<i>Materiales</i> .....	61
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y UN PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA.</b> .....	<b>63</b>
6.1	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	63
6.1.1	<i>Prueba de niveles de altura</i> .....	63
6.1.2	<i>Prueba de cabeceo</i> .....	65
6.2	Plan de mantenimiento y operación del sistema hidroneumático.....	68
6.2.1	<i>Elaboración del plan de operación del banco didáctico</i> .....	68
6.2.1.1	<i>Antes de ejecutar un trabajo</i> .....	68
6.2.1.2	<i>Durante la ejecución del trabajo</i> .....	69
6.2.1.3	<i>Después de la ejecución del trabajo</i> .....	70
6.2.2	<i>Elaboración de plan de prácticas para el sistema hidroneumático</i> .....	71
6.2.2.1	<i>Guía de práctica de laboratorio a implementarse con el equipo</i> .....	71
6.2.3	<i>Datos técnicos del sistema</i> .....	77
6.2.4	<i>Ensamble y desensamble del sistema</i> .....	78
6.3	Plan de mantenimiento del sistema.....	80
<b>7.</b>	<b>COSTOS</b> .....	<b>82</b>
7.1	Costos directos .....	82
7.1.1	<i>Materiales</i> .. .....	82
7.1.2	<i>Mano de obra</i> .....	83
7.1.3	<i>Equipos y herramientas</i> .....	84
7.1.4	<i>Transporte</i> .....	84
7.2	Costos indirectos.....	84
7.3	Costos total .....	85
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>86</b>
8.1	Conclusiones.....	86
8.2	Recomendaciones .....	86

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

### LINKOGRAFÍA

### ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Clasificación de la suspensión .....	11
2 Características técnicas del modelo .....	17
3 Leyes aplicadas a la hidráulica y neumática.....	19
4 Variación de láminas en amortiguador .....	31
5 Resultados de niveles de altura-prueba de carretera .....	65
6 Resultados-prueba de cabeceo.....	67
7 Comparación de suspensión entre dos vehículos .....	73
8 Control de presión en el circuito .....	77
9 Datos técnicos de la suspensión respecto al modelo .....	77
10 Plan de mantenimiento del sistema de suspensión hidroneumática.....	82
11 Costos de materiales .....	82
12 Costos de mano de obra .....	83
13 Costos de equipos y herramientas .....	84
14 Costos de transporte.....	84
15 Costos indirectos.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Funcionamiento básico de la suspensión.....5
2	Amortiguador hidráulico .....7
3	Amortiguador de fricción .....7
4	Barra estabilizadora .....8
5	Aplicación del muelle .....8
6	Aplicación de ballestas.....9
7	Bolsas de aire. ....10
8	Barra de torsión .....10
9	Suspensión hydrolastic .....12
10	Suspensión de unión por muelles .....13
11	Suspensiones de flexibilidad variable.....14
12	Suspensiones de amortiguación controlada.....14
13	Suspensión neumática.....15
14	Suspensión hidractiva .....16
15	Principio de la suspensión hidroneumática.....20
16	Esquema del circuito de suspensión hidroneumática .....21
17	Depósito de LHM .....23
18	Bomba de alta presión con pistones paralelos .....24
19	Bomba de alta presión con pistones perpendiculares al eje .....24
20	Conjuntor-disyuntor.....25
21	Funcionamiento del conjuntor-disyuntor.....26
22	Acumulador principal.....27
23	Válvula de seguridad.....27
24	Válvula anticaída.....28
25	Disposición neutra del corrector de altura .....29
26	Esquema elemental del bloque de suspensión .....29

27	Esfera de suspensión.....	30
28	Amortiguador.. ..	31
29	Bloque de suspensión en rueda delantera y trasera.....	32
30	Funcionamiento del sistema de suspensión .....	33
31	Variación del corrector de altura.....	34
32	Mando manual de las alturas .....	36
33	Oscilación en un muelle .....	38
34	Oscilación por variación de carga .....	39
35	Tipos de oscilaciones en el vehículo .....	40
36	Estado durante su adquisición (Sistemas mecánicos).....	42
37	Estado durante su adquisición (Sistema eléctrico) .....	43
38	Estado durante su adquisición (Sistema hidroneumático) .....	44
39	Análisis visual del sistema hidroneumático.....	45
40	Desensamble del sistema hidroneumático .....	46
41	Reparación, limpieza y ensamblaje del sistema hidroneumático .....	48
42	Ensamble del sistema hidroneumático .....	49
43	Esquema básico de suspensión hidroneumática.....	51
44	Bloque de suspensión delantero .....	52
45	Bloque de suspensión trasero.....	52
46	Esquema de elementos hidráulicos- neumáticos .....	53
47	Sistema hidroneumático.....	54
48	Simulación-nivel de carretera.....	55
49	Simulación-nivel intermedio .....	55
50	Simulación-nivel alto. ....	56
51	Circuito de presión .....	57
52	Elementos del mando manual de altura .....	58
53	Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel bajo .....	59
54	Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel intermedio.....	60

55	Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel intermedio.....	61
56	Prueba de carretera-nivel normal .....	63
57	Prueba de carretera-nivel intermedio .....	64
58	Prueba de carretera-nivel alto .....	64
59	Mecanismo para prueba de cabeceo (Eje desplazable) .....	66
60	Funcionamiento de mecanismo para prueba de cabeceo .....	66
61	Mecanismo de medición (Prueba de cabeceo).....	67
62	Trabajos hidráulicos .....	70

## LISTA DE ABREVIACIONES

AP	Alta presión
LHM	Líquido hidráulico mineral
LHS	Líquido hidráulico sintético
NSU	Nova Southeastern University's
PSA	Grupo Peugeot-Citroën
R.D	Retorno al depósito
Riz	Rueda izquierda
Rdr	Rueda derecha
SC/CAR	System Citroën/ Control Active Roulis

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Equivalencia de unidades utilizadas en el sistema
- B** Plan de mantenimiento del sistema de suspensión
- C** Guía de prácticas para suspensión hidroneumática

## RESUMEN

El presente proyecto describe un análisis, recuperación y propuesta de mejoramiento de un sistema de suspensión hidroneumática en un vehículo Citroën GSA del año de 1982, donde se detalla el funcionamiento y componentes de una suspensión hidroneumática.

Se realizó un análisis del estado del vehículo después de su adquisición, el cual se encontraba deteriorado e incompleto procediéndose a realizar la recuperación de suspensión hidroneumática. Se elaboró un modelo de simulación del sistema hidroneumático; en un programa apropiado el cual ayudo a comprender con mayor claridad el funcionamiento en cada uno de sus componentes.

Debido al mal estado del sistema de mando, se propuso un mejoramiento; para ello se basó en un programa de diseño apropiado, realizando un circuito hidráulico que sea acoplado al eje de los correctores de altura y comandado por un circuito eléctrico; para así mejorar su eficiencia.

Los resultados de las pruebas del sistema fueron comparados con los parámetros establecidos en el manual del fabricante; el cual determinó que el sistema si cumple con un funcionamiento idóneo. También se analizó el desempeño en carretera con un vehículo con suspensión diferente (McPherson), concluyendo que el sistema de suspensión hidroneumática tiene una mejor estabilidad con respecto al otro sistema.

Completando el proyecto se diseñó el plan de mantenimiento el mismo que mantendrá en óptimas condiciones de funcionamiento y operatividad el sistema, y finalmente se elaboraron las guías de práctica de laboratorio las cuales apoyaran esencialmente en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

## **ABSTRACT**

This project describes an analysis, recovery and proposal for improving a hydropneumatic suspension system belonging to Citroën GSA, model 1982, detailing the functioning and components of a hydropneumatic suspension.

It was carried out a vehicle inspection after its acquisition, finding the car was deteriorated and lacking some parts, so we proceeded to recover the hydropneumatic suspension. It was elaborated a simulation model of the hydropneumatic system based on an appropriated software that helped to understand with a higher clearness the functioning of each one of the components.

Due to the dreadful state of the drive system, it was proposed an improvement through an appropriated design program carrying out a hydraulic circuit to be joined to the axis of height correcting devices and controlled by an electric, so to enhance its efficiency.

Results on the system proofs were contrasted to the set parameters of manufacturer handbook, through this it was determined the system does perform a suitable functioning. It was also analyzed the performance on road using a vehicle with a different suspension (McPherson), concluding that the hydropneumatic suspension system has better stability in comparison with the other one.

In order to complete the project, it was designed maintenance plan which will keep the system in optimum functioning conditions, and finally laboratory practices manuals were elaborated which will support to the learning teaching process of students at Ingeniería Automotriz School.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Después del descubrimiento del motor de combustión interna por Otto, la industria automotriz creció notablemente, de igual manera los sistemas que lo componían y daban mejores alternativas de comodidad y confort.

Fueron años difíciles por la recesión económica en países europeos tanto por la primera y segunda guerra mundial; en la cual muchos hombres emprendedores como Andrés Citroën, Enzo Anselmo Ferrari, entre muchos impulsaron en cierta manera la industria metalmeccánica.

Surgiendo diferentes innovaciones; entre los cuales está la suspensión hidroneumática desarrollado por Citroën y equipado en sus coches, así como adaptado notablemente por otros fabricantes: Rolls-Royce, Mercedes-Benz y Peugeot. También fue usado en camiones Berliet y actualmente en algunos vehículos militares usan sistemas parecidos.

Destacándose en proporcionar una conducción suave y cómoda aunque bien controlada. Su suspensión de nitrógeno es aproximadamente seis veces más flexible que el acero convencional, por lo que se añade un sistema auto-nivelador para permitir que el vehículo aproveche esta característica. Francia destacaba por la baja calidad de sus carreteras en los años de posguerra, por lo que la única forma de mantener una velocidad relativamente alta en un vehículo era que fuese capaz de absorber fácilmente las irregularidades del firme.

Aunque éste sistema tiene ventajas inherentes sobre la suspensión de acero, generalmente reconocidas en la industria automovilística, también tiene cierto grado de complejidad por lo que algunos fabricantes como Mercedes-Benz, British Leyland (Hydrolastic, Hydrogas) y Lincoln han buscado crear variantes más simples.

El presente proyecto se encuentra encaminado a explicar, demostrar como la suspensión hidroneumática favoreció al avance tecnológico de la época tal vez una de la más complicada a principios de 1982. Esta investigación se lo llevará de una manera tanto teórica como práctica en los cuales se aplicará el conocimiento adquirido durante la carrera de Ingeniería Automotriz para desencadenar una serie de acontecimientos, los cuales nos describirán de una manera tangible como la suspensión hidroneumática cambió la historia de una de las empresas más grandes del mundo.

## **1.2 Justificación**

Después de su invención el sistema de suspensión hidroneumática tuvo un impacto negativo clave sobre su inventor; Citroën, sólo sus talleres especializados estaban calificados para trabajar sobre estos automóviles lo que radicalmente eran diferentes para los mecánicos corrientes, pretendiendo así dar a conocer mediante el presente ejemplo las ventajas respecto a los otros sistemas de suspensión. Presentando como ayuda un manual de prácticas en los cuales podrán conocer los estudiantes paso a paso sobre el sistema hidroneumático; mediante el cual podremos guiarnos para los siguientes sistemas más avanzados como suspensión hidractiva.

El presente proyecto beneficiaría a estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz como reforzamiento en su formación profesional con conocimiento académico, científico y tecnológico; disminuyendo costos en la implementación de sus laboratorios de prácticas de la Escuela y en favor a la Institución.

Dando así a conocer los beneficios y resultados que ha presentado este sistema de suspensión en diferentes modelos de Citroën: Xantia, GS, GSA, BX. También existe en otras marcas como: BMW, Peugeot, Royal Rolles y actualmente aplicados en vehículos de transporte pesado.

Actualmente los servicios especializados en este sistema son muy escasos y por ende un mantenimiento resulta muy costoso, lo que hace necesario obtener conocimientos y si es posible especialización de los estudiantes a favor de la sociedad.

## **1.3 Objetivo**

**1.3.1** *Objetivo general.* Analizar, recuperar y mejorar un sistema de suspensión hidroneumática en un vehículo Citroën GSA X3 del año 1982 tomado como banco didáctico.

### **1.3.2** Objetivos específicos

Analizar el estado del vehículo, realizar la recuperación del sistema de suspensión hidroneumática.

Crear un modelo de simulación del sistema hidroneumático en base a un programa apropiado.

Proponer un mejoramiento del sistema mediante la implementación de un circuito electrohidráulico en el sistema de mando.

Realizar las pruebas de funcionamiento y un plan de mantenimiento del sistema de suspensión hidroneumática.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Suspensión del automóvil

Es el sistema encargado de mantener los neumáticos en contacto con el suelo, absorbiendo las vibraciones provocadas por las irregularidades del camino hacia los neumáticos y ser transmitidos a los pasajeros o la carga. Esto se logra a través de un conjunto de uniones elásticas bien elaboradas que constituyen el sistema de suspensión; el cual comienza en el mismo neumático, capaz de "alisar" las irregularidades más pequeñas del camino debido a su propia naturaleza elástica y termina en el asiento, último eslabón de la cadena camino-pasajero. [1]

**2.1.1** *Funcionamiento del sistema de suspensión.* Cuando se habla de suspensión nos estamos refiriendo a un sistema en el cual un objeto se mantiene suspendido en el aire apoyado o suspendido sobre una unión elástica con otro objeto que sirve de apoyo sobre el suelo.

Todos sabemos que un cuerpo suspendido adquiere movimiento si sobre él se realiza una fuerza, habremos podido darnos cuenta que la velocidad que adquiere el cuerpo en un tiempo determinado dependerá de la masa (peso) del cuerpo, así tenemos que nos cuesta mucho esfuerzo poner en movimiento un cuerpo pesado como un automóvil, mientras que con muy poco esfuerzo podemos poner en movimiento empujando una bicicleta. Este fenómeno de oponer resistencia al movimiento de acuerdo a la masa se conoce como inercia; que da pie a la posibilidad de elaborar sistemas de suspensión.

El siguiente esquema muestra un cuerpo pesado suspendido por un elemento elástico (resorte) que se apoya sobre otro cuerpo más ligero, si ahora aplicamos una fuerza vertical de corta duración al apoyo para levantarlo, tal y como sucede cuando un cuerpo en movimiento encuentra una protuberancia del camino, el apoyo de poca inercia reacciona con facilidad y se mueve en dirección vertical copiando el perfil de la protuberancia. Pero no pasa lo mismo con el cuerpo pesado; este último ofrece una mayor resistencia al movimiento debido a su elevada inercia, por lo que la subida del apoyo se produce principalmente a expensas de la contracción notablemente el efecto de subida del cuerpo pesado, no obstante del cuerpo pesado siempre se movería alguna cantidad. Este elemental esquema mecánico constituye la esencia de un sistema de suspensión. [2]

Figura 1. Funcionamiento básico de la suspensión



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**2.1.2 Componentes de la suspensión.** Un sistema de suspensión moderno de un vehículo de carretera tiene los siguientes componentes:

- Neumático
- Mecanismo de soporte.
- Amortiguador
- Barra estabilizadora
- Soportes elásticos de la carrocería
- Asiento de los pasajeros

Todos estos elementos participan en mayor o menor grado en la disminución de la transmisión de las oscilaciones del camino y/o las generadas por las partes en movimiento del propio vehículo hacia los pasajeros o la carga. No todas están presentes en todos los vehículos, por ejemplo muchas máquinas agrícolas o de la construcción de lento andar casi delegan toda la suspensión al asiento del operador.

**2.1.2.1 Neumático.** El sistema de suspensión en el automóvil comienza en el contacto del neumático con el camino. La propia elasticidad del caucho relleno de aire proporciona un enlace muy elástico capaz de moverse por un camino sin apenas transmitir las oscilaciones de pequeña magnitud al resto del vehículo. La presión de inflado repercute mucho en la capacidad del neumático de evitar la transmisión de ondulaciones al vehículo. Una presión excesiva endurece el neumático; esta rigidez dificulta la absorción y se empeora la suspensión; demostrando que la propia naturaleza del neumático es muy importante, así tenemos que los de cuerdas radiales

son más elásticos que los de cuerdas diagonales y por tanto mejores en la suavidad de la suspensión.

**2.1.2.2 Mecanismo de soporte.** Siempre el elemento que soporta las ruedas se conecta a la carrocería a través de un mecanismo muy elástico que permite el movimiento relativo de las ruedas y la carrocería, tal y como se representa esquemáticamente en el sistema de suspensión elemental. Este mecanismo en la práctica tiene dos diseños básicos:

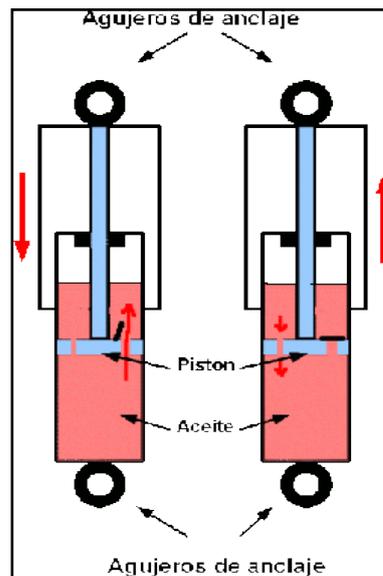
- Eje de carga transversal con una rueda en cada extremo, unido a la carrocería a través de un elemento elástico de soporte de carga.
- Mecanismo trapezoidal independiente por cada rueda, unido a la carrocería a través de un elemento elástico de soporte de carga (Suspensión independiente).

En la descripción del sistema elemental de suspensión se ha notado la importancia de que el elemento de apoyo sea sustancialmente más ligero que el elemento suspendido, mientras más grande sea la masa suspendida en relación a la masa de apoyo, mejor serán absorbidas las irregularidades del terreno. Por eso los fabricantes de automóviles tratan de aligerar lo más posible las partes del automóvil que corresponden al mecanismo de suspensión es decir las que están por debajo de los muelles. Estos elementos por lo general son los propios neumáticos, los mecanismos de montaje de las ruedas, los frenos y los ejes o mecanismos de carga.

**2.1.2.3 Amortiguador.** Erróneamente muchas personas piensan que el amortiguador participa en el soporte de carga del vehículo; lo real es que el amortiguador aunque es importante para mejorar la suavidad de la suspensión y la estabilidad del vehículo en caminos tortuosos no es imprescindible, de hecho la mayor parte de los vehículos que circulan por el mundo lo hacen con los amortiguadores en mal estado o sin ellos. No obstante son muy importantes para un correcto y seguro manejo del vehículo.

**A. Amortiguadores hidráulicos.** Básicamente son los más utilizados actualmente, constan de un pistón que trabaja dentro de un cilindro en el que hay aceite. Sobre el pistón existe una serie de orificios y unas válvulas pre-comprimidas que permiten el paso de aceite de una cámara a otra al superar una presión dada. La parte superior está llena de gas (aire u otro) utilizando la compresibilidad del gas, lo que permite que el aceite se contraiga o dilate con los cambios de temperatura y además absorbe los pequeños movimientos de las ruedas en las irregularidades menores del camino.

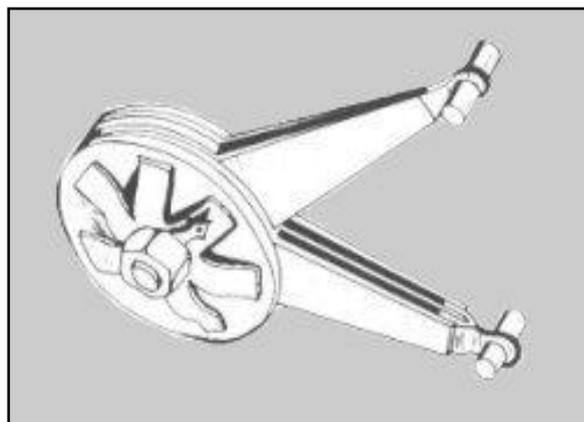
Figura 2. Amortiguador hidráulico



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**B. Amortiguadores de fricción.** Constituidos por dos brazos: uno de los cuales se acopla al mecanismo de la rueda y el otro a la carrocería del vehículo. Esos brazos terminan en unos discos separados por un material de fricción y apretados por una pieza de acero templado que funciona como resorte de diafragma. Dichos amortiguadores son de doble acción; tanto cuando la rueda sube como cuando bajan.

Figura 3. Amortiguador de fricción

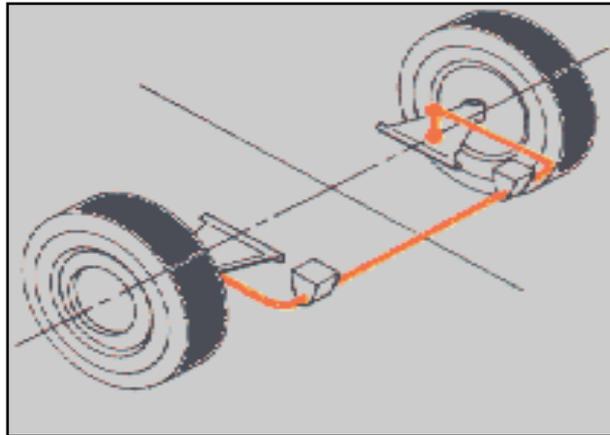


Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**2.1.2.4 Barra estabilizadora.** Este componente juega un papel menos importante en el sistema de suspensión, no obstante su uso representa claras ventajas en la estabilidad del vehículo. Es esencialmente una barra de acero elástica en forma de U que se encuentra en la suspensión delantera o trasera de los automóviles. Cuando el vehículo entra en una curva, la carrocería tiende a inclinarse hacia fuera; esto provoca que las ruedas que van por la parte exterior de la curva sean sometidas a una mayor

fuerza dinámica que se traduce en un mayor peso sobre la suspensión. Inversamente las ruedas internas se descargan. Esta elasticidad típicamente viene dada por el diámetro de la barra, muy elástica no transferirá mucha fuerza desde una rueda a otra por lo que no será muy efectiva para impedir la inclinación.

Figura 4. Barra estabilizadora

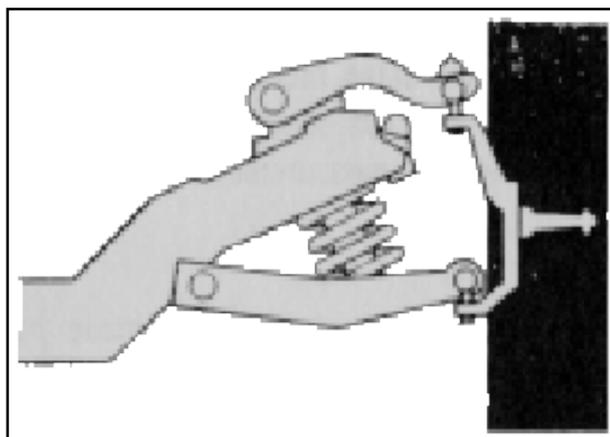


Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**2.1.2.5 Soportes elásticos de la carrocería.** Se encargan de amortiguar las vibraciones que se transmiten desde las ruedas hacia la carrocería; los cuales pueden ser:

**A. Resortes de acero en espiral.** Utilizados en los automóviles ligeros, siendo un grueso alambre de acero al manganeso templado arrollado como un cilindro en espiral ascendente, generalmente de diámetro y paso constantes.

Figura 5. Aplicación del muelle



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

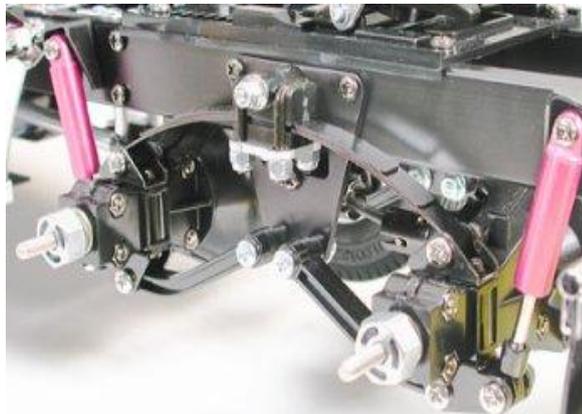
Estos resortes tienen la característica de que la distancia de compresión es proporcional a la carga que soportan, es decir para carga doble se reducen a la mitad de tamaño. Siendo muy elásticos y útiles para las suspensiones más suaves como las de los automóviles de pasajeros y la suspensión delantera de los camiones ligeros, donde la carga no varía de manera notable entre el vehículo vacío y cargado.

**B. Muelles de hojas superpuestas.** Abundantemente utilizados en los vehículos de carga por su simplicidad y larga duración, los muelles de hojas o ballestas están contruidos por la superposición de hojas de acero al manganeso templado de diferente longitud en forma de una placa plana curvada que se flexiona al aplicarle una carga.

Su geometría en la placa plana es más ancha en el centro y terminada en punta en los extremos y la misma placa mostrando la sección lateral curvada, se asegura a través de un perno con tuerca que atraviesa todas las hojas utilizando un agujero central practicado en todas las hojas.

Los extremos de la hoja más larga; conocida como maestra han sido doblados para formar un cilindro pequeño por donde se une al vehículo, utilizando un casquillo de goma dura. En la siguiente figura puede verse un típico uso de estos muelles de hojas en un camión pesado de doble eje trasero.

Figura 6. Aplicación de ballestas



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**C. Bolsas de aire.** A partir del desarrollo de cauchos y fibras de refuerzo cada vez más resistentes, las bolsas de aire como elemento flexible proporcionando una suspensión muy suave y suficientemente duradera; ya que su presión interior puede ser modificada de acuerdo a la carga y con ello mantener la misma altura en el vehículo cargado y el vacío aprovechando la compresibilidad del aire interior. En principio, estas bolsas de aire se montan de la misma manera que los muelles en

espiral, sustituyendo estos, pero acompañadas de un sensible mecanismo neumático-mecánico de control de presión.

Estas bolsas de aire no sostienen el eje en su sitio tal y como los muelles en espiral, por lo que el uso de tensores de soporte es necesario.

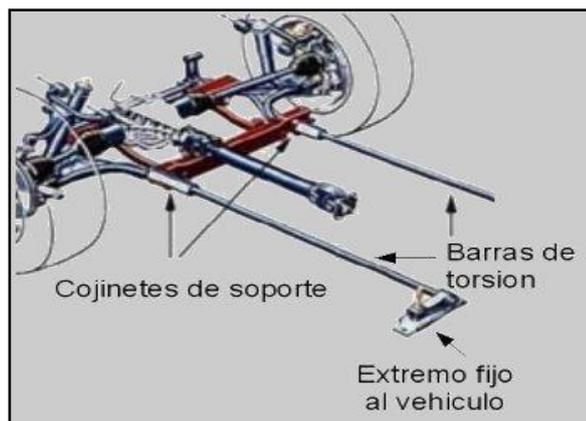
Figura 7. Bolsas de aire



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

**D. Barra de torsión.** Utilizada como elemento de soporte de la carga, en este caso la rueda está montada en un mecanismo oscilante que pivota en algún punto de unión a la carrocería torciendo una barra de acero templado que está fija en el otro extremo al vehículo; de manera que el peso del automóvil mantiene la barra parcialmente torcida, puede estar transversal o longitudinalmente al vehículo.

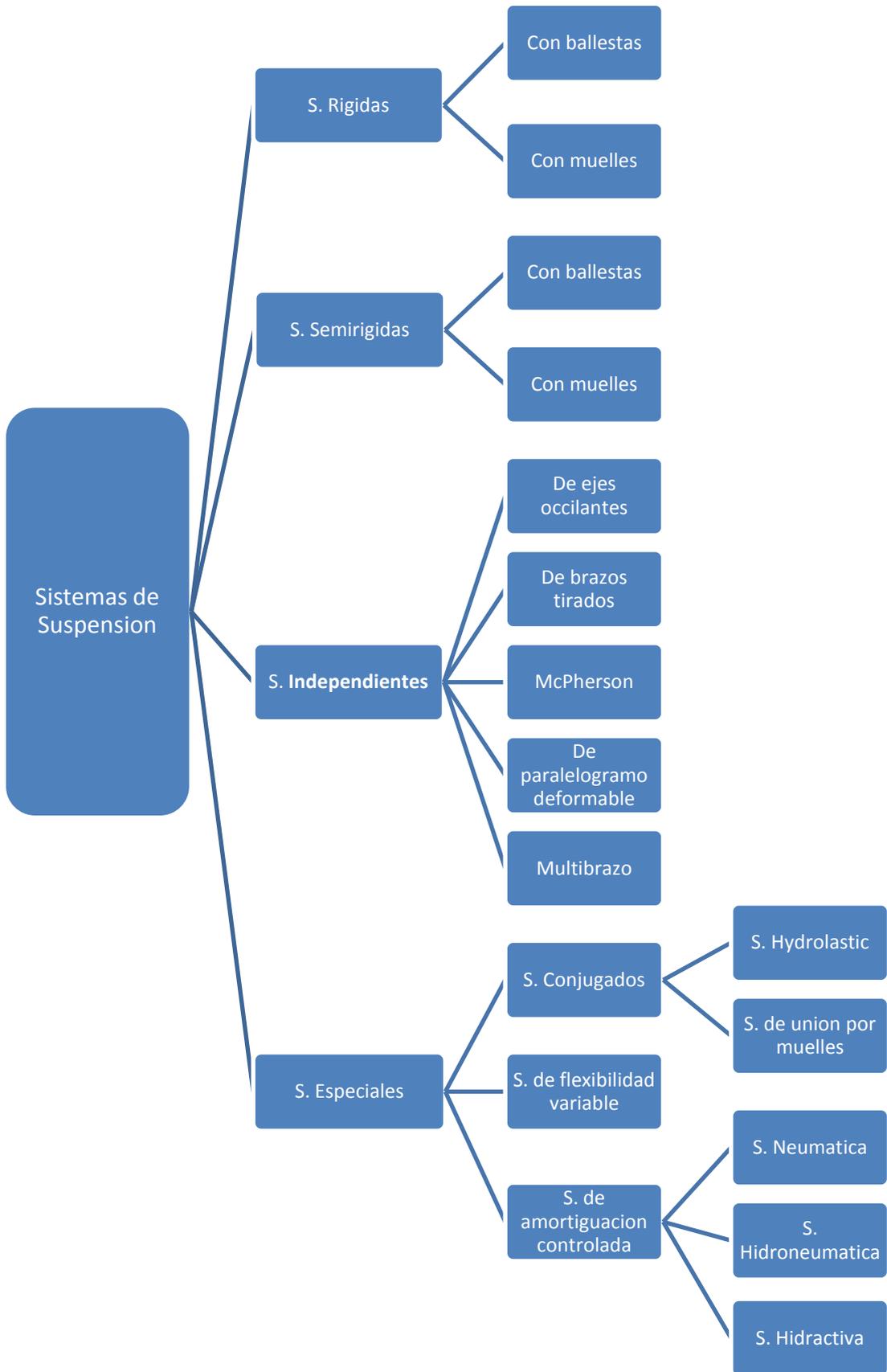
Figura 8. Barra de torsión



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

## 2.2 Clasificación de los sistemas de suspensión

Tabla 1. Clasificación de la suspensión



Fuente: Autores

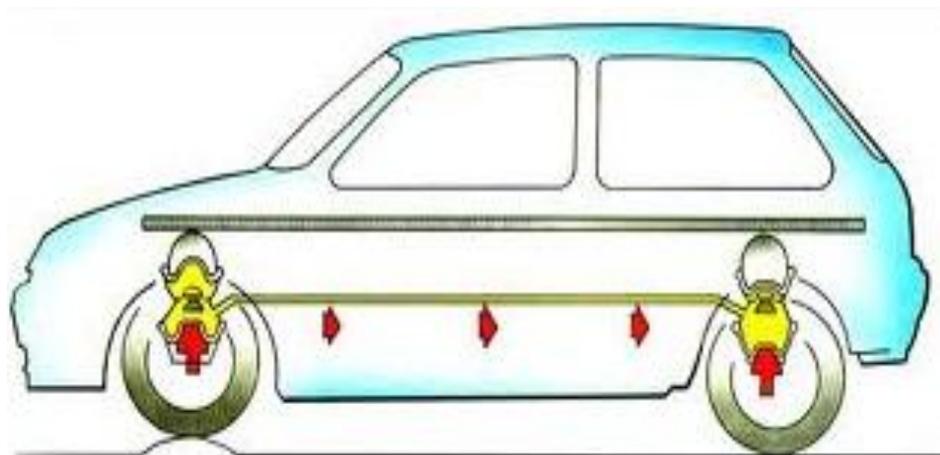
Actualmente existen diferentes tipos de sistemas de suspensiones de los cuales no todos los modelos de suspensión pueden ser montados en el eje delantero o trasero indistintamente; por lo que cada tipo de suspensión se adapta mejor a uno de los dos ejes. En la Tabla 1 se puede determinar por lo general una clasificación en base a su tiempo de aparición, culminando con las especiales en las cuales se encuentra la suspensión hidroneumática.

**2.2.1** *Sistemas especiales de suspensión.* El sistema hidroneumático es incluido como un sistema de suspensión especial, debido a su principio el cual es catalogado para algunos de los siguientes sistemas especiales como la hidractiva. Usados en vehículos de alta gama, los cuales son descritos a continuación de una manera resumida y concreta.[3]

**2.2.1.1** *Suspensiones conjugadas.* Si la suspensión delantera y la trasera del mismo lado se comunican; se dice que el sistema es conjugado, consiguiendo una gran reducción en el cabeceo del vehículo y mantiene más nivelado; lo que se traduce en una mayor comodidad de los ocupantes.

**A. Sistema hydrolastic.** Cada una de las ruedas posee una unidad de suspensión que desempeña las funciones de muelle y amortiguador, se fijan al bastidor y están unidos por medio de las tuberías los elementos de suspensión del mismo lado; lleva una masa cónica de caucho que desempeña los efectos de muelle. El otro extremo se cierra mediante los diafragmas, en el que apoya un pistón conectado a los brazos de las unidades de suspensión.

Figura 9. Suspensión hydrolastic

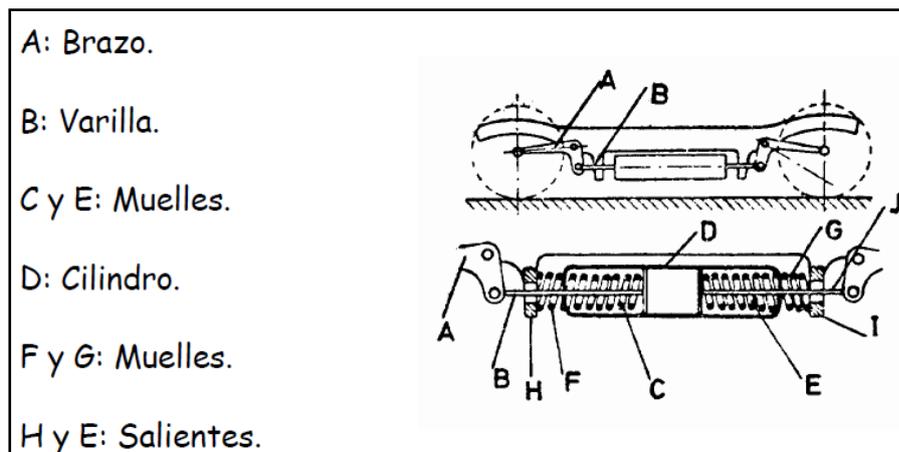


Fuente: <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T7.pdf>

Cuando la rueda delantera sube para salvar un obstáculo, el diafragma se desplaza hacia adentro, impulsando el líquido a través de los orificios del tabique metálico y de la válvula bidireccional, cuya resistencia constituye el efecto amortiguador. El diafragma reduce el volumen de la cámara y aumenta la presión, desplazando el líquido por la tubería de conexión y el diafragma del otro elemento sube la suspensión.

**B. Sistema de unión por muelles.** Consiste en unir los brazos delantero y trasero de cada lado del vehículo, por un cilindro en cuyo interior hay un muelle. En cada una de las ruedas hay un amortiguador de inercia. Este sistema es el utilizado en los automóviles marca Citroën 2 CV, Dyane 6, C-8 y ASK-400; dicha unidad está fijada al bastidor y va unida a los brazos de suspensión de cada rueda. Una tubería une las unidades delantera y trasera de cada lado del vehículo, con el fin de que el fluido que llena las cámaras pase de una unidad a otra. Cuando los desplazamientos de la rueda son muy pequeños, la presión sobre el líquido es insuficiente para mover la válvula y no actúa, por tanto, el sistema, siendo estos pequeños obstáculos absorbidos por la elasticidad de los neumáticos.

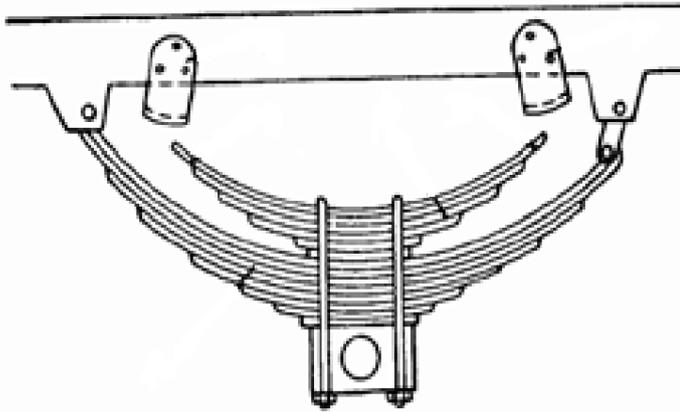
Figura 10. Suspensión de unión por muelles



Fuente: <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T7.pdf>

**2.2.1.2 Suspensiones de flexibilidad variable.** Este sistema de suspensión permite variar la rigidez de la suspensión a medida que se va cargando el vehículo, siendo más dura cuanto más peso tenga que soportar el vehículo, de este modo se evita que al cargar el vehículo, la carrocería llegue a rozar con la rueda produciéndose un desgaste anormal en ésta. También conseguimos una mayor comodidad para los pasajeros o la carga pues la suspensión no llega a ser dura cuando el vehículo está vacío ni excesivamente blando cuando va cargado. Hay dos variantes: en una de ellas se dispone, en vez de ballesta el ballestón.

Figura 11. Suspensiones de flexibilidad variable



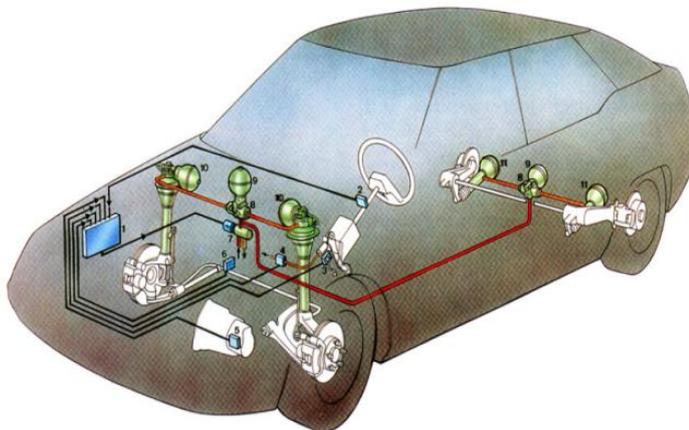
Fuente: <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T7.pdf>

Este sistema consiste en poner una o más hojas en la parte inferior de la ballesta. Es frecuente encontrarse con que las hojas del ballestón tienen distinto grosor a las de la ballesta; el funcionamiento del conjunto es similar al anterior y es el sistema adoptado en vehículos como el Land Rover en las suspensiones traseras (donde se van a tener que soportar mayores esfuerzos).

La otra variante consiste en disponer de muelles helicoidales cónicos obteniendo así una flexibilidad variable progresiva, o también colocar muelles helicoidales con diferente separación de espiras o disponiendo un muelle adicional (doble resorte) por el interior del muelle principal que empezará a actuar cuando el principal se haya flexionado una cierta cantidad.

### 2.2.1.3 Suspensiones de amortiguación controlada.

Figura 12. Suspensiones de amortiguación controlada



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension5.htm>

Las características ideales de la suspensión de un vehículo serían aquellas que permitieran disponer de unos tarados blandos en recta, para absorber mejor las irregularidades del terreno, y de unos tarados duros cuando se circula por curvas o a alta velocidad para ganar en estabilidad del vehículo.

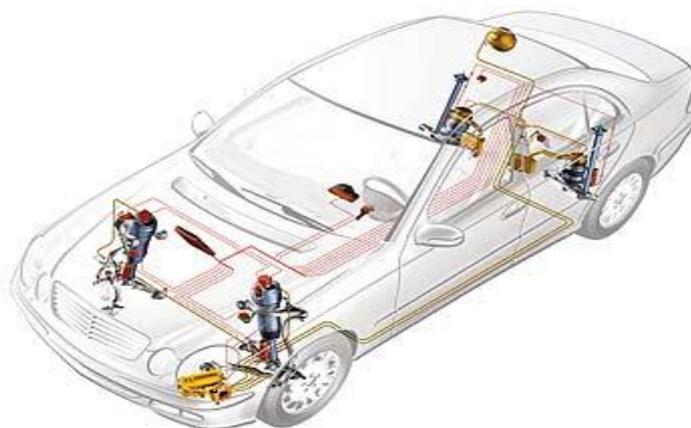
Con las suspensiones convencionales teniendo en cuenta que, a medida que se gana en confort, se pierde en rigidez de la suspensión y por tanto en estabilidad y a la inversa, si diseñamos un sistema muy estable perderemos comodidad.

El sistema de amortiguación controlada adecúa la suspensión del vehículo a las condiciones de conducción que elige el conductor y que pueden ser:

- **Suspensión deportiva:** Es una suspensión dura que permite un buen agarre y estabilidad del vehículo en curvas y a alta velocidad.
- **Suspensión normal:** Es una suspensión media, se busca un compromiso entre la comodidad y la estabilidad.
- **Suspensión confortable:** La suspensión es blanda dando preferencia al confort, se utiliza para circular por carreteras en mal estado.

**A. Suspensiones neumáticas.** En este tipo de suspensión se intercala entre las ruedas y los elementos suspendidos un resorte neumático (de goma sintética reforzada con fibra de nylon en forma de cojín) constituido por un pistón montado sobre el eje de las ruedas o en los brazos de suspensión de las mismas, un diafragma de caucho y una placa de cierre en la parte superior, unida al bastidor. Este sistema puede ajustar de forma rápida y automática la altura del vehículo y el grado de amortiguación de la suspensión de acuerdo con la carga del vehículo y la superficie de la carretera sobre el cual se conduce. La disposición puede ser de un fuelle por cada rueda o incluso dos por cada rueda.

Figura 13. Suspensión neumática



Fuente: [http://www.km77.com/marcas/mercedes/clasee\\_02/sumario3.asp](http://www.km77.com/marcas/mercedes/clasee_02/sumario3.asp)

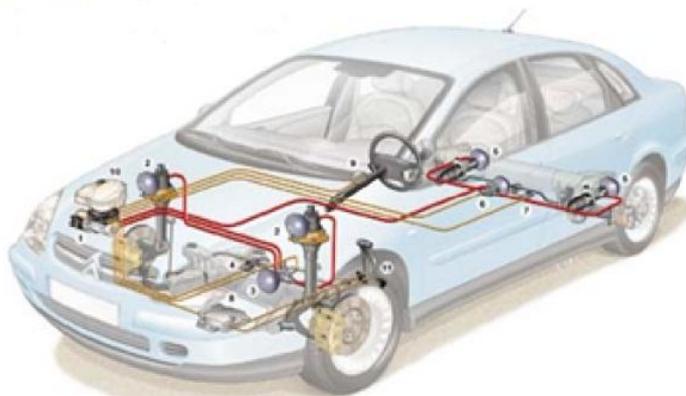
**B. Suspensión hidroneumática.** En este tipo se combinan, perfectamente, la gran flexibilidad y la corrección automática de la altura que mantiene constante la distancia al suelo. Permite reducir las reacciones transmitidas por las ruedas a la carrocería (confort), mantener constantes las fuerzas de contacto de las ruedas con el suelo, y amortiguar de forma inmediata la tendencia al salto de las ruedas (estabilidad en carretera).

El sistema de suspensión hidroneumática que equipa los modelos de la gama Citroën está constituido por dos fluidos: líquido y gas. El muelle mecánico clásico es sustituido por una masa de gas (nitrógeno), encerrado en una esfera de acero. La carrocería reposa sobre 4 bloques neumáticos, cuya función entra en acción al realizarse los desplazamientos de las cuatro ruedas independientes. Un mando mecánico manual permite hacer variar la altura del vehículo, para facilitar el franqueo de obstáculos o el cambio de una rueda.

**C. Suspensión hidractiva.** O denominada suspensión hidroneumática pilotada electrónicamente, además incorpora un regulador de rigidez por cada eje (es una esfera adicional), una electroválvula por cada eje y toda la parte electrónica (calculador y captadores). En la automática, es el mismo automóvil el que varía la flexibilidad de su sistema de suspensión adaptándola a las condiciones de marcha del vehículo y el tipo de conducción, controlando la inclinación de la carrocería, el cambio de velocidad, el giro del volante o la actuación de los frenos ya sea en el puente delantero o puente trasero

El sistema permite también nivelar uno o ambos ejes cuando se carga el vehículo o se circula por carreteras en mal estado, así como reducir la altura de la carrocería cuando se va rodando a alta velocidad.

Figura 14. Suspensión hidractiva



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension5.htm>

Esta suspensión ha sufrido diferentes variaciones, desde el modelo XM, el Xantia hasta el actual modelo C5 y que se llama SC/CAR (Sistema Citroën/ Control Active Roulis).

### 2.3 Citroën

Algunas de sus innovaciones fueron el encendido eléctrico y la tracción delantera, no sin olvidar la aplicación del sistema hidroneumático en las suspensiones de sus vehículos, tomando como prueba y primer vehículo el Citroën DS 19 (Tiburón) en 1955. Los dientes de los engranajes en forma de chevrones por él ideados convirtieron en el emblema de la marca. [4]

### 2.4 Datos técnicos que hacen importante el vehículo Citroën GSA

Tabla 2. Características técnicas del modelo

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.	
MOTOR	
	Posición: delantero longitudinal, a plano.
	Número de cilindros: cuatro, opuestos dos a dos.
	Cilindrada: 1.129 c.c. Potencia fiscal: 9 HP.
	Refrigeración por aire
	Compresión: 9:1. Potencia: 56 CV. DIN a 5.750 r.p.m. Par motor máximo: 8,1 mkg. DIN a 3.500 r.p.m.
Carburación	Un carburador vertical de dos cuerpos Weber 30 DGS 14/250 Bomba de gasolina: mecánica. Filtro de aire: en seco.
Lubricación	Bomba: rotativa concéntrica.
	Refrigeración: radiador de aceite.
	Capacidad total: 4,2 litros. Cambio de aceite: 3,5 litros.
Distribución	Válvulas: en culata y accionamiento por balancines.
	Árbol de levas: uno en cada culata y mando por correa dentada.
TRANSMISIÓN	
	Embrague: mono disco en seco, de diafragma.
	Número de marchas de avance: cuatro. Sincronizadas.
	Disposición motriz: tracción delantera; motor por delante del eje. Tipo del grupo: cónico helicoidal.

BASTIDOR	
	Carrocería monocasco auto portante.
Suspensión	Delantera: ruedas independientes, con brazos transversales.
	Trasera: ruedas independientes, tiradas por brazo longitudinal.
	Tipo de resorte: bloque hidroneumático de altura constante. Amortiguador: incorporado al sistema hidráulico.
Frenos	Circuito independiente para cada tren.
	Asistencia: central de presión hidráulica.
	Dispositivo anti-bloqueo: presión trasera proporcional a la de
	Delanteros y traseros a discos
Dirección	De cremallera. Desmultiplicación: 19:1.
Rodado	Neumáticos: radiales, sin cámara. Medida: 145 SR-15.
Equipo eléctrico	Generador: 12 V, alternador 490 watt y 35 amp, Batería: de 40 a/h.
CARROCERÍA	
	Dos volúmenes, 5 puertas.
	Asientos: adelante, dos butacas; atrás, abatible, con descansabrazos central.
	Longitud: 4,20 metros. Ancho: 1,63 metros. Altura: 1,35 metros.

Fuente: <http://www.citroen-owners.org/consejos-practicos>

Presentado en 1970, el Citroën GS se convirtió rápidamente en un tipo berlina de representación para el segmento medio. Incluso disputó el premio al auto del año con el Citroën SM el cual representó un proyecto muy avanzado y audaz tanto en lo estético como en lo técnico. La suspensión hidroneumática, los frenos de discos en las cuatro ruedas potenciados, sumados a un motor muy económico y una aerodinámica carrocería que conforman un armonioso conjunto.

## 2.5 Sistema de suspensión hidroneumática (Citroën)

Este sistema de suspensión, utilizado por Citroën en algunos de sus modelos, consiste en combinar un sistema mixto de elementos hidráulicos y neumáticos, que garantiza una suspensión suave y elástica, facilitando el reglaje y nivelación de la carrocería de forma manual o automática. Esta suspensión proporciona la confortable sensación de flotar, una gran estabilidad sin que se noten las desigualdades del terreno y un notable agarre de las ruedas al terreno.

**2.5.1 Leyes fundamentales aplicadas al sistema hidroneumático.** Para dar a conocer de mejor manera el sistema hidroneumática de forma resumida mediante principios de la hidráulica y neumática. Empezando la sustitución de los muelles mecánicos tradicionales por dos fluidos: un líquido como aceite mineral y un gas como el nitrógeno.

Tabla 3. Leyes aplicadas a la hidráulica y neumática

Leyes y ecuaciones aplicadas al sistema		
Neumática		
LEY	CARACTERÍSTICA	FÓRMULA
Boyle-Mariotte	T= Cte.	$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{Cte.}$
Gay- Lussac	P = Cte.	$V_1/T_1 = V_2/T_2 = \text{Cte.}$
	V= Cte.	$P_1/T_1 = P_2/T_2 = \text{Cte.}$
E. de gas ideal		$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$
Hidráulica		
E. de continuidad		$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = \text{Cte.}$
E. de Bernoulli		$(P_1 - P_2) = \rho/2 \cdot (V_2^2 - V_1^2) + \rho \cdot g \cdot (y_2 - y_1)$
Ley de Poiseuille		$F_{\text{neta}} = (P_1 - P_2) \cdot \pi \cdot r^2$

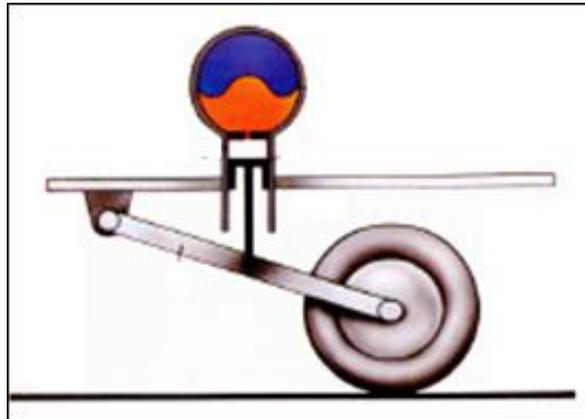
Nomenclatura:			
T	Temperatura	v	Velocidad
P	Presión	g	Gravedad
V	Volumen	$\rho$	Densidad
m	masa del gas	R	radio exterior
R	Cte. del gas(N=1.4)	r	radio interior
A	Área	$\pi$	$\pi = 3.1416$

Fuente: <http://www.micro-ingenieria.cl/pdf/021.pdf>

Dichos fluidos se rigen por leyes y/o ecuaciones fundamentales; los cuales nos permitirán entender de forma más fácil los efectos, cambios y sin olvidar las propiedades que presentan cada uno de los fluidos, ya sean líquidos o gases. **[5]**

**2.5.2 Principios de la suspensión hidroneumática.** La suspensión hidroneumática permite obtener una gran flexibilidad y una altura constante cualquiera que sea la carga, un corrector automático hace variar el volumen de líquido a fin de mantener la altura del vehículo sobre el suelo en caso de variación de la carga transportada. [6]

Figura 15.Principio de la suspensión hidroneumática



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension4.htm>

El circuito hidráulico que regula el sistema de suspensión, está constituido por una bomba acoplada y movida por el motor del vehículo, que aspira aceite de un depósito, que es un recipiente de unos cuatro litros en cuyo interior hay unos filtros que mantienen constantemente purificado el aceite que circula por los elementos; la capacidad total del circuito es de unos siete litros y el depósito tiene unos niveles máximos y mínimos que deben respetarse.

El aceite a presión que sale de la bomba llega al acumulador que lo mantiene entre 5 y 7 Bar (si se supera lo envía de retorno al depósito). De aquí el aceite sale para llegar al cerrojo y después al nivelador.

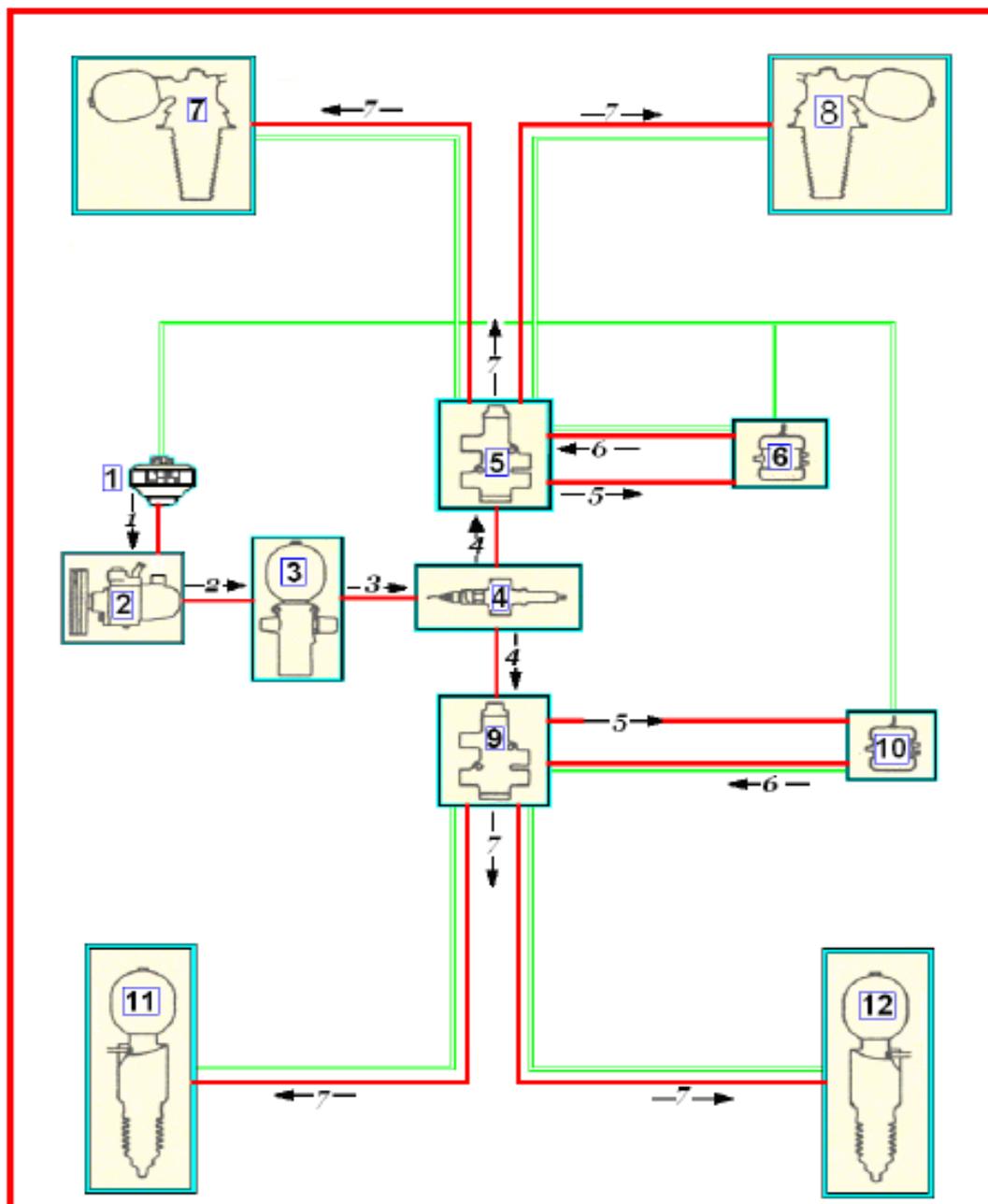
**2.5.3 Características de la suspensión hidroneumática.** Entre ellas tenemos:

- La carrocería descansa sobre cuatro bloques de suspensión que equipan cada una de las ruedas del vehículo.
- Cada bloque se compone de un conjunto esfera y cilindro.
- El gas constituye el elemento elástico de la suspensión.
- El líquido o LHM realiza la conexión entre los órganos no suspendidos y el gas.
- El gas es introducido en la esfera de igual forma que en el acumulador principal, o sea por un orificio situado en la parte superior y obturado por un tornillo, por lo que su concepción es análoga a este.
- El líquido se encuentra entre el conjunto pistón-cilindro roscado sobre la esfera.

- El cilindro es solidario a la carrocería, pero no está fijado rígidamente, ya que es mediante una plaqueta en la parte delantera y abrazadera en la parte trasera.
- El pistón se hace solidario con la rueda por intermedio de una varilla de empuje.
- Un amortiguador va incorporado en cada bloque.
- Los vehículos equipados con suspensión hidroneumática, aprovechan el circuito hidráulico de alta presión, para alimentar la dirección asistida y los frenos.

#### 2.5.4 Esquema de la suspensión hidroneumática

Figura 16. Esquema del circuito de suspensión hidroneumática



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

La suspensión hidroneumática precisa de una serie de piezas y elementos que unidos entre sí a través de un circuito hidráulico, genere la suficiente presión de trabajo que haga efectiva la suspensión.

Cada componente en especial los que están dispuestos a trabajar con presión exacta están calibrados para desempeñar su función de una forma precisa; los cuales están demostrados (Figura 13) mediante conexiones de color rojo. Mientras que elementos que poseen conexiones de cañerías de color verde no están expuestas a presiones elevadas; ya que solo trabajan con un fluido de retorno al depósito.

Los elementos expuestos a los dos tipos de cañerías (rojo y verde); son elementos que trabajaran con mayor precisión ya que debido a su mayor desempeño sufren desgastes prematuros y por ende humedecen a mayor cantidad, los cuales necesitan de un retorno.

**2.5.5** *Componentes de la suspensión hidroneumática.* Los elementos y piezas de la suspensión hidroneumática de un vehículo son:

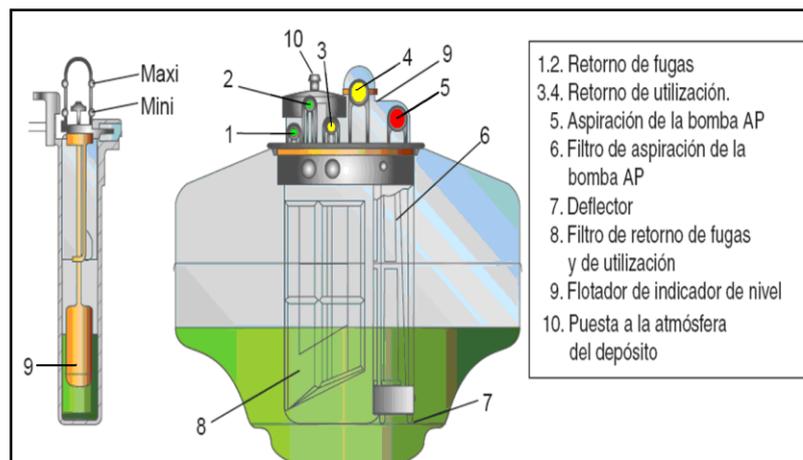
1. Un depósito de aceite.
  2. Una bomba de alta presión.
  3. Un conjuntor-disyuntor.
  4. Una válvula de seguridad del circuito.
  5. Una válvula anticaída por puente delantero.
  6. Un corrector de altura por puente delantero.
  7. Un bloque de suspensión por rueda delantera.
  8. Un bloque de suspensión por rueda delantera.
  9. Una válvula anticaída por puente trasera.
  10. Un corrector de altura por puente trasero.
  11. Un bloque de suspensión por rueda trasera.
  12. Un bloque de suspensión por rueda trasera.
- Conducto rojo (alta presión)  
Conducto verde (baja presión-retorno)

**2.5.5.1** *Depósito de aceite hidráulico.* El aceite puede ser de origen mineral (LHM-Líquido Hidráulico Mineral) o sintético (LHS-Líquido Hidráulico Sintético). El depósito para el aceite hidráulico está constituido por un recipiente con una capacidad aproximada de cuatro litros, lleva en su interior dos filtros de malla fina situados, uno de ellos a la salida de aspiración de la bomba, y el otro a la entrada del líquido de

retorno del circuito, con el fin de mantener constantemente purificado el aceite que circula por los elementos del circuito.

La capacidad total del circuito, incluido el depósito, es de unos 6,5 a 7 litros. El líquido del depósito debe mantenerse a un nivel determinado entre 1,5 litros como máximo, y 1 litro como mínimo, indicados en el depósito de forma visible. La función del depósito de aceite es: almacenarlo, limpiarlo por decantación, recogerlo, enfriarlo y visualizar su nivel.

Figura17. Depósito de LHM



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

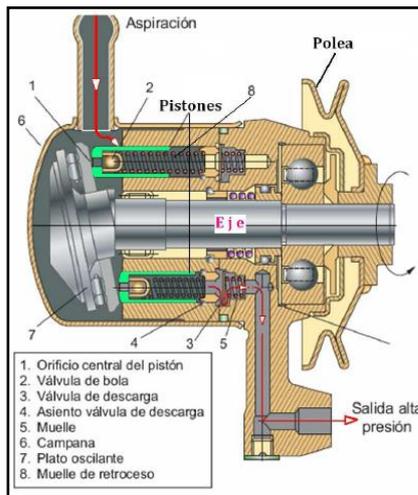
**2.5.5.2 Bomba alta presión.** Se trata de una bomba mecánica de alta presión arrastrada por el cigüeñal mediante el mecanismo de transmisión por correa o acoplada directamente hacia el eje del cigüeñal. La bomba aspira el líquido hidráulico contenido en el depósito para enviarlo a presión al conjuntor-disyuntor.

Los pistones de aspiración de la bomba pueden ir paralelos o perpendiculares al eje de la bomba, en ambos casos los cilindros están mecanizados directamente en el cuerpo de la bomba.

**A. Bomba de alta presión con pistones paralelos al eje.** Se trata de una bomba formada por cinco pistones de aspiración central, dispuestos circularmente y accionados por un plato oscilante.

**Funcionamiento.-** El movimiento de vaivén, al tiempo que circular del plato oscilante, provoca el desplazamiento alternativo de los pistones dentro de sus cilindros, lo que origina la succión del aceite del depósito y su expulsión a alta presión hacia el conjuntor-disyuntor, a través de la válvula de descarga.

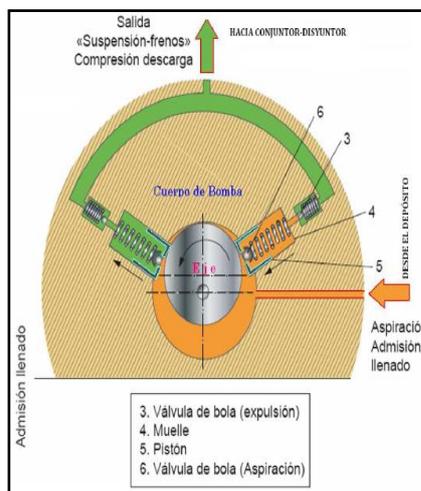
Figura 18. Bomba de alta presión con pistones paralelos



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**B. Bomba de alta presión con pistones perpendiculares al eje.** Se trata de una bomba formada por ocho pistones, de los cuales dos son utilizados para el circuito de suspensión y frenado, y seis para el circuito de la dirección asistida.

Figura 19. Bomba de alta presión con pistones perpendiculares



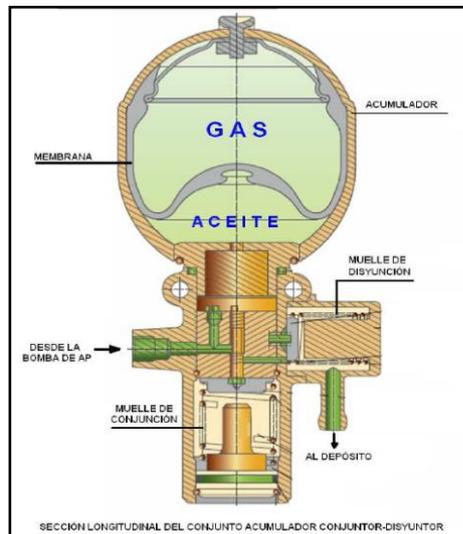
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**Funcionamiento.-** La excentricidad del eje respecto al cuerpo de la bomba, provoca en su giro el desplazamiento alternativo de los pistones dentro de sus cilindros, lo que origina la succión del aceite del depósito y su expulsión a alta presión hacia el conjuntor- disyuntor a través de la válvula de descarga.

**2.5.5.3 Conjuntor-Disyuntor.** En el circuito hidráulico es el elemento encargado de obtener una presión de trabajo que viene establecida por el fabricante.

**2.5.5.4** Para conseguirlo, utiliza dos válvulas reguladoras de presión (2a) y (2b), una tarada a la presión mínima de 145 bares por la acción del muelle de disyunción (4b), y la otra a 170 bares como máximo por la acción del muelle de conjunción (4a).

Figura 20. Conjuntor-disyuntor



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

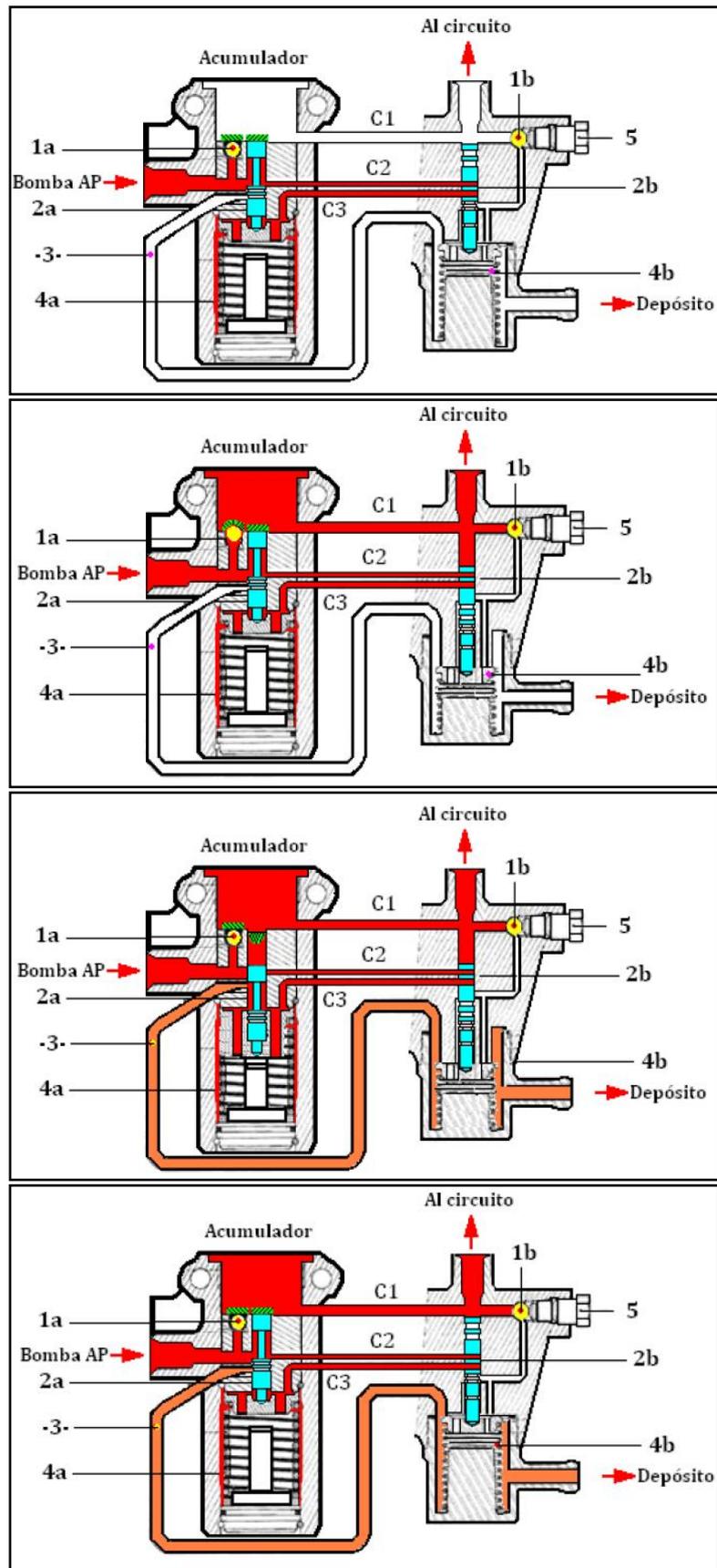
**Funcionamiento.-** Como las válvulas de émbolo (2a) y (2b) están abiertas, permiten que el aceite procedente de la bomba, circule por los conductos (C2) y (C3). El aceite no puede pasar al acumulador principal ni al circuito de servicio (C1), porque se lo impide la válvula de bola (1a). Cuando la presión del aceite llega a los 145 bares, la válvula de émbolo (2b) vence la fuerza del muelle de disyunción (4b), y baja cerrando la comunicación entre (C2) y (C3).

Ésta situación da lugar a un aumento de presión en (C2), que provoca la apertura de la válvula de bola (1a), y asegura el llenado del acumulador principal y la alimentación del circuito por el conducto (C1). Dicho aumento origina otro desplazamiento hacia abajo de la válvula de émbolo (2b), reanudándose la comunicación entre los conductos (C2) y (C3).

En el acumulador principal y circuito; al llegar la presión preestablecida de 170 bares, se cierra la válvula de bola (1a) y el muelle de conjunción (4a) cede, tanto a la presión de aceite que le llega del conducto (C3), como a la fuerza que sobre él ejerce la válvula de émbolo (2a).

Al mismo tiempo que la válvula (2a) cierra el paso del aceite, origina la salida del aceite por el conducto (3) hacia el depósito. Los muelles (4a) y (4b) quedan liberados de la fuerza que los comprimió, y empujan hacia arriba sus respectivas válvulas (2a y 2b), reanudándose nuevamente la fase de regulación de presión de trabajo.

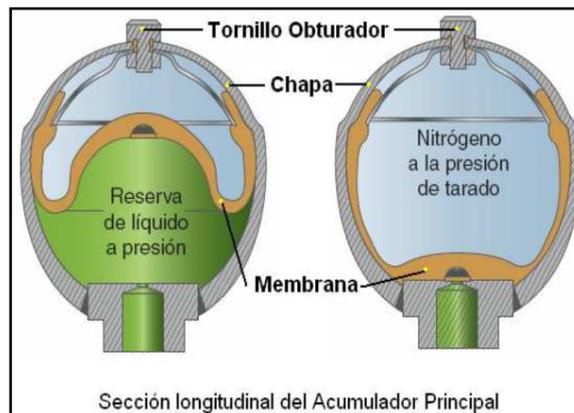
Figura 21. Funcionamiento del conjuntor-disyuntor



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**2.5.5.5 Acumulador principal.** Es una esfera que almacena líquido a presión y lo libera cuando así lo necesite el circuito. Está fabricado de chapa, y en su interior contiene aceite y gas de nitrógeno separado por una membrana de caucho deformable fijada entre el envoltorio y una placa de acero de sujeción. El acumulador, amortigua los golpes de ariete que provoca la circulación del líquido a presión y descarga de trabajo a la bomba. La capacidad es de 400 cm<sup>3</sup> (centímetros cúbicos).

Figura 22. Acumulador principal

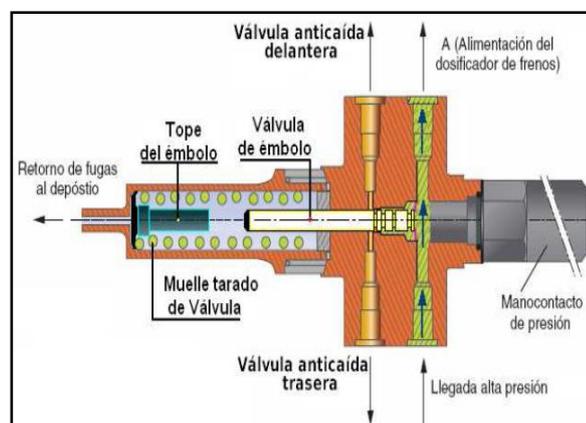


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**2.5.5.6 Válvula de seguridad del circuito.** Se trata de una válvula de émbolo con su muelle tarado, y que lleva un manocontacto que detecta la falta de presión en el circuito. La función que desempeña es que, en caso de fallo en el sistema hidráulico, garantiza presión de aceite al sistema de freno del vehículo.

- Válvula cerrada. Alimenta solo a los frenos.
- Válvula abierta. Alimenta a los frenos y a la suspensión.

Figura 23. Válvula de seguridad



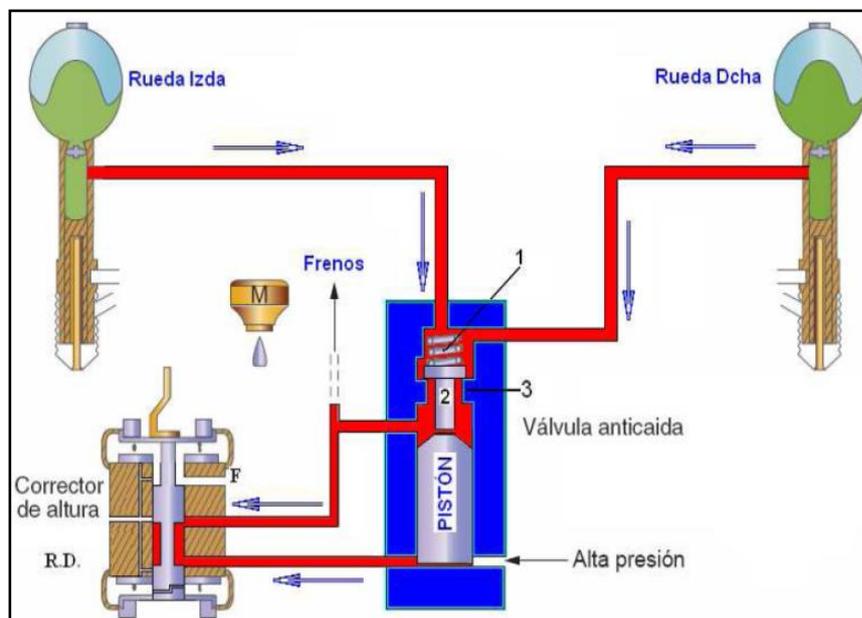
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

Cuando en el sistema se dispone de presión suficiente que garantice la efectividad de los frenos, el aceite desplaza a la izquierda la válvula de émbolo, venciendo la resistencia del muelle tarado, y de este modo permite el abastecimiento de las válvulas anticaída del sistema de suspensión. El manométrico avisa en el salpicadero de falta de presión en el circuito.

**2.5.5.7 Válvula anticaída.** Su misión es evitar pérdida de presión por los correctores de altura y por el dosificador de frenos durante una parada prolongada del vehículo. Se trata de una válvula de pistón que dispone de un muelle tarado (1) y un tope (2).

Con el motor parado, la fuerza del muelle (1) y la presión de suspensión, presionan el tope (2) de la válvula contra su asiento (3), impidiendo que el aceite circule hacia el corrector de altura y el dosificador de frenos. Cuando la presión es suficiente con el motor en marcha, provoca el desplazamiento vertical del pistón y del tope, que comprimen el muelle permitiendo que circule el aceite entre el corrector de altura y los cilindros de las ruedas. Este dispositivo se cierra manualmente desde el tablero de mando por medio de la palanca (8) y se abre automáticamente al pisar el pedal de embrague. Por cada puente del vehículo, se monta una válvula anticaída.

Figura 24. Válvula anticaída

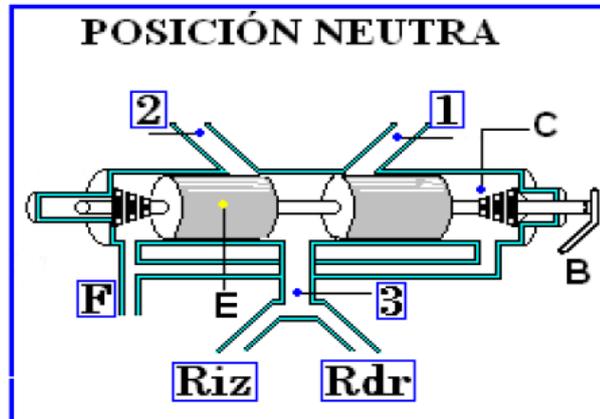


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**2.5.5.8 Corrector de altura.** Consta de un eje distribuidor, que se desplaza horizontalmente dentro de un cilindro de tres orificios. Un juego de palancas

accionadas por la barra estabilizadora del vehículo, desplaza el eje distribuidor cerrando o abriendo el paso de aceite hacia los cilindros de las ruedas.

Figura 25. Disposición neutra del corrector de altura

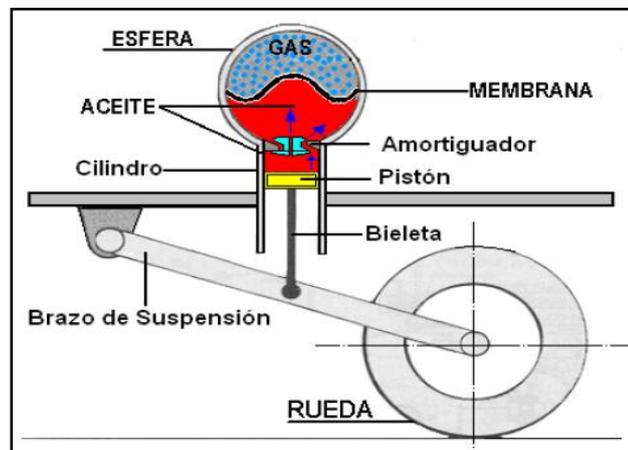


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

El orificio (1) es la entrada a presión del aceite procedente de la válvula anticaída, el orificio (2) es el de descarga y conduce al depósito, y está abierto cuando se pretende bajar la carrocería. El tercer orificio (3) conduce al llenado o vaciado de los cilindros de ruedas (Riz: rueda izquierda y Rdr: rueda derecha). Las fugas de líquido del corrector, se conducen a través del conducto (F) hacia el depósito. Por cada puente del vehículo, se monta un corrector de altura.

**2.5.5.9 Bloque de suspensión.** Situado en cada rueda del vehículo, el bloque de suspensión sustituye al conjunto muelle amortiguador del sistema de suspensión convencional.

Figura 26. Esquema elemental del bloque de suspensión



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**A. Esfera de suspensión.** Las esferas son bloques neumáticos que cumplen la misión del muelle, cinco o seis en todos; uno por cada rueda y un acumulador principal. Consisten en una bola hueco del metal, abierta al fondo, con una membrana de goma flexible, fijada en el interior del “ecuador” que separa la tapa y el fondo.

La tapa se llena de nitrógeno en la alta presión, hasta 75 bares, el fondo conecta con el circuito del líquido de LHM del coche. La presión de tarado y el volumen de la esfera depende de:

- La temperatura máxima de funcionamiento.
- El desplazamiento del pistón en ambos sentidos.
- La masa soportada por cada eje y el confort.

Figura 27. Esfera de suspensión



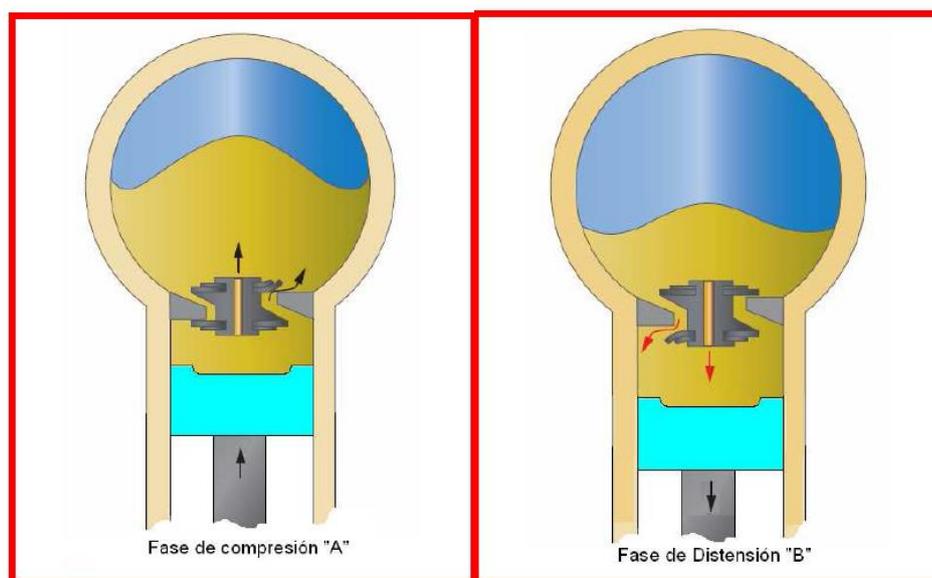
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

La capacidad de la esfera es de unos 400 a 450 cm<sup>3</sup> y la presión de tarado es la misma para el mismo eje, pero distinta para las esferas del puente delantero y trasero, ya que los pesos suspendidos son también distintos entre ambos ejes del vehículo.

**B. Cilindro.** Es el encargado de transmitir los movimientos de las ruedas a través del brazo de suspensión al líquido hidráulico. El cilindro alberga el pistón, unido al vástago que se desliza por su interior, y el líquido a presión. Por su parte superior va unido a la esfera de la suspensión, a la que transmite la presión hidráulica.

**C. Amortiguador.** Absorbe la variación de las oscilaciones debidas a las irregularidades del pavimento reduciendo la frecuencia y amplitud de dichas oscilaciones, esto se consigue frenando el paso del líquido entre el cilindro y la esfera. Siendo de doble efecto y va insertado en el interior de la esfera.

Figura 28. Amortiguador



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

Está constituido por una arandela de acero sinterizado, en cuya periferia se han efectuado unos orificios. Unas válvulas deformables en forma de laminillas, obturan el paso de aceite por los orificios, se encuentra ubicado entre el cilindro y la esfera. Consta de un orificio de fuga que permite el paso del aceite tanto en compresión como en expansión del bloque de suspensión, de dos válvulas deformables en forma de laminillas que obturan el paso calibrado de aceite por los orificios, en las que una trabaja para retener o amortiguar la compresión del bloque de suspensión, y la otra su expansión. El número de laminillas depende de la carga soportada por cada eje.

Tabla 4. Variación de láminas en amortiguador

Amortiguador	Diámetro del agujero de fuga	Numero de	
		d= 21	d= 14
Delantero	1,6	2	1
Trasero	1,4	3	1

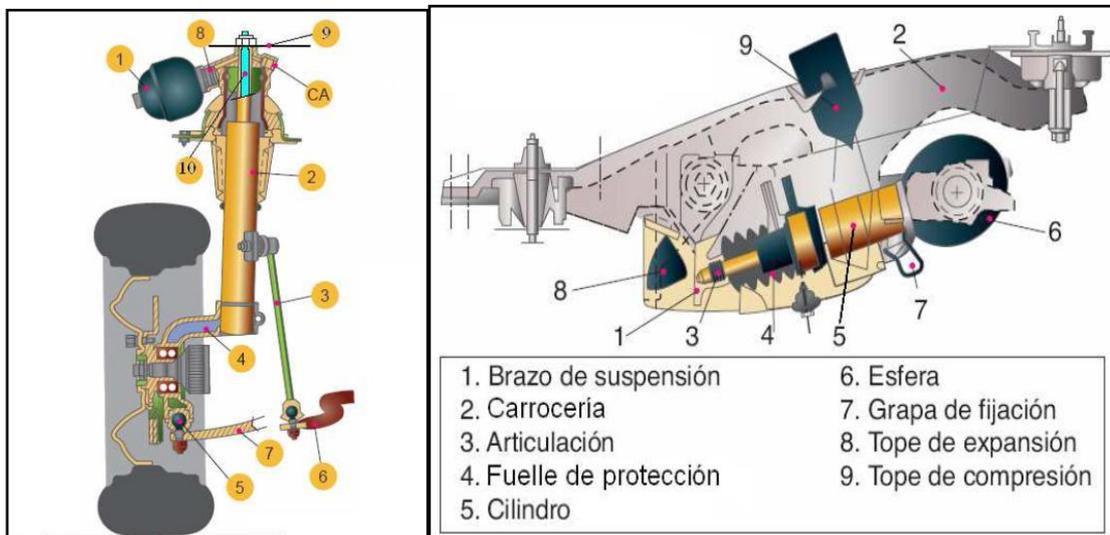
Fuente: [http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension\\_CITROEN.pdf](http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension_CITROEN.pdf)

A continuación se describe la diferencia entre un bloque de suspensión delantero y trasero:

- El bloque de suspensión en el puente delantero, es habitual que el vástago o bieleta se ancle en la carrocería, mientras que el cilindro, se monta solidario a la mangueta de la rueda.

- El bloque de suspensión en el puente trasero, es habitual que el vástago o articulación se ancle el brazo de suspensión, mientras que el cilindro, se monta solidario a la carrocería de la rueda.

Figura 29. Bloque de suspensión en rueda delantera y trasera



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

**2.5.5.10 Conductos - canalizaciones y líquido del circuito.** El material de fabricación de los conductos y canalizaciones depende de la presión de trabajo a soportar.

- Conductos metálicos.- Para conducir el líquido a alta presión.
- Tubos de goma o plástico.- Empleados para el retorno y fugas al depósito.
- Utilizar junta tórica para la estanqueidad entre elementos y conductos.
- El líquido hidráulico puede ser de origen mineral LHM o de origen sintético LHS.

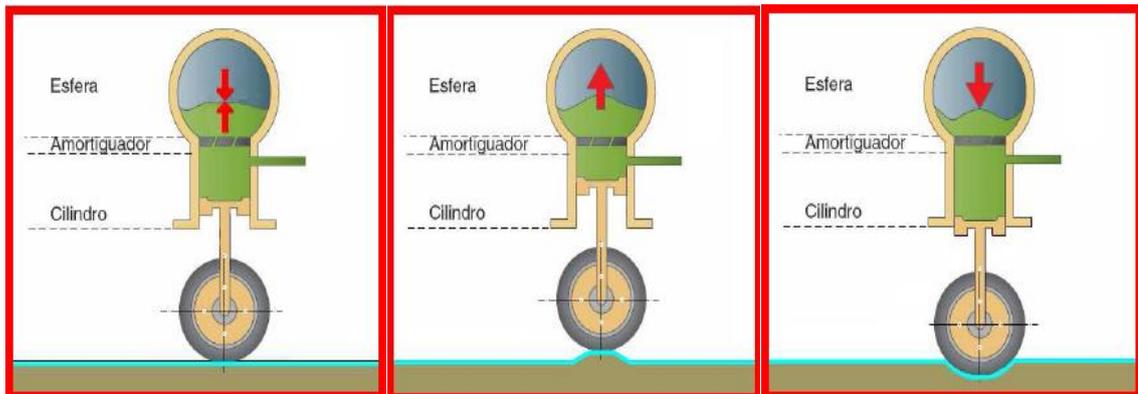
**2.5.6 Funcionamiento del sistema hidroneumático.** El circuito hidráulico está constituido por una bomba de alta presión, movida por el motor del vehículo, que aspira aceite de un depósito y lo envía a presión al acumulador que lo mantiene a la presión correcta de funcionamiento (5 a 7 Bares) regulada por una válvula de descarga.

El aceite a presión, procedente de este elemento, pasa a través de un cerrojo al nivelador que se mantiene cerrado mientras la carrocería ocupe su posición normal de nivelación. Acciona los frenos delanteros primero, dado la prioridad vía una válvula de seguridad, y dependiendo del tipo accionará la dirección, el embrague, etc.

La presión llega a las esferas de la rueda, presurizando la parte inferior de las esferas y de las barras conectadas con la suspensión de la rueda. La suspensión trabaja por medio de la barra que empuja LHM en la esfera, condensando el nitrógeno en la parte superior de la esfera; el humedecer es proporcionado por una “válvula de dos vías de la hoja” en la abertura de la esfera que exprime hacia adelante y hacia atrás a través de esta válvula que causa resistencia y controla los movimientos de la suspensión.

### DURANTE EL TIPO DE OBSTÁCULOS

Figura 30. Funcionamiento del sistema de suspensión



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

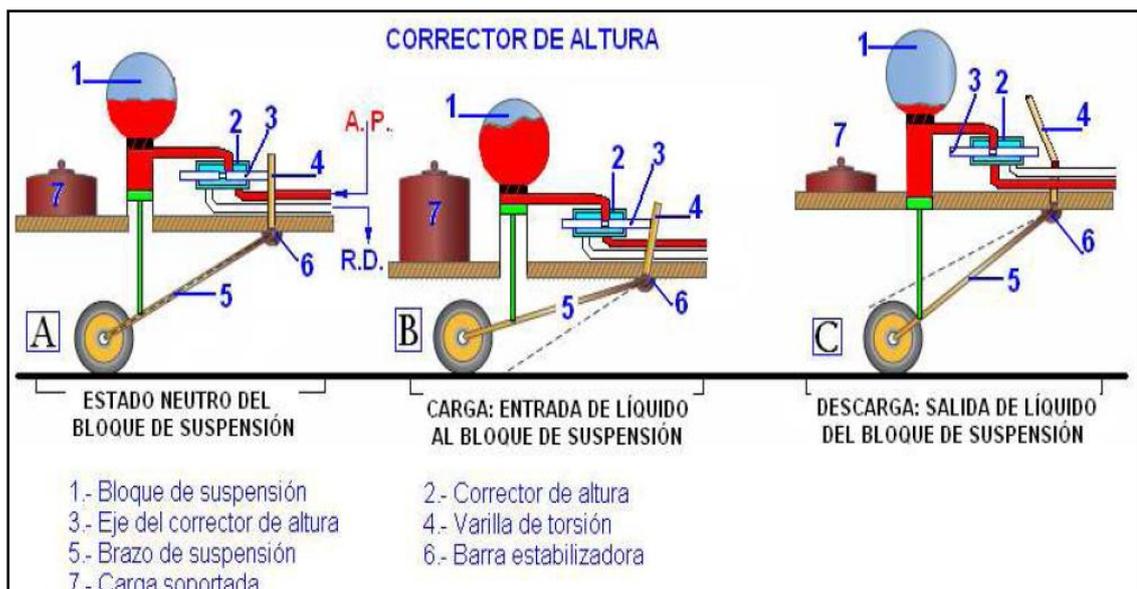
- Cuando el vehículo circula en una planicie, el gas y líquido están sometidos por ambas partes de la membrana a la misma presión.
- Cuando la rueda encuentra un obstáculo, al subir ésta por efecto del mismo, desplaza al pistón comprimiendo el aceite en la cámara inferior y el gas contenido en la cámara superior a la membrana haciendo de resorte y amortiguador conjuntamente, absorbiendo así las reacciones de la rueda. La presión progresiva en el gas mantiene una deformación variable en el elemento elástico, haciendo que su curva característica de reacción se mantenga dentro de los límites oscilatorios idóneos. A su vez, por control directo sobre la presión en el líquido, hace que la carrocería se mantenga estable y nivelada cualquiera que sea la posición de las ruedas con respecto a ella.
- Ante un bache, una parte del líquido contenido en la esfera pasa al cilindro por la bajada del pistón, parte del gas se expande para compensar la caída de presión.

Así pues, las subidas y bajadas de la rueda como consecuencia del estado de la carretera, las absorbe el gas en calidad de elemento elástico de la suspensión en su proceso de compresión y expansión.

## DURANTE LA CANTIDAD DE CARGA A LLEVAR

- Cuando la carrocería baja por efecto de subir la rueda o por una mayor sobrecarga en el vehículo, efectúa un desplazamiento del brazo de suspensión, que empuja el pistón del nivelador (5) hacia el interior disminuyendo el recorrido de la suspensión pero, a su vez, origina un giro en la barra de acoplamiento de las ruedas a la carrocería, produciendo una torsión en la misma que hace girar la lengüeta de unión (9) al nivelador (5) que actúa sobre las válvulas para dejar pasar el aceite a la unidad óleo neumática.
- El aumento de presión en el elemento de rueda obliga a desplazar el pistón que, al empujar al brazo de suspensión, hace subir nuevamente la carrocería. Este movimiento ascendente suprime la torsión de la barra de acoplamiento y la lengüeta vuelve a su posición primitiva hasta que la carrocería alcance el nivel establecido; en ese momento se cierran las válvulas del nivelador.
- Cuando la carrocería suba por efecto de bajar la rueda o por la disminución de la carga en la misma, se produce un efecto contrario en la torsión de la barra de acoplamiento (7) que mueve la lengüeta (9) y las válvulas del nivelador en sentido contrario, dejando paso a la presión de aceite en los elementos de la rueda hacia el depósito, con lo cual, al disminuir la presión en el interior del cilindro, la carrocería baja, eliminando la torsión y cerrando nuevamente las válvulas del nivelador cuando ha alcanzado la altura establecida.

Figura 31. Variación del corrector de altura



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

## **Conclusión:**

- Para subir la carrocería (Fig. B), se pone en comunicación los bloques de suspensión y la admisión de líquido procedente de la válvula anticaída.
- Para bajar la carrocería (Fig. C), se pone en comunicación los bloques de suspensión (1) y el depósito (R. D).
- En posición neutra se aíslan los bloques de suspensión (1) de la admisión y el depósito (R. D).

## **2.6 Limitación de tarado del sistema de válvulas (conjuntor-disyuntor)**

Referidas a las disposiciones de tarado en los elementos elásticos puesto que como se ha observado, ya sean de tarado blandos, duros o intermedios, en todos los casos surgen condicionantes. Ello puede solventarse adoptando las siguientes medidas:

- Mediante el empleo de los muelles de tarado progresivo, tal y como es el caso de los muelles cónicos, de paso variable, o las ballestas parabólicas.
- Disponiendo resortes neumáticos (Nitrógeno) como elementos elásticos, por su tarado progresivo, que hace que la fuerza necesaria para deformarlos se vaya incrementando a medida que se van comprimiendo. Siempre para un mismo recorrido de referencia.
- Empleando un sistema de suspensión neumática pilotada, en el que se adecua el tarado de los resortes neumáticos, a las condiciones de marcha del vehículo. Se juega para ello con la presión de dichos resortes, aportando o extrayendo el fluido (LHM) de los mismos, según se quiera aumentar o disminuir dicha presión, respectivamente.
- Mediante un sistema de amortiguación de tarado variable, en el que el efecto restrictivo (en caso a compresión), se suma a la resistencia ofrecida por el resorte a ser deformado. Al ser dicho efecto variable, la resistencia total (muelle más amortiguador a compresión) lo es también, pudiendo adecuarse a las circunstancia de rodadura.

Nota: Este sistema no mejora la capacidad de carga.

## **2.7 Limitación de altura del vehículo**

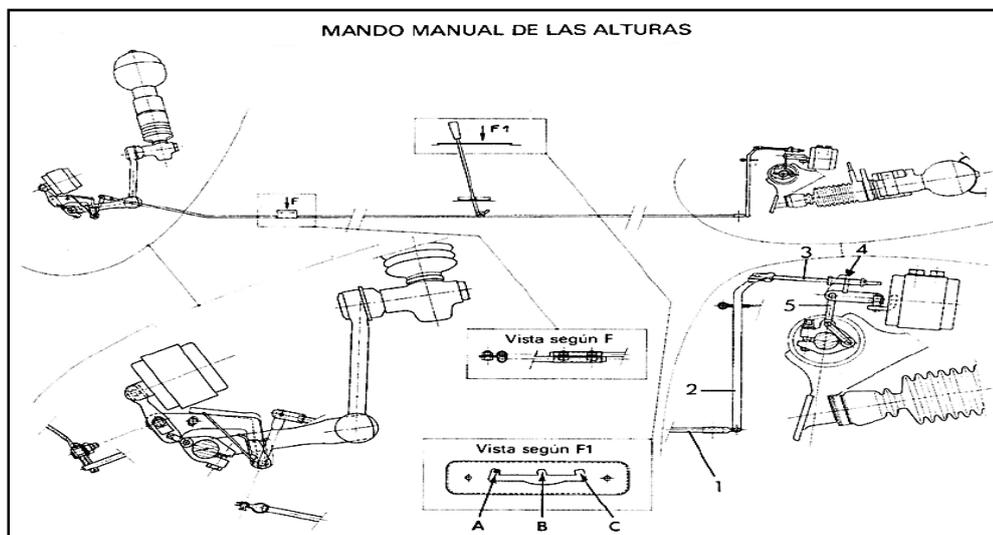
Permite mantener automáticamente una altura constante del suelo, cualesquiera que sean las variaciones de carga. Se obtiene partiendo de dos correctores idénticos (uno por cada eje) alimentados por la fuente de presión. Cada corrector está mandado por

un sistema mecánico que constituye el mando automático de las alturas. Además consta de un mando mecánico manual que actúa simultáneamente sobre los dos mandos automáticos. [7]

**2.7.1 Mando automático de altura (corrección automática).** Para mantener la altura de la carrocería sea aumentar o disminuir la carga del vehículo, se consigue haciendo entrar aceite a presión en el cilindro cuando aumenta la carga o haciéndole salir, cuando ésta disminuye, por medio de una válvula de corredera (válvula niveladora). Durante su funcionamiento, la barra estabilizadora está unida a los brazos de suspensión de las ruedas, por lo que todo movimiento de estos produce su rotación. Cuando la carrocería está a la altura normal, la posición angular de la varilla con relación a la barra es regulada de tal forma que no ejerza ningún esfuerzo sobre el eje distribuidor del corrector; manteniéndose así en la posición neutra. Para comprender la corrección de altura nos basaremos en el funcionamiento del sistema por cantidad de carga; descritos anteriormente (Figura 31).

**2.7.2 Mando manual de alturas.** Para establecer los distintos niveles de altura en la carrocería se dispone de una palanca al alcance del conductor que acciona el nivelador en uno u otro sentido, para aumentar o disminuir la presión en los cilindros de suspensión. El corrector de altura de la suspensión hidroneumática, tiene la misión de mantener constante la altura de la carrocería respecto al suelo independientemente de la carga soportada por el vehículo.

Figura 32. Mando manual de las alturas



Fuente: [http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension\\_CITROEN.pdf](http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension_CITROEN.pdf)

En modo manual, es el conductor según su voluntad quien por una palanca dispuesta en la consola (junto a la palanca del cambio), puede manipular en tres posiciones la altura de la carrocería de las cuales son:

**Posición normal o carretera (A).**- Es la idónea para una conducción normal.

**Posición alta (C).**- Para circular por caminos de tercer orden que pueden dañar los bajos del vehículo y/o para cambiar una rueda.

**Posición baja (B).**- Para circular por caminos de primer orden o autopistas, ya que al bajar la carrocería también baja el centro de gravedad y se podrá manejar a grandes velocidades. Y para llevar a cabo el servicio de mantenimiento de la suspensión.

#### **Funcionamiento durante el cambio de nivel**

- **Cambio de posición normal A hacia posición intermedia B.**

El desplazamiento realizado en la palanca hace desplazar la varilla de mando trasera; la cual transmite un esfuerzo a la varilla de torsión trasera (2) guiada en rotación por dos soportes solidarios a la carrocería. La varilla (3), la chapa (4) y el eje distribuidor del corrector, son empujados hacia adelante. Los cilindros se ponen en comunicación con la fuente de alta presión, el volumen de líquido entre pistón y membrana de la esfera de cada bloque aumenta.

El vehículo sube provocando la rotación de la barra estabilizadora y transmitiendo el movimiento a la varilla de mando (5) que se torsiona y ejerce un esfuerzo continuo sobre el eje distribuidor del corrector, esfuerzo que se opone al creado por el desplazamiento de la palanca de mando manual. Cuando el esfuerzo creado por una varilla de mando (5), se hace igual al creado por la varilla de torsión (2), el eje distribuidor del corrector no está sometido a ninguna contracción y recobra su posición neutra.

Los cilindros quedan aislados de la fuente de alta presión y del escape, el vehículo se estabiliza. La presión reinante en los cilindros es la misma que en la posición normal, solamente el volumen de líquido ha sido aumentado.

- **Cambio de posición normal A hacia la posición alta C**

El desplazamiento hacia la posición alta, transmite al eje distribuidor del corrector, por el conjunto de varillas de mando, un esfuerzo que empuja el distribuidor y lo mantiene en la posición de admisión. El volumen de líquido aumenta provocando la subida del vehículo hasta que los brazos lleguen a su límite de desplazamiento.

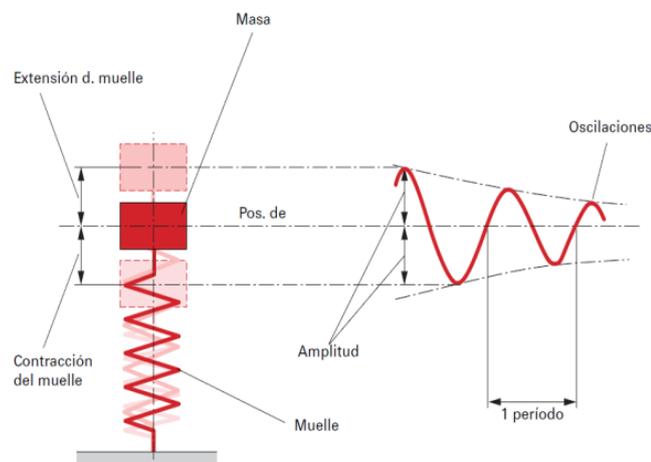
Este movimiento del vehículo origina un movimiento de rotación inverso en la barra estabilizadora que tiende, por medio de la varilla de mando (5) a anular el esfuerzo inicial ejercido sobre el distribuidor del corrector. El equilibrio no puede ser establecido porque el esfuerzo creado por la varilla de mando (5) es en cualquier caso inferior al realizado por la varilla de torsión (2). El eje distribuidor del corrector se mantiene en la posición de admisión. La presión en los cilindros es máxima y la carrocería descansa sobre los topes de goma de desplazamiento.

Este sistema de nivelación manual permite, además, poder cambiar las ruedas sin necesidad de utilizar el gato hidráulico. Para ello se sube la carrocería al máximo, aumentando la presión en sus elementos de suspensión; en esta posición, se coloca un calzo en el lado de la rueda a cambiar y se quita la presión, con lo cual, la carrocería tenderá a bajar, pero como no puede hacerlo por estar calzada, será la rueda la que suba, quedando libre para ser reemplazada.

## 2.8 Oscilaciones que sufre el sistema de suspensión

Durante el movimiento de un vehículo por un camino se pueden producir oscilaciones muy variables en cuanto a amplitud y frecuencia, dependiendo del camino y la velocidad del vehículo o un reparto desequilibrado de las cargas pueden también ocasionar "oscilaciones". Estos movimientos se generan en el centro de gravedad del coche y se propagan en distintos sentidos.

Figura 33. Oscilación en un muelle



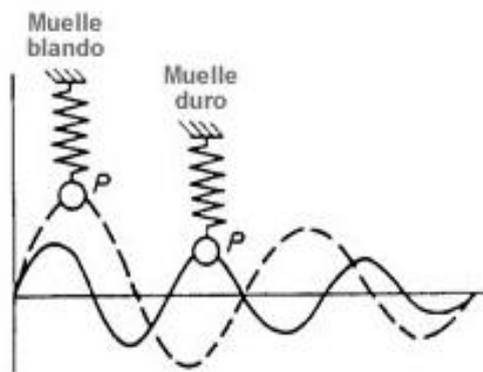
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/39935049/2-Sist-de-suspension-neumatica-Parte-1->

A6

Las oscilaciones se definen por su amplitud y frecuencia. Al determinar el tarado de las suspensiones se dedica una especial atención a la frecuencia propia de la carrocería. La frecuencia propia de las masas no muelleadas en un vehículo de categoría media se halla entre los 10 Hertz y 16 Hertz. Mediante un tarado correspondiente del sistema de la suspensión, la frecuencia propia de la carrocería (masa muelleada) se halla entre 1 Hertz y 1,5 Hertz. [8]

La elasticidad en los elementos de unión produce una serie de oscilaciones de intensidad decreciente que no cesan hasta que se ha devuelto la energía absorbida, lo que coincide con la posición de equilibrio de los elementos en cuestión.

Figura 34. Oscilación por variación de carga



Influencia de la dureza del muelle en las oscilaciones

Fuente:<http://es.scribd.com/doc/39935049/2-Sist-de-suspension-neumatica-Parte-1-A6>

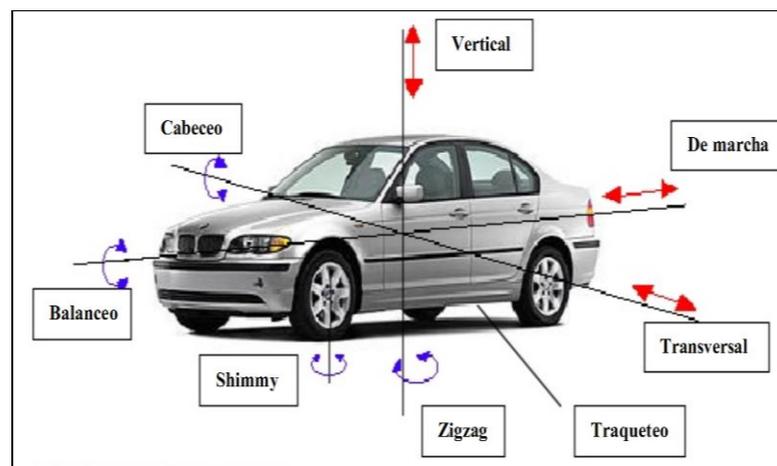
Un muelle o resorte blando tiene mayor recorrido y menor número de oscilaciones bajo la carga y un muelle o resorte duro tiene menor recorrido y mayor número de oscilaciones. Este mismo efecto se manifiesta al variar la carga que gravita sobre él. Para mantener la oscilación constante y una suspensión casi ideal. Se necesita llevar acoplado un sistema amortiguador de oscilaciones que absorba la energía mecánica producida y evite su propagación a la carrocería. En las suspensiones neumáticas o hidroneumáticas se consigue la flexibilidad variable aumentando o disminuyendo la presión interna en sus elementos. [9]

**Tipos de oscilaciones.** Entre las más comunes están las siguientes:

- Balanceo.-Oscilaciones giratorias alrededor del eje longitudinal.
- Cabeceo.-Oscilaciones giratorias alrededor del eje transversal.
- De marcha (Guiñada).-Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje longitudinal del vehículo.
- Transversal.-Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje transversal.

- Vertical (Rebote).-Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje vertical.
- Zigzag.-Oscilaciones giratorias alrededor del eje vertical.
- Derrape.-Zigzag con resbalamiento de varios neumáticos sobre la calzada.
- Traqueteo.-Oscilaciones giratorias de ejes rígidos alrededor de un eje de giro paralelo al eje longitudinal (ejemplo eje cardán).
- Shimmy.-Oscilaciones giratorias de las ruedas de la dirección alrededor de los pivotes de la dirección.

Figura 35. Tipos de oscilaciones en el vehículo



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/6588309/Sistema-de-Suspensi3n>

## 2.9 La utilizaci3n o implementaci3n de ingeniera para la aplicaci3n de este sistema en el dise1o del vehculo en varios modelos

Mediante un determinado requerimiento o idea para determinar si es posible llevarlo a cabo satisfactoriamente y en condiciones de seguridad con la tecnologa disponible, verificando factores diversos como resistencia estructural, durabilidad, operatividad, implicaciones energ3ticas, mecanismos de control, segun el campo del que se trate. Una vez analizada desde diferentes puntos se debera de tener en cuenta los siguientes aspectos: el contexto social, econ3mico y pol3tico local donde se implantar3 el sistema, proyecto o idea.

Un proyecto puede ser viable ya sea porque tendr3a un mercado asegurado como por ser t3cnicamente factible. Sin embargo podr3an existir algunas restricciones de car3cter legal que impedir3an su funcionamiento tal como lo esperaban, no haciendo recomendable su ejecuci3n.

- **Aspecto político**

Desde el punto de vista político, constatamos que la ley en aplicación concerniendo las tarifas de peajes en autopistas, penaliza de una innegable manera el vehículo. De otro punto de vista, debemos asegurarnos que la modificación en el sistema de suspensión aportada a cualquier vehículo sea conforme a la ley en aplicación y que sea posible de homologarlo.

- **Aspecto económico**

Automovilistas suelen comprar bastantes coches todo terreno. Sin embargo, la crisis actual que sufre el sector automotriz es mundial y no concierne solo la automoción.

Durante los tiempos a llegar, es probable que las ventas de vehículos todo terrenos disminuyan ya que suelen ser más caros que coches tradicionales, lo que provocaría un motivo más para el uso de este tipo de vehículos.

- **Aspecto tecnológico**

Cambiando o adaptando un nuevo sistema de suspensión, debemos estar seguros que no influirán sobre la fiabilidad y la solidez de la suspensión. Es preferible elegir una tecnología que ya está utilizada por otros tipos de coches y también por otros todo terrenos. Además, la nueva suspensión no debe cambiar el comportamiento tanto en carretera que estén dentro o fuera de la ciudad. Como dicho precedentemente, sería preferible elegir una solución técnica que permite mover el vehículo en posición baja y en posición alta, de manera que el vehículo no pierda sus características y velocidades.

De la misma manera la aplicación de la electrónica en los sistemas de suspensión actuales y a futuro pueden ser la solución permanente y eficaz ya que será utilizada para el control del sistema y sin tener la necesidad que el propio conductor opere en el vehículo.

- **Aspecto Medioambiental**

Si hacemos que el coche sea utilizable en autopistas con su suspensión en posición baja, mejoramos la penetración del coche en el aire, disminuyendo su superficie frontal. De esa manera, en altas velocidades, el coche necesitará menos energía para luchar contra la fuerza del aire que se opondría a su frente. Dado eso a entender con los principios aerodinámicos que pueden ser aplicados y estudiados en un vehículo en funcionamiento.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y RECUPERACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA

#### 3.1 Estado del vehículo durante su adquisición

Una vez seleccionado el modelo básico y específico denominado Citroën GSA X3 del año 1982, el cual se encontraba en desuso por un largo tiempo. Se procedió a analizar el estado de los sistemas, el costo y la factibilidad de repararlos sin olvidar la facilidad de encontrar los repuestos.

**3.1.1** *Detalle del estado de todo el vehículo.* Para una correcta recuperación del vehículo y en especial del sistema a estudio se procederá a realizar una inspección general del estado en que se encuentra; desde sus sistemas mecánicos hasta los accesorios que lo complementan para así poder determinar las anomalías que se van a reparar.

#### Sistemas mecánicos

Figura 36. Estado durante su adquisición (Sistemas mecánicos)



Fuente: Autores

- El motor se encuentra humedeciendo de aceite.
- Ventilador de enfriamiento, roto.
- Bomba de combustible mecánica, deteriorada.
- Tanque de combustible, con orificios.
- El embrague es por cable, no entran las marchas.
- Cojinete de embrague, tiene ruido en ralentí.
- La transmisión se encuentra completa.
- La dirección es mecánica, si funciona correctamente.
- Neumáticos bajos y desgastados, tubos no valían.
- Sistema de freno en mal estado, regulación del pedal muy bajo.
- Carrocería en mal estado, muchos roces y descascaraciones de la pintura.
- Espejos retrovisores, no contiene.

### Sistema eléctrico

Figura 37. Estado durante su adquisición (Sistema eléctrico)



Fuente: Autores

- Batería, no contiene.
- Sistema de arranque no funciona, arranque y ruptor deteriorado.
- Faros y fusibles incompletos.

- Sistema eléctrico, no funciona.
- Sistema de carga en mal estado.

**3.1.2 Detalles del sistema de suspensión hidroneumática.** Para ingresar y enfocarse detalladamente en el sistema a estudio; se hará la inspección del estado físico y funcional en la que se encuentra el sistema de suspensión.

- Se coloca el vehículo en el elevador o en un pozo.
- Se realiza la inspección visual de todos los componentes del sistema de suspensión hidroneumática presentes en dicho vehículo; los cuales describiremos en dos grupos que son: tren delantero y tren trasero para una mayor facilidad de ordenamiento y análisis de los mismos.
- Reconociendo la existencia de fugas, deterioros, golpes, etc. Que pueden existir en los elementos del sistema.
- Se baja al piso el vehículo y revisa el estado y desplazamiento correcto de la palanca de mando manual en sus tres niveles de altura.

Figura 38. Estado durante su adquisición (Sistema hidroneumático)



Fuente: Autores

Nota: La revisión con el motor en marcha no se la pudo realizar; ya que el circuito no contenía una de sus esferas, lo que provocaría un deterioro adicional en el sistema por motivo de fugas de LHM.

Se enlista los resultados obtenidos; quedando de la siguiente manera:

- Mando manual no funciona, varilla de acoplamiento deteriorada.
- Válvulas de distribución húmedas, racor flojos
- Esfera delantera, incompleta y humedeciendo.
- LHM, incompleto y deteriorado.

Figura 39. Análisis visual del sistema hidroneumático



Fuente: Autores

- Acumulador principal, suelto de su punto de fijación.
- Corrector de altura delantero, humedece en las cañerías.
- Base soporte de esfera trasera, trizada
- Depósito húmedo, abrazaderas de mangueras deterioradas.
- Luz indicadora de suspensión en el tablero no funciona, conectores arrancados.

### 3.2 Recuperación del sistema de suspensión hidroneumática

**Nota:** Cualquier trabajo de recuperación como: desensamble, limpieza, reparación se lo realizara no sin antes su inspección visual.

#### EXTRACCIÓN DEL SISTEMA

Una vez inspeccionado el estado actual del sistema, se procede al desensamble de los elemento necesarios para una correcta reparación del mismo.

Figura 40. Desensamble del sistema hidroneumático



Fuente: Autores

**Nota:** Para realizar un desensamble que involucre cualquier elemento hidráulico, se deberá despresurizar (Guía dos) el sistema lo cual ayudaría a proteger de accidentes provocados por acciones mal efectuados.

Depósito de LHM:

- Se procede a vaciar todo el LHM contenido en el sistema en un recipiente limpio.
- Desensamblar cuidadosamente las mangueras acopladas en el depósito, evitándonos así de derrames involuntarios.
- Se retira el filtro del depósito y a continuación el mismo depósito.

Cilindros y esferas deterioradas:

- Se coloca el vehículo en el elevador o en un pozo.
- Se retira los neumáticos del lado necesario en el cual se retirara las esferas o cilindros.
- Se desacopla los elementos que involucren una conexión al cilindro de suspensión, para así desacoplar del puente delantero y así poder reparar dicho cilindro más su esfera. De la misma manera en el puente trasero.

Elementos con humedad:

- Se desacopla todas las cañerías que interfieren en los elementos como válvulas, correctores de altura, mangueras entre los cuales exista humedad o fugas.
- Se retira los pernos de sujeción y extraemos dicho elemento.

## **REPARACIÓN DEL SISTEMA**

- Para cumplir con la correcta reparación del sistema; los elementos incompletos como la esfera delantera se debe basar según las especificaciones del fabricante, para así determinar el elemento idóneo para sustituir o completar.
- Respecto al filtro del depósito se procedió a una correcta limpieza con agua y detergente, completando con una pulverizada por aire la cual elimina las micro partículas penetradas entre la malla del filtro.
- Y los elementos que humedecen, se comprobó el mal estado de los racores de las cañerías; debiendo sustituirlos y/o solo apretarlos a la medida correcta.
- Las mangueras de conexión hacia el depósito, fueron revisadas su tiempo de vida útil y completada con las abrazaderas las cuales se las sustituyeron por su mal estado.
- Respecto al mando manual, la varilla de acoplamiento fue remplazada y acoplada a la bieleta que controla el correcto de altura.

Figura 41. Reparación, limpieza y ensamblaje del sistema hidroneumático



Fuente: Autores

### **MONTAJE DEL SISTEMA**

Una vez obtenido los elementos de repuestos; se procede al ensamble correcto junto a elementos en buen estado; ya limpios y/o reparados. Y así completar nuestro sistema.

- El cilindro se procedió a acoplar en la prensa con un ajuste moderado ya que es de aluminio; para así unir junto a la esfera, puesto entre estas el caucho o empaque debidamente humedecida con LHM para un fácil ajuste. Luego se la acoplo sobre los brazos de suspensión del lado en reparación.
- El depósito una vez se encuentre en conjunto con el filtro; se deberá colocar en la posición correcta, tal que coincida la varilla de sujeción sobre el depósito. Se instalan las mangueras del fluido en el orden correcto; caso contrario basarse con el manual del vehículo.

Figura 42. Ensamble del sistema hidroneumático



Fuente: Autores

- Una vez corregido los elementos, se instalan en el lugar y posición correcta sujetadas con sus pernos de acople con un apriete moderado; luego se prosigue a conectar los racores nuevos y usados con un apriete debido y recomendado por el fabricante.
- Después del montaje completo de los elementos en el sistema, el llenado de LHM se la realiza de forma moderada y la cantidad correcta, tal que no exista derrames ni contaminaciones; colocando la palanca manual en la posición alta y verificando el nivel correcto del fluido en el depósito.

Con el motor en marcha se verifica que no existan humedades, fugas, ruidos, etc. Determinando así el buen estado y funcionamiento del sistema.

## CAPÍTULO IV

### 4. CREACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA

#### 4.1 Selección de un sistema básico del sistema de suspensión hidroneumática (Citroën GSA)

Una vez estudiado los principales sistemas de suspensión existentes, se pasara a seleccionar un sistema en el cual se podrá encontrar las principales aplicaciones de la ingeniería. Entre estos se detalla el sistema de suspensión hidroneumática; el cual enseña las aplicaciones de circuitos neumáticos e hidráulicos aprendidos durante la etapa de estudios.

Durante la investigación se encontró que puede ser el sistema más conocido y aplicado en el campo automotriz, el cual su fabricación y aplicación fue por medio de la marca Citroën desde los años 1954.

Figura 43. Esquema básico de suspensión hidroneumática

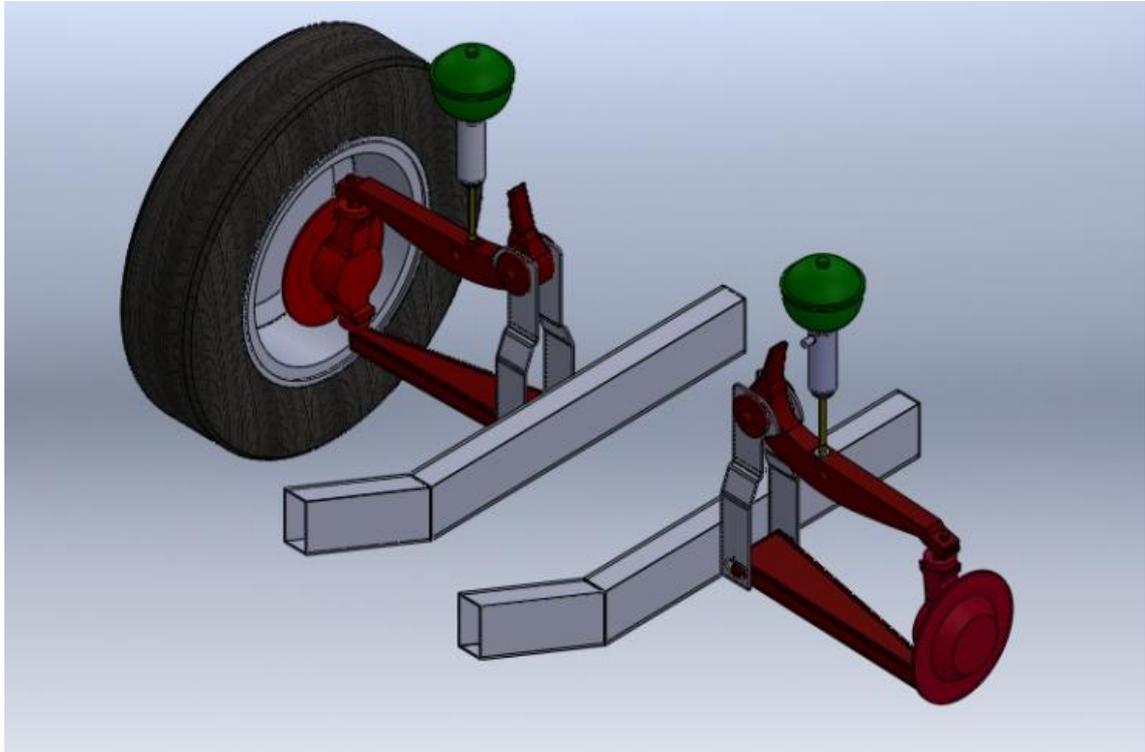


Fuente: Técnicas del automóvil de Paraninfa

#### 4.2 Diseño de simulación del sistema de suspensión hidroneumática

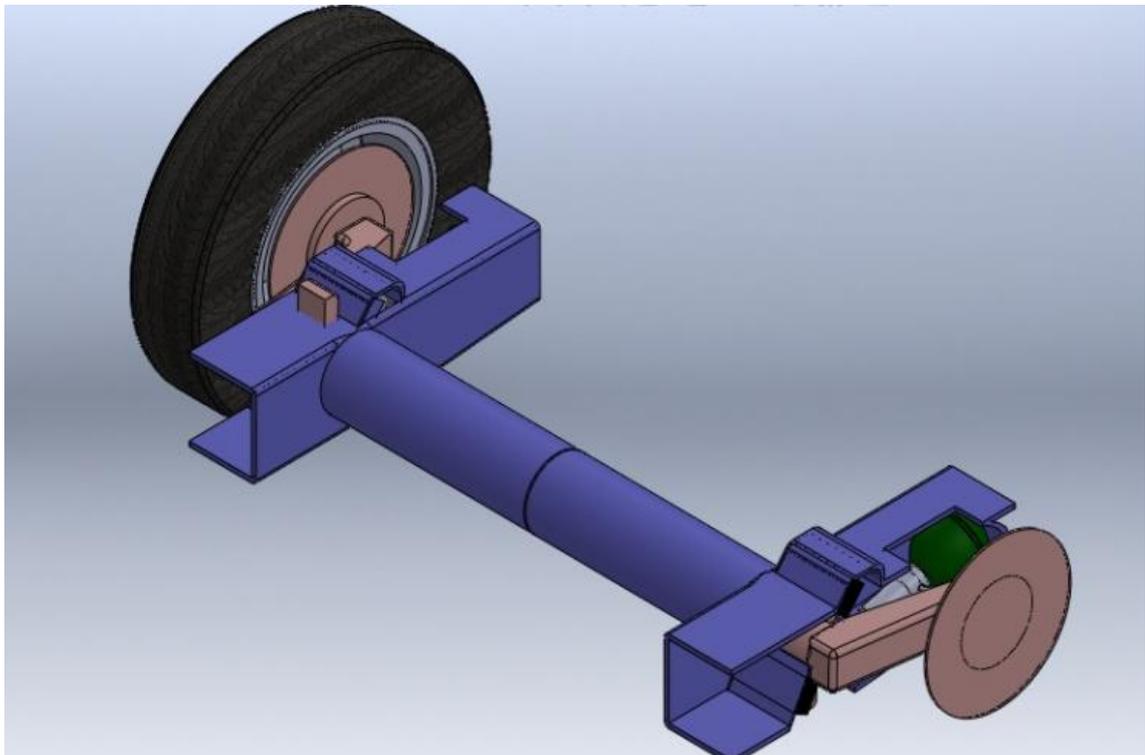
#### 4.2.1 Componentes mecánicos

Figura 44. Bloque de suspensión delantero



Fuente: Autores

Figura 45. Bloque de suspensión trasero



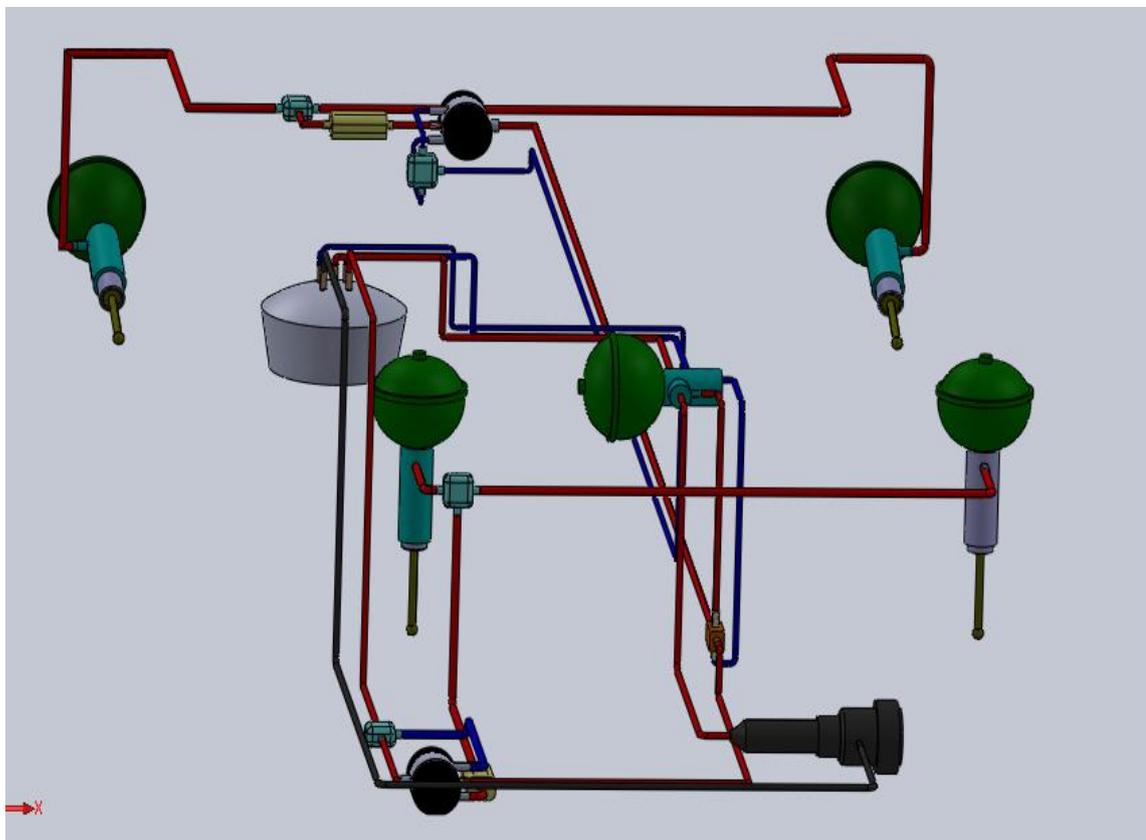
Fuente: Autores

Como se ha detallado anteriormente; el sistema consta de elementos mecánicos, los cuales pueden facilitar la acción de los elementos hidráulicos o viceversa.

**4.2.2 Componentes hidráulicos-neumáticos.** De la misma manera el sistema consta de elementos hidráulicos- neumáticos considerados como básicos en la suspensión, del cual dependen para un correcto funcionamiento. A continuación se detalla los componentes básicos:

- Depósito.
- Bomba de alta presión.
- Conjunto acumulador conjuntor-disyuntor.
- Válvula de seguridad.
- Válvula anticaída delantera.
- Corrector de altura delantero.
- Corrector de altura trasero.
- Conducto de alimentación y retorno.
- Esfera-cilindros.

Figura 46. Esquema de elementos hidráulicos-neumáticos



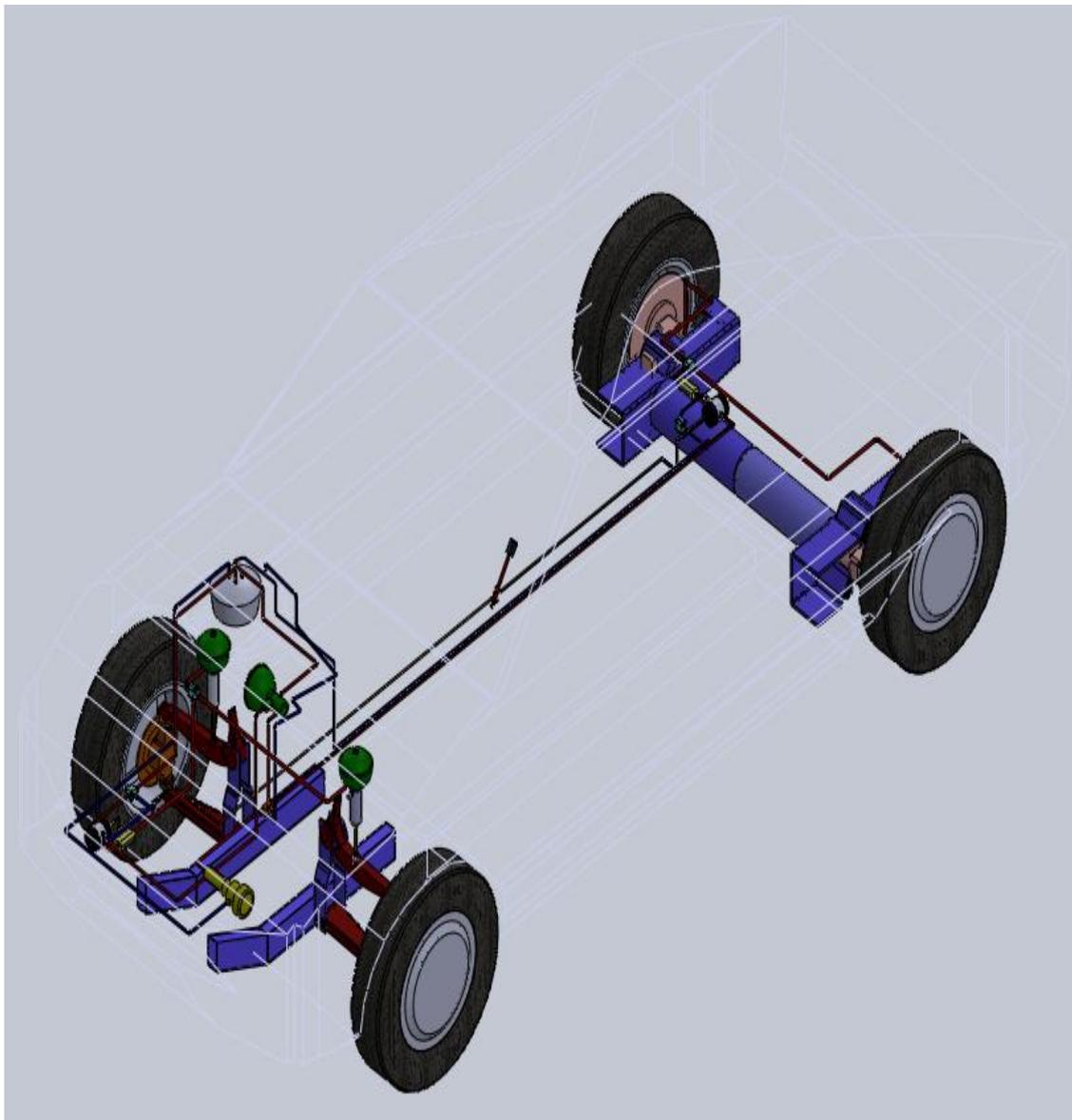
Fuente: Autores

### 4.3 Ensamblaje del sistema de suspensión hidroneumática

Los sistemas hidráulicos o neumáticos pueden dividirse en tres partes fundamentales: grupo generador de presión, actuador y sistema de mando. El grupo de presión transfiere la potencia al actuador para generar trabajo y la regulación de esta transmisión de potencia se realiza en el sistema de mando, formado por una serie de válvulas limitadoras de presión y de caudal, distribuidoras, de bloqueo, que dirigen el fluido convenientemente al actuador.

Cada uno de los elementos integrantes de una instalación hidráulica o neumática tiene unas determinadas características ya descritas anteriormente para así mejorar el funcionamiento.

Figura 47. Sistema hidroneumático



Fuente: Autores

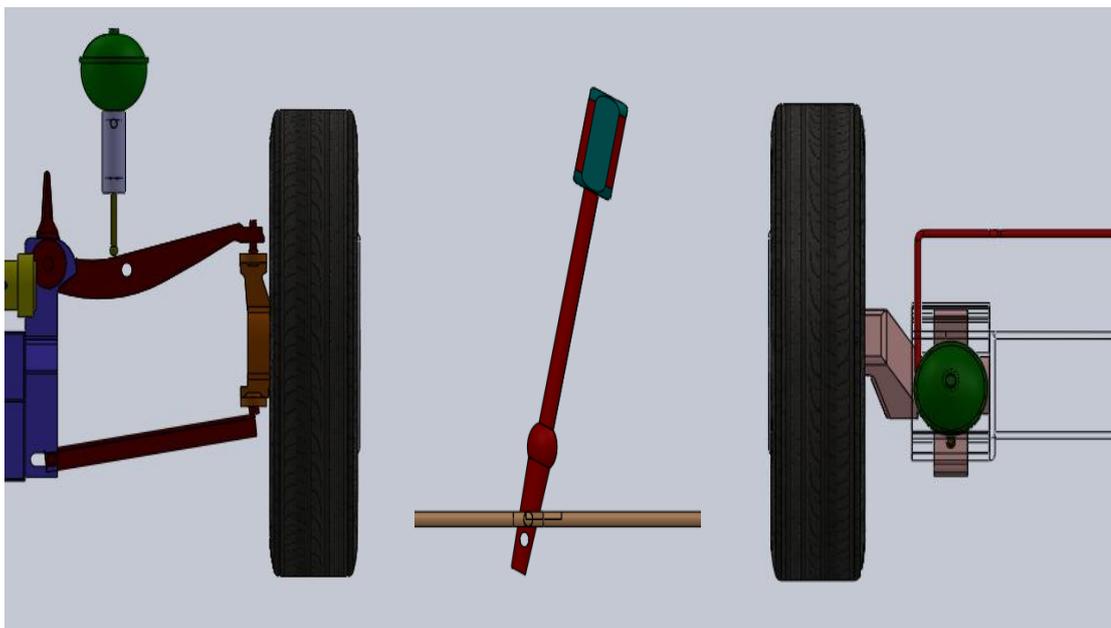
#### 4.4 Diseño del mecanismo de control de niveles de altura

A continuación se basará en el esquema anteriormente descrito, lo cual será puesto en simulación para mostrar su respectivo funcionamiento de todos los elementos que trabajan en cada nivel.

Mientras la palanca se ubica en cualquiera de sus tres posiciones, dicho mecanismo compuesto por palanca y varillaje; el cual comandara a cada uno de los correctores de altura tanto delantero como trasero; permitiendo así el control del envío de LHM hacia los cilindros.

**4.4.1 Nivel normal- carretera de la suspensión.** Durante este nivel el circuito trabaja con lo mínimo de fluido en los cilindros ya que no necesitan de mucho; puesto se encuentra el pistón en el punto más alto y por ende la carrocería se encontrara lo más cerca al piso, estado a efectuarse cuando la palanca de mando se encuentra accionada hacia atrás (Nivel normal).

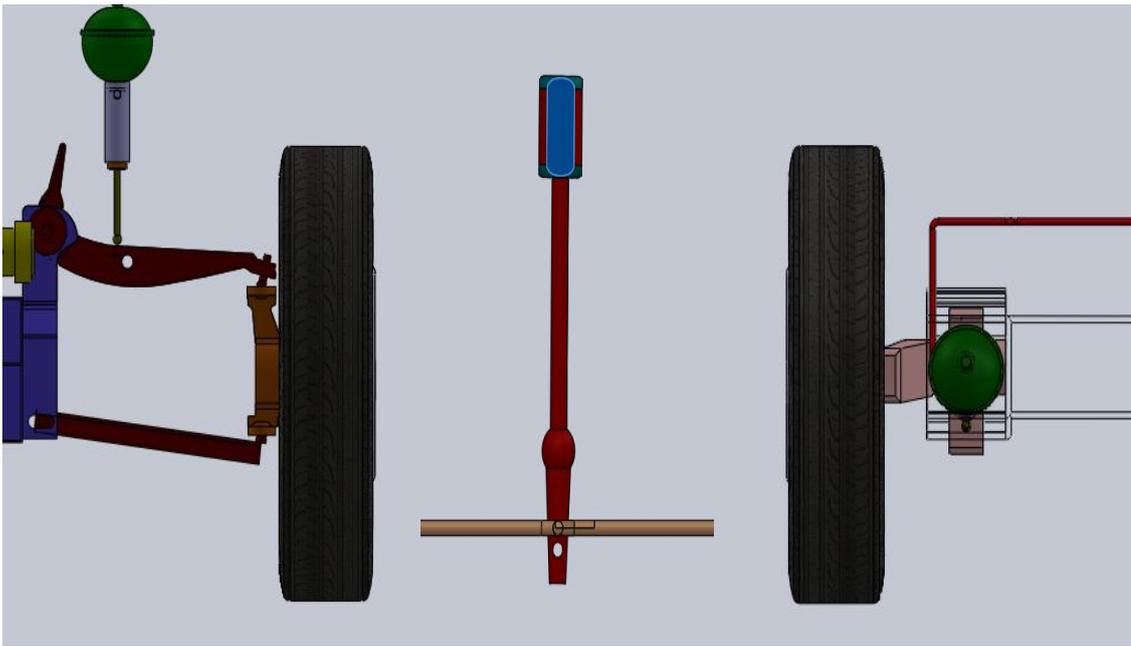
Figura 48. Simulación-nivel de carretera



Fuente: Autores

**4.4.2 Nivel intermedio de la suspensión.** El cilindro abastecido de una cierta cantidad de fluido provocando una elevación de la carrocería en diferencia al nivel anterior, para llegar a este punto debe ser desplazado la palanca a la posición media.

Figura 49. Simulación-nivel intermedio



Fuente: Autores

**4.4.3 Nivel alto de la suspensión.** El cilindro se llena por completo elevando así la carrocería; momento a efectuarse una vez que la palanca de mando se encuentre hacia arriba, el cual acciona al corrector de altura y permite el paso de fluido hacia el cilindro.

Figura 50. Simulación-nivel alto.

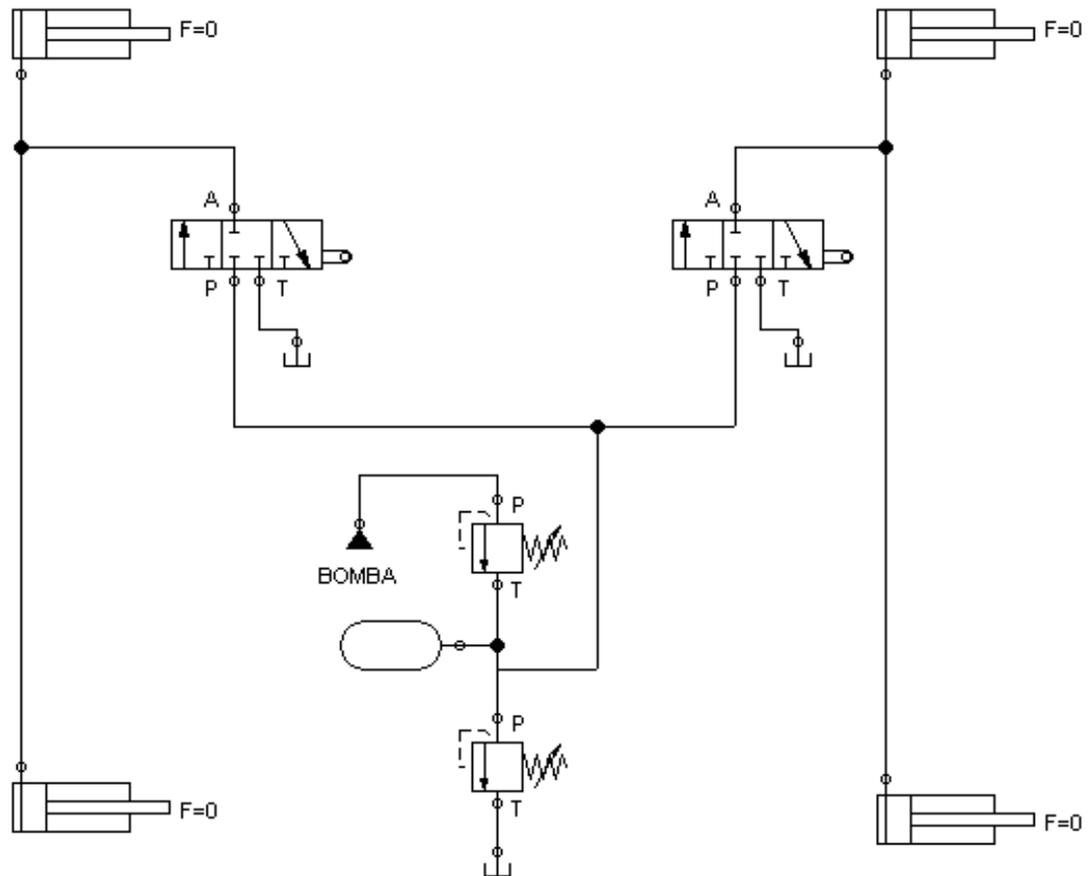


Fuente: Autores

#### 4.5 Circuito de la fuente de presión de nivel

Mediante un programa adecuado se demostrara el recorrido del LHM desde su depósito encontrándose en reposo, la circulación por cada elemento de control o distribución del circuito hasta la llegada al cilindro de cada rueda a presión equitativa.

Figura 51. Circuito de presión



Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICO.

Debido a la falta de mantenimiento del sistema, los elementos mecánicos se han deteriorado; viéndose así la necesidad de realizar un rediseño e implementación de un sistema electrohidráulico de mandos para la suspensión hidroneumática. Para realizar el rediseño de nivel se deberá basar en aspectos como la facilidad de conseguir en el mercado los elementos a adicionar o cambiar en el sistema original, costos, tiempo de implementación, etc.

Este cambio por un sistema electrohidráulico; el cual se lo detallará en base a un circuito desarrollado en un programa de simulación; demostrándose su perfecto funcionamiento del circuito.

#### 5.1 Esquema actual del mando de nivel de la suspensión

El vehículo ejemplar con este sistema de suspensión es gobernado por dos sistemas de mando ya descritos anteriormente, los cuales son manuales y automáticos.

Figura 52. Elementos del mando manual de altura



Fuente: Autores

Con ayuda de elementos mecánicos como: palanca de selección, varilla de acoplamiento, lengüeta de acople, terminales regulables, etc.

## 5.2 Diseño del circuito electrohidráulico

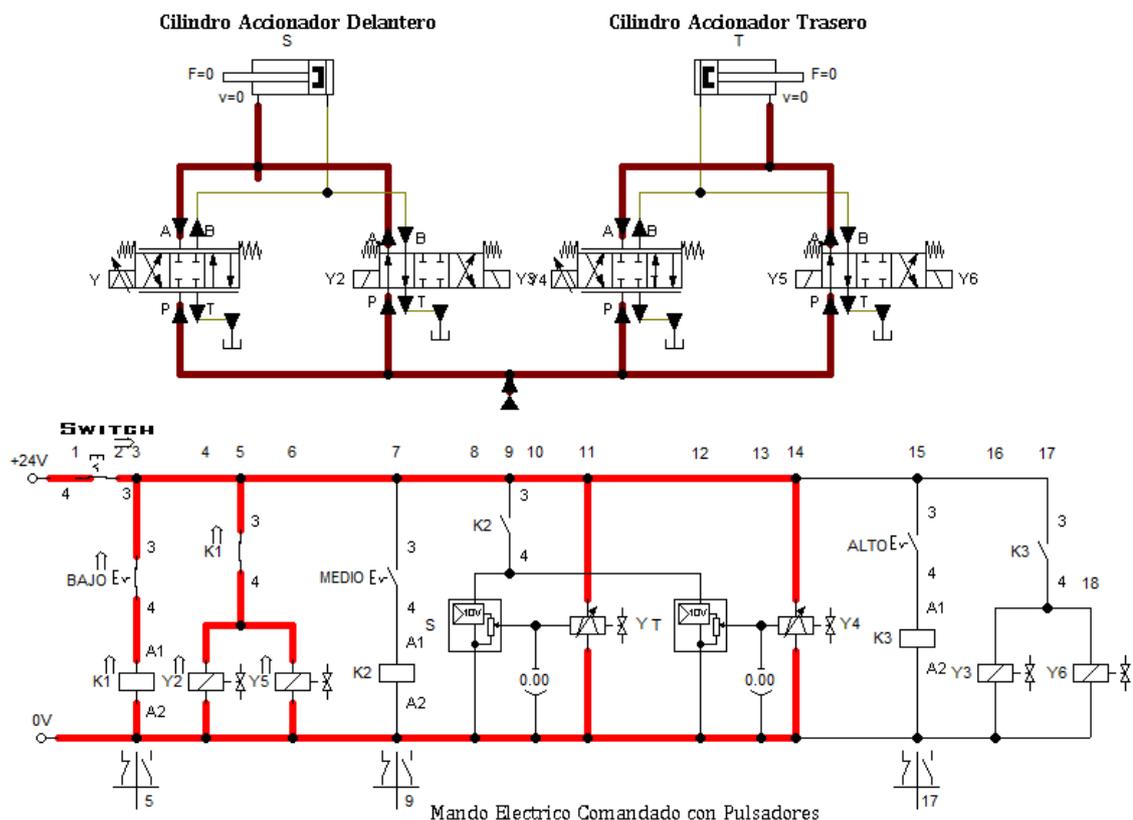
Se toma como base el accionamiento de los cilindros de cada rueda; los cuales trabajan en tres posiciones como son: alta, intermedia y baja, lo mismo que actúa la carrocería en sus tres niveles de altura y por consiguiente las posiciones del eje del corrector de altura. A los cuales se les adaptaría un vástago del cilindro de doble efecto; y así remplazar el accionamiento que realiza el varillaje del mando por palanca.

Dichos cilindros serán gobernados por electroválvulas que se activaran al recibir cambios de voltajes provocados por los solenoides que se activan al accionar los pulsadores, siendo protegidos por reles debidamente seleccionados.

### 5.2.1 Pruebas de funcionamiento del circuito electrohidráulico

#### Nivel bajo-carretera

Figura 53. Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel bajo



Fuente: Autores

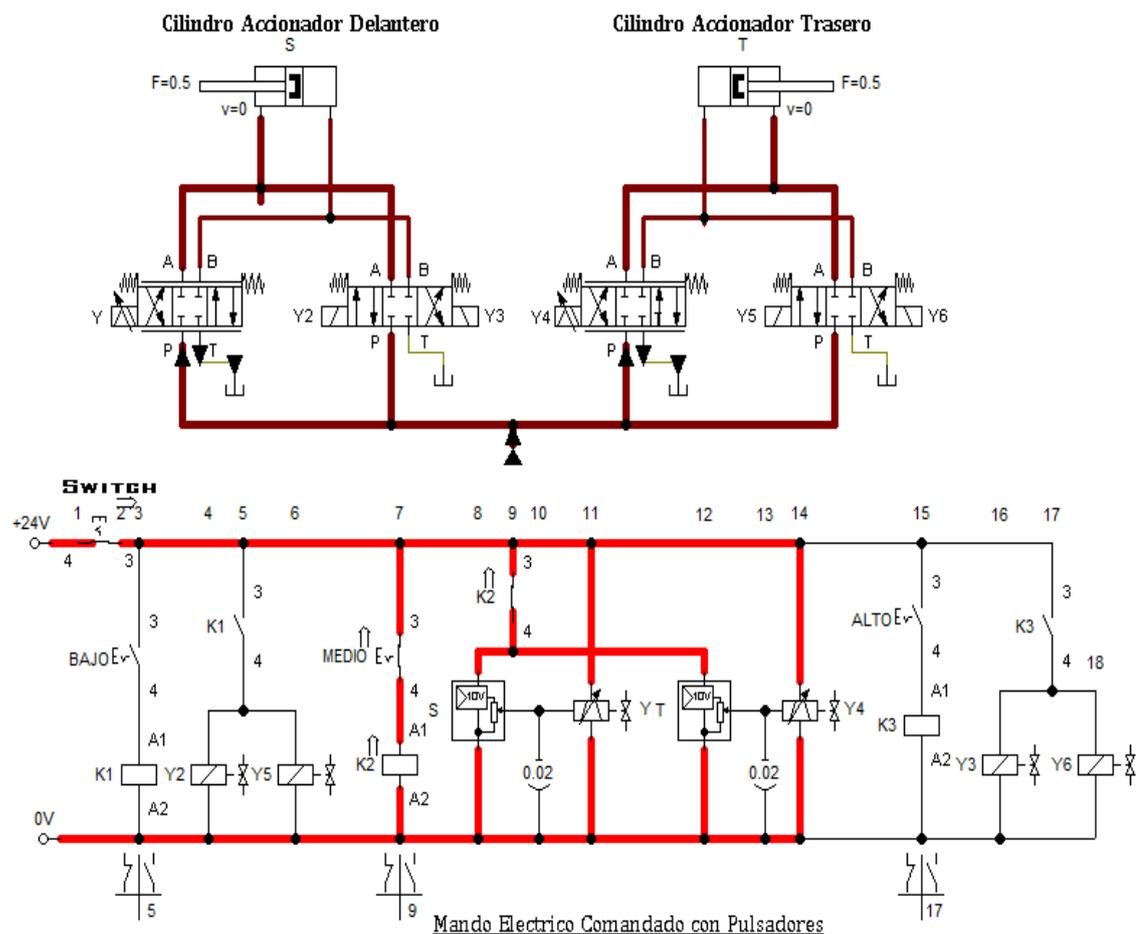
El mando eléctrico entra a trabajar al accionar el pulsador de nivel bajo; el cual gobierna la corriente hacia el solenoide (Y2 & Y5) de la electroválvula; la cual permite el ingreso del fluido por el lado del vástago y así retorna el cilindro a su posición original obligando de igual manera al corrector suspender el flujo del LHM a los cilindros, vaciándose así el mismo y de igual forma bajar el nivel de la carrocería.

### Nivel intermedio

El siguiente nivel trabajara al accionar el pulsador de nivel intermedio; gobernando la corriente hacia el solenoide (Y & Y4) de la electroválvula y permitiendo el ingreso de fluido por el lado del pistón, avanzando la carrera hasta la mitad suficiente para que el vástago conectado con el eje del corrector permita abrir el paso de fluido desde el correcto hacia los cilindros; lo suficiente para que el cilindro ascienda de altura y por ende la carrocería.

**Nota:** Antes de seleccionar cualquier pulsador se debe desactivar el pulsador del nivel en el que se encontraba anteriormente.

Figura 54. Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel intermedio

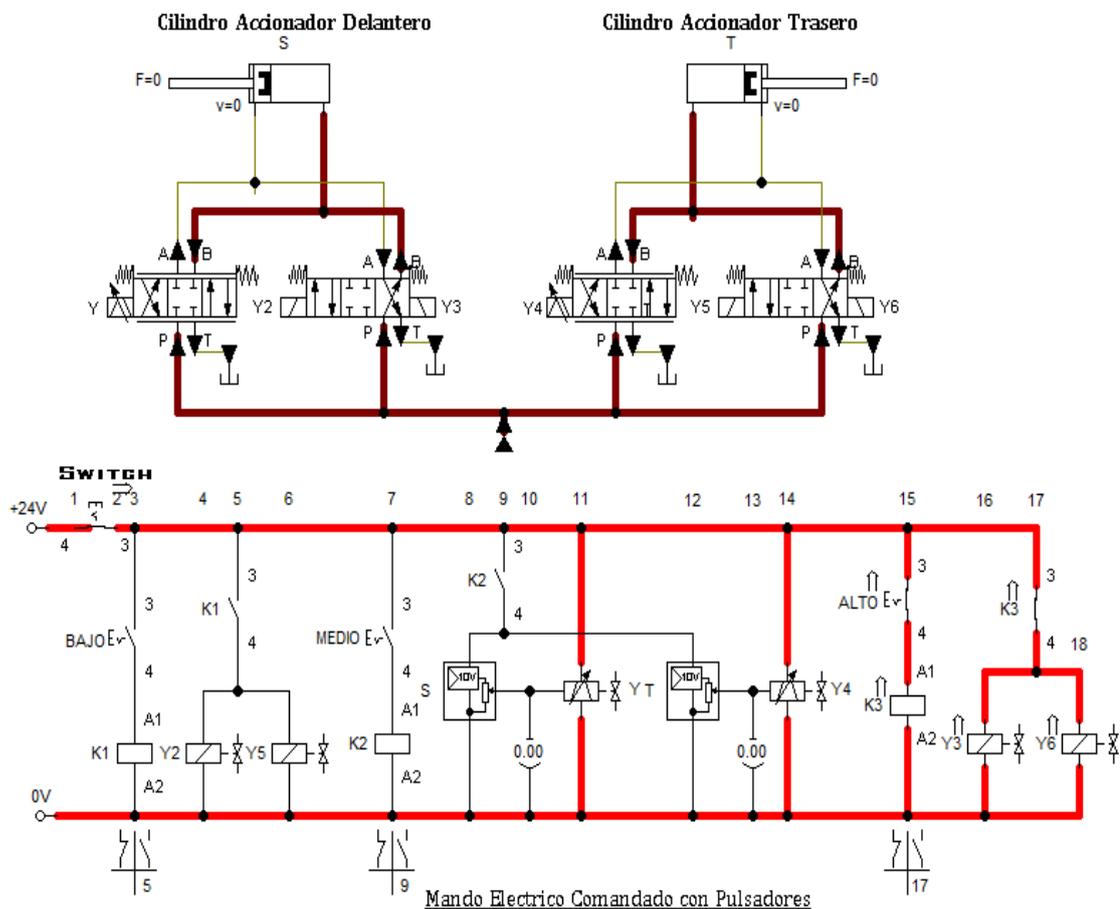


Fuente: Autores

## Nivel alto

El ultimo nivel trabajara al accionar el pulsador de nivel alto; gobernando la corriente hacia el solenoide (Y3 y Y6) de la electroválvula y permitiendo el ingreso de fluido por el lado del pistón, avanzando la carrera en su totalidad suficiente para que el vástago conectado con el eje del corrector permita abrir por más tiempo el paso de fluido desde el correcto hacia los cilindros; lo suficiente para que el cilindro ascienda de altura hasta el máximo y por ende la carrocería.

Figura 55. Funcionamiento del mando electrohidráulico-nivel intermedio



Fuente: Autores

## RESULTADOS

La simulación realizada nos demuestra la efectividad del funcionamiento de los respectivos actuadores en una distancia de carrera correcta y tiempo de accionamiento.

**5.2.2 Materiales.** Para proseguir a determinar una exitosa propuesta de un cambio de control de mando se detalla los principales elementos a utilizar en dicho cambio:

- Dos cilindros de doble efecto.
- Dos válvulas de palanca manual con posición de circulación de tipo 4/3.
- Dos electroválvulas de control de tipo 4/3.
- Tres interruptores de tope.
- Tres Relees.
- Cuatro válvulas solenoides.
- Tres interruptores.
- Taype y teflón.
- Cable (rojo y blanco).
- Cañería (diámetro de 6 mm).

**Nota:** La lista de materiales se encuentra detallada tomando en cuenta a elementos adicionales que se necesitaran en la implementación correcta y física en cualquier vehículo con similares características.

## CAPÍTULO VI

### 6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y UN PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA

#### 6.1 Pruebas de funcionamiento del sistema

Una vez reparado el sistema, se procede a realizar las respectivas pruebas de carretera en la cual se comprueba las condiciones de operación, es decir nivel alto, intermedio y bajo. Con lo cual se determinara si cumple con los requerimientos establecidos por el fabricante.

**6.1.1 Prueba de niveles de altura.** Para desarrollar las pruebas de nivel debemos regirnos a lo establecido por el fabricante.

#### NIVEL NORMAL-CARRETERA (BAJO)

Figura 56. Prueba de carretera-nivel normal



Fuente: Autores

Para la prueba de funcionamiento se realiza lo siguiente:

- Encender el vehículo.
- Seleccionamos manualmente el nivel normal o carretera si no lo está.
- Ponemos en marcha el vehículo a una velocidad promedio de 40 Km/h (kilómetros por hora).
- Luego determinar si existe una variación de altura mediante un recorrido de 2 Km (kilometro) y ver que no cambio de altura en el transcurso; incluso cuando el vehículo circule a diferentes marchas.

**Nota:** Para este nivel se realiza la prueba en una vía de primer orden debiéndose circular a velocidades elevadas; para el cual está diseñado dicho nivel del vehículo.

## NIVEL INTERMEDIO

Figura 57. Prueba de carretera-nivel intermedio



Fuente: Autores

Para comprobar si este nivel funciona correctamente se realiza lo siguiente:

- Seleccionar manualmente el nivel intermedio de la palanca y verificar si la altura del vehículo se elevó hasta el nivel indicado por el fabricante.
- Recorrer un tramo de carretera de segundo orden en la cual debe existir baches y muros.
- Luego determinar si existe una variación de altura mediante un recorrido de 2 Km y ver que no cambio de altura en el transcurso; incluso cuando el vehículo circule a diferentes marchas.

## NIVEL ALTO

Figura 58. Prueba de carretera-nivel alto



Fuente: Autores

Para comprobar este nivel se procede de la siguiente manera:

- Seleccionar el nivel en alto en la palanca manual y verificar si el vehículo se eleva hasta el nivel indicado por el fabricante.

- Dar marcha hacia adelante a velocidades muy bajas entre 10 Km/h y 30 Km/h, circulando en una carretera de tercer orden con muchos baches y/o lastrada para el cual es diseñado este nivel.
- Recorrer un tramo de 2 Km, en el cual se deberá sentir los obstáculos de una manera más disminuida respecto a vehículos con suspensión convencional.
- Luego determinar si existe una variación de altura mediante dicho recorrido y ver que no cambie de altura en el transcurso; incluso cuando el vehículo circule a diferentes marchas.

Tabla 5. Resultados de niveles de altura-prueba de carretera

Variación de alturas mediante mando manual. (mm)						
Nivel de palanca	Altura de ejes		Altura de carrocería		Altura original	
	Delantero	Trasero	Delantera	Trasera	Delantera	Trasera
Normal	270	300	186	269	189 ±10	272 ±10
Intermedio	270	300	195	278		
Alto	270	300	207	291		

Fuente: Autores

### **Análisis de las pruebas:**

De acuerdo a las pruebas realizadas; se comprobó que los niveles del sistema de suspensión hidroneumática están acorde a las especificaciones establecidas por el fabricante y se notó unas vibraciones u oscilaciones debido al uso y año de fabricación del vehículo.

**6.1.2 Prueba de cabeceo.** Esta prueba es un análisis de la actuación del sistema de suspensión cuando el vehículo frena de una manera brusca e inesperada tendiendo a bajarse la parte delantera; relacionándose con la estabilidad del vehículo.

El objetivo de esta prueba es medir dicha altura en el vehículo; comparando con un vehículo que incorpora el sistema de suspensión convencional u otro diferente sistema de suspensión, con similares características y este vehículo que tiene el sistema de suspensión hidroneumática. Siguiendo los siguientes pasos para realizar:

- Colocamos respecto a un punto fijo el elemento de medición o eje desplazable en la parte frontal de la carrocería y en contacto con la superficie.
- Tomamos la primera medida desde el filo del eje hasta el punto en la carrocería.

- En un tramo de carretera asfáltica, ponemos en funcionamiento los vehículos partiendo desde una velocidad de 0 Km/h hasta alcanzar los 60Km/h, luego de alcanzar estas velocidades se frena bruscamente.
- Se toma nuevamente la medida; ya que al frenar el eje debía haber desplazado y variado la medida respecto a la tomada en el segundo paso.

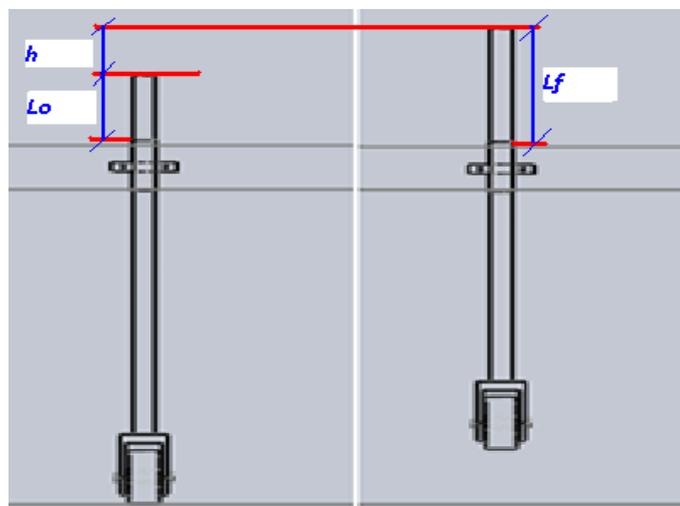
Figura59. Mecanismo para prueba de cabeceo (Eje desplazable)



Fuente: Autores

**Nota:** Esta altura se considera debido a que en el momento en que trabaja el sistema de suspensión, todo el conjunto de la carrocería cambia de altura con respecto al piso, excepto el eje de la rueda. Quedando en ese punto de deslizamiento, respecto al punto original una variación en la medida. Se probó por 5 ocasiones y se procedió a realizar la toma de datos y análisis de resultados.

Figura 60. Funcionamiento de mecanismo para prueba de cabeceo



Fuente: Autores

Fórmula para calcular dicha altura (Cabeceo):

$$h = L_f - L_o \quad (1)$$

h = Altura desplazada (mm)

L<sub>f</sub> = Longitud final (mm)

L<sub>o</sub> = Longitud original (mm)

Figura 61. Ubicación de mecanismo de medición



Fuente: Autores

Los resultados obtenidos en esta prueba son:

Tabla 6. Resultados en la prueba de cabeceo

Longitud de Cabeceo (mm)		
Prueba	Citroën GSA	Chevrolet Corsa 3P
1	20	25
2	18	27
3	19	23
4	19	26
5	20	24
Promedio	19,2	25

Fuente: Autores

### Conclusión a la prueba de cabeceo:

Mediante el promedio de los resultados en los dos vehículos se comprobó que la suspensión hidroneumática absorbe con mayor facilidad dichos movimientos bruscos,

ofreciendo un mayor control sobre el volante lo cual es más seguro y cómodo para el conductor y pasajero, pudiendo evitar accidentes.

## **6.2 Plan de mantenimiento y operación del sistema hidroneumático [10]**

**6.2.1** *Elaboración del plan de operación del banco didáctico.* Antes de poner en ejecución el vehículo como un banco didáctico, procederemos a relacionar detalladamente durante una práctica tanto como: pasos a ejecutar y precauciones a tomar ya sea para nuestro propio sistema en el vehículo, sistemas más avanzados los cuales funcionan en base al mismo principio.

Entre estos hemos detallado de la siguiente manera:

- Antes de ejecutar un trabajo.
- Durante la ejecución de un trabajo.
- Después de la ejecución de un trabajo.

Así procederemos a detallar los principales pasos, precauciones, observaciones durante cada paso para la operación de nuestro banco didáctico de suspensión.

### **6.2.1.1** *Antes de ejecutar un trabajo*

#### **REVISIÓN:**

Si se produce un incidente de funcionamiento; es necesario, antes de cualquier intervención comprobar:

- Que no exista un esfuerzo anormal en los mandos y en las articulaciones mecánicas de los órganos o grupo de órganos hidráulicos incriminados.
- Que el circuito de alta presión (AP) está en carga. Para ello:
- Con el motor en ralentí: Desenroscar de una vuelta a una vuelta y media el tornillo de purga del conjunto- disyuntor, se debe escuchar un ruido de fuga.
- Volver apretar el tornillo de purga, se debe constatar la disyunción, lo que se traduce por una disminución del ruido de funcionamiento de la bomba de AP.

En caso contrario comprobar en este orden:

- Liquido suficiente en el depósito.
- El filtro del depósito está perfectamente limpio y en buen estado.

- Que la bomba de AP esta cebada y que no hay entrada de aire en el circuito de aspiración de la bomba.
- Que el tornillo de purga del conjuntor- disyuntor esta apretado correctamente.

**PRECAUCIONES:**

- Limpiar cuidadosamente la zona de trabajo, los racores, el órgano que se va a desmontar; utilizar gasolina o bencina, excluyendo cualquier otro producto.
- Desconectar el cable del borne negativo de la batería.
- Despresurizar los circuitos antes de desmontar cualquier elemento del sistema.

**6.2.1.2 Durante la ejecución del trabajo**

**CONTROL O PRUEBAS DE LOS ÓRGANOS HIDRÁULICOS:**

- Obturar las canalizaciones metálicas con tapones y los tubos de goma con grupillos cilíndricas de diámetros apropiados.
- Obturar los orificios de los órganos con tapones apropiados.
- Utilizar el banco de pruebas apropiado previsto para el líquido LHM.
- No utilizarlo con otro tipo de líquido u órganos que funcionan con otros líquidos.

**Nota:** La bomba “Le Bozec” usada para inyectores diesel, puede ser remplazada para el control de órganos que funcionan con líquido mineral LHM.

**PRECAUCIONES DURANTE EL MONTAJE:**

Limpieza:

- Los tubos de acero se soplan con aire comprimido.
- Los tubos de goma y los casquillos de goma serán lavados con gasolina o con bencina y soplados con aire comprimido.
- Los órganos hidráulicos tienen que limpiarse con gasolina y soplados con aire comprimido.

**Nota:** En cada intervención es necesario cambiar los casquillos de estanqueidad.

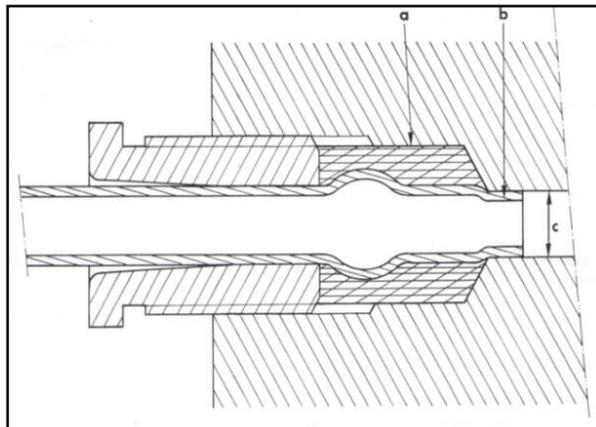
Lubricación:

- Siga las instrucciones del manual.
- Los casquillos y las piezas internas tienen que ser humedecidas antes de cualquier montaje.
- Si las piezas están en contacto con los órganos hidráulicos tienen que engrasarse con grasa mineral de rodamientos.

## MONTAJE:

- Utilizar solamente casquillos de calidad correspondiente al LHM.
- Para acoplar un racor proceder como se indica a continuación:
- Colocar el casquillo "a" humedecido con LHM, en el tubo. Este casquillo debe estar retrasado con respecto al extremo "b" del tubo.
- Centrar el tubo en el mandrilador presentándolo en el o siguiendo el eje del orificio y evitando cualquier esfuerzo anormal.
- Apuntar a mano la tuerca racor.
- Apretar moderadamente la tuerca, un exceso de apriete ocasionaría una fuga por deformación del tubo.
- El par de apriete para un tubo de 3,5 a 4,5 mm de diámetro es 0,8 a 0,9 mdaN.
- El par de apriete para un tubo de 6 mm de diámetro es 0,9 a 1,1 mdaN.
- Para acoplar un tubo de goma, es necesario interponer entre este tubo y la abrazadera de apriete un anillo de goma de un diámetro apropiado.

Figura 62. Trabajos hidráulicos



Fuente: Manual de reparación n° 8551 de vehículos GSA

### 6.2.1.3 Después de la ejecución del trabajo

#### COMPROBACIÓN:

Después de efectuar todos los trabajos en los órganos o en el circuito hidráulico, comprobar:

- La estanqueidad de los racores.
- La separación que existe entre los tubos, ya que no tienen que rozar o ser forzados sobre otro órgano fijo o móvil.
- La humedad en todas las juntas hidráulicas que no existan.

**6.2.2** *Elaboración de plan de prácticas para el sistema hidroneumático.* Diseñando una guía esquemática para llevar a la ejecución de cada una de las prácticas a realizar en el sistema de suspensión hidroneumática (Anexo 3).

Tomando en cuenta todos los datos técnicos y el marco teórico se podrá comprobar con los resultados obtenidos durante el trayecto de la práctica, determinando las respectivas conclusiones en cada práctica a realizar ya sea para realizar en un banco didáctico, como en los mismos vehículos que contienen dicho sistema.

**6.2.2.1** *Guía de práctica de laboratorio a implementarse con el equipo*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**GUÍA DE LABORATORIO PARA UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN**  
**HIDRONEUMÁTICO**

**PROFESOR:** \_\_\_\_\_ **ASIGNATURA:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **CÓDIGO:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_ **GUÍA Nº:** \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_

**TEMA:** IDENTIFICACIÓN Y COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE SUSPENSIÓN  
ENTRE VEHÍCULOS DE DIFERENTE MARCA.

**1. OBJETIVOS**

- Identifique cada componente del sistema de suspensión en cada vehículo.
- Realice un esquema de conexión de los sistemas en estudio.
- Diferenciar el sistema de suspensión entre dos vehículos de diferentes marcas.

**2. REVISIÓN TEÓRICA**

Suspensión hidroneumática, tipos de suspensiones.

**3. PROCEDIMIENTO**

Identificación del sistema de suspensión:

- Se sube al elevador el vehículo
- Se realiza una inspección visual por todos los elementos que componen el sistema hidroneumático y del otro sistema en estudio.

Realización de un esquema básico del sistema.

- Se dibuja un esquema básico del sistema de suspensión.
- Se completa uniendo cada una de sus partes, formando el circuito.

**Nota:** Al dibujar cada uno de los componentes; se procura ordenar por lo general en partes del tren delantero y del tren trasero para así facilitar su ordenamiento.

Figura 63. Identificación de componentes de cada sistema



Fuente: Autores

Comparación entre sistemas de suspensión:

- Se realiza un listado de los elementos que se han encontrado en cada sistema de suspensión de los diferentes vehículos.
- Reconocer los elementos característicos de la suspensión hidroneumática que diferencia de los otros tipos de sistemas.

Figura 64. Diferencias en la suspensión entre dos marcas de vehículos



Fuente: Autores

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se describe mediante una tabla todos los elementos que contienen cada uno de los sistemas de suspensión.

Tabla 7. Comparación de suspensión entre dos vehículos

Datos principales	Vehículo 1	Vehículo 2
Marca		
Tipo		
Año		
Elementos		
Tipo de suspensión		

Fuente: Autores

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. TEST DE CONOCIMIENTOS

- Explique cómo funciona un sistema hidroneumático.
- En un sistema hidroneumático, ¿Quién reemplaza al resorte?
- Por qué al sistema de suspensión hidroneumático se le llama sistema mixto
- Explique el proceso de cambio de un neumático en una suspensión hidroneumática.
- Explica la diferencia entre un resorte elástico y un muelle de gas
- Enumera los elementos que componen una suspensión hidroneumática
- Diferencia entre depósito y acumulador principal
- Que elemento tiene la misión de mantener la presión constante de acuerdo con los valores establecidos por el fabricante, estos suelen ésta entre los 145 bares como mínimo y los 170 bares como máximo.
- Qué misión cumple la válvula niveladora en los sistemas de suspensión neumática e hidroneumática y cómo funciona.
- En un vehículo equipado con suspensión hidroneumática, al circular por un pavimento con irregularidades, ¿qué elemento absorbe estas irregularidades?

7. BIBLIOGRAFÍA

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**GUÍA DE LABORATORIO PARA UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN**  
**HIDRONEUMÁTICO**

**PROFESOR:** \_\_\_\_\_ **ASIGNATURA:** \_\_\_\_\_  
**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **CÓDIGO:** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_ **GUÍA Nº:** \_\_\_\_\_ **2**

**TEMA:** CONTROL DE PRESIÓN DE ACEITE EN EL CIRCUITO DELANTERO Y TRASERO

**1. OBJETIVOS**

Controlar la presión del fluido en el tren delantero y trasero respecto a lo descrito por el fabricante.

**2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- Caja de llaves mm, dados mm, destornilladores, alicate.
- Aceite hidráulico LHM.
- Teflón.
- Recipiente limpio.
- Gasolina.
- Tela vencedor blanco.
- Manómetro.

**3. REVISIÓN TEÓRICA**

Principios de hidráulica, manejo de instrumentos.

**4. PROCEDIMIENTO**

**ELIMINACIÓN DE PRESIÓN EN LOS CIRCUITOS.**

- Situar el mando manual de las alturas en la posición normal de carretera.
- Aflojar el tornillo de purga (1) del conjuntor- disyuntor.

Suspensión delantera:

- Aflojar el tornillo (3) del racor de cuatro vías (2).

Suspensión trasera:

- Quitar el orificio "a" de la trampilla (5).

- Poner el corrector en escape actuando en el mando con un destornillador corto (6). Es preciso empujar el destornillador hacia la parte delantera del vehículo.

#### PREPARACIÓN:

- Asegurarse que los filtros del depósito hidráulico están limpios.
- Quitar la presión, aflojando el tornillo de purga (1) del conjuntor- disyuntor.
- Aflojar el tornillo- racor (2) del tubo de utilización (3) y quitar su extremo del conjuntor- disyuntor.
- Acoplar el tubo (4) equipado con un manómetro A (graduado de 0 a 250 bares), en el conjuntor- disyuntor, en el lugar del tubo de utilización.

#### CONTROLES:

##### Control del acumulador principal:

- Apretar el tornillo de purga (1) del conjuntor- disyuntor.
- Desconectar el cable del ruptor.
- Accionar el arranque observando la aguja del manómetro A; sube regularmente y luego parece estabilizarse hasta  $62 \pm 2/32$  bares.
- Conectar el cable del ruptor.

##### Control de la presión de disyunción:

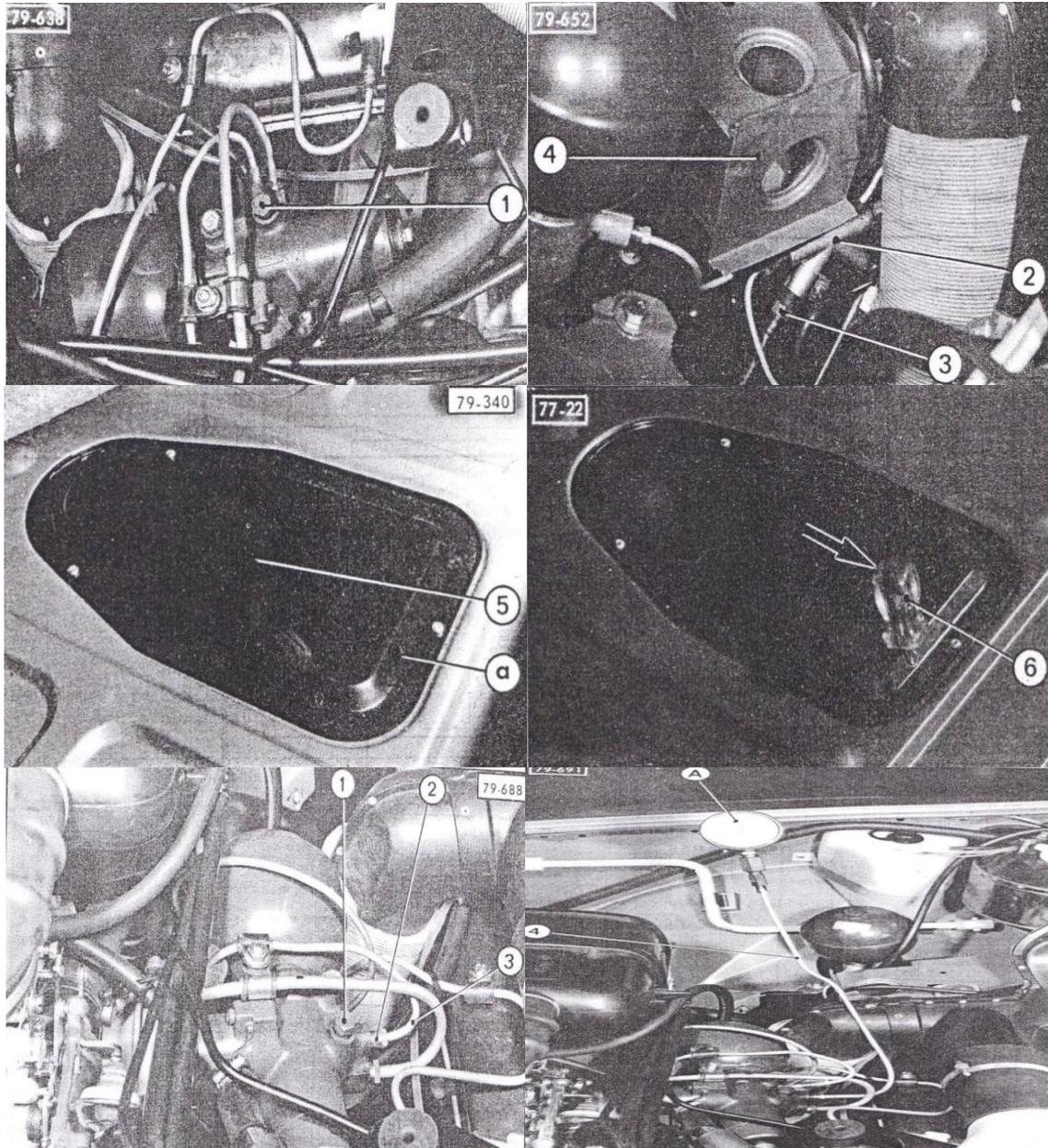
- Poner el motor en marcha y mantenerlo ligeramente acelerado.
- Apretar el tornillo de purga (1) del conjuntor- disyuntor y observar la aguja del manómetro. Cuando cesa de subir, indica la presión de disyunción de  $170 \pm 5$  bares.
- Cuando la presión de disyunción se haya alcanzado, deja de funcionar el motor unos instantes para estabilizar la presión.
- Parar el motor. Observar el manómetro y anotar la caída de presión durante tres minutos.

##### Control de la presión de conjunción:

- Poner el motor en marcha y mantenerlo ligeramente acelerado hasta que el sistema llene su circuito.
- Cuando se produzca la disyunción aflojar el tornillo de purga (1) del conjuntor- disyuntor.
- La aguja del manómetro (A) desciende suavemente, y luego sube cuando la bomba AP comienza a cargar. El valor mínimo que indica el manómetro

corresponde a la presión de conjunción que puede ser  $145 \pm 5$  bares respecto a lo establecido por el fabricante.

Figura 65. Control de presión en el circuito



Fuente: Manual de reparación n° 8551 de vehículos GSA

**Nota:** Si la caída de presión es superior a 10 bares, el conjuntor- disyuntor esta defectuoso.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se podrá determinar el estado de los elementos de cada circuito.

Tabla 8. Control de presión en el circuito

Circuito	Lectura tomada	L. nominal	Unidad
Delantero			bar
Trasero			bar

Fuente: Autores

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. TEST DE CONOCIMIENTOS

- Cuanto es la presión nominal con la que trabaja el conjuntor.
- Cuanto es la presión nominal con la que trabaja el disyuntor.

8. BIBLIOGRAFÍA

**6.2.3 Datos técnicos del sistema.** A continuación se detalla los principales datos para cualquier tipo de consulta o calculo necesario para llevar a cabo una adaptación o reparación en cualquier elemento del sistema hidroneumático.

**Nota:**

- Una cala de 0,3 mm hace variar la presión en 3 bares aproximadamente, y 0,7 mm varía 7 bares aproximadamente.
- Para medir las alturas se usa el vehículo en la posición “normal de carretera”, y el motor en ralentí.

Tabla 9. Datos técnicos de la suspensión respecto al modelo

BOMBA DE PRESIÓN	
Mono cilíndrica arrastrada por biela y una excéntrica en el eje	
Relación bomba/motor	1/2.
Diámetro del pistón	15 mm
Recorrido del pistón	10±0,05 mm
Caudal por ciclo a 500 rpm ( LHM a 60 °C)	0,9 cm <sup>3</sup> .
Capacidad máxima del depósito	3,3 litros.

CONJUNTOR-DISYUNTOR DE EJE DISTRIBUIDOR PILOTO		
Presión de conjunción		145± 5 bares
Presión de disyunción		170± 5 bares
Espesor de las calas de reglaje de la disyunción		0,3 mm
Espesor de las calas de reglaje de la conjunción		0, 3 a 0,7 mm
ACUMULADOR PRINCIPAL		
Capacidad		0.4 litros
Presión de tarado		62±2/32 bares
CILINDROS DE SUSPENSIÓN: (DELANTEROS Y TRASEROS)		
Diámetro del pistón		35 mm
Longitud del pistón		117,5 mm
MONO CONTACTO		
Presión de tarado		75 a 95 bares
VÁLVULA DE SEGURIDAD		
Presión de tarado		70 a 90 bares
PARES DE APRIETE		
Tornillos de fijación del conjuntor- disyuntor		1.8 mdaN
Tornillo de fijación de la válvula de seguridad		1,1 a 1,3 mdaN
Tuercas de rueda	Llantas de chapa	5,5 a 7,5 mdaN
	Llantas de aluminio	7,5 a 8,5 mdaN
CONDICIONES DE CONTROL		
Altura delantera	Barra estabilizadora y apoyo	189 ± 10 mm
Altura trasera	Unidad del eje trasero y	272± 10 mm
Paralelismo	Convergencia de ruedas	0 a 5 mm
Inclinación de la rueda		0°±40'

Fuente: Manual de reparación n° 8551 de vehículos GSA

**6.2.4** *Ensamble y desensamble del sistema.* Para realizar un correcto ensamble nos basaremos mediante los siguientes parámetros establecidos por el fabricante.

### Controles y reglajes de los ejes delanteros y traseros respecto a su altura

Para que los controles sean exactos, es imperativo controlar y marcar la posición del vehículo.

#### Verificar la presión de los neumáticos:

Delanteros 1.8 bares (Llanta chapa), 1,7 bares (Llanta aluminio).

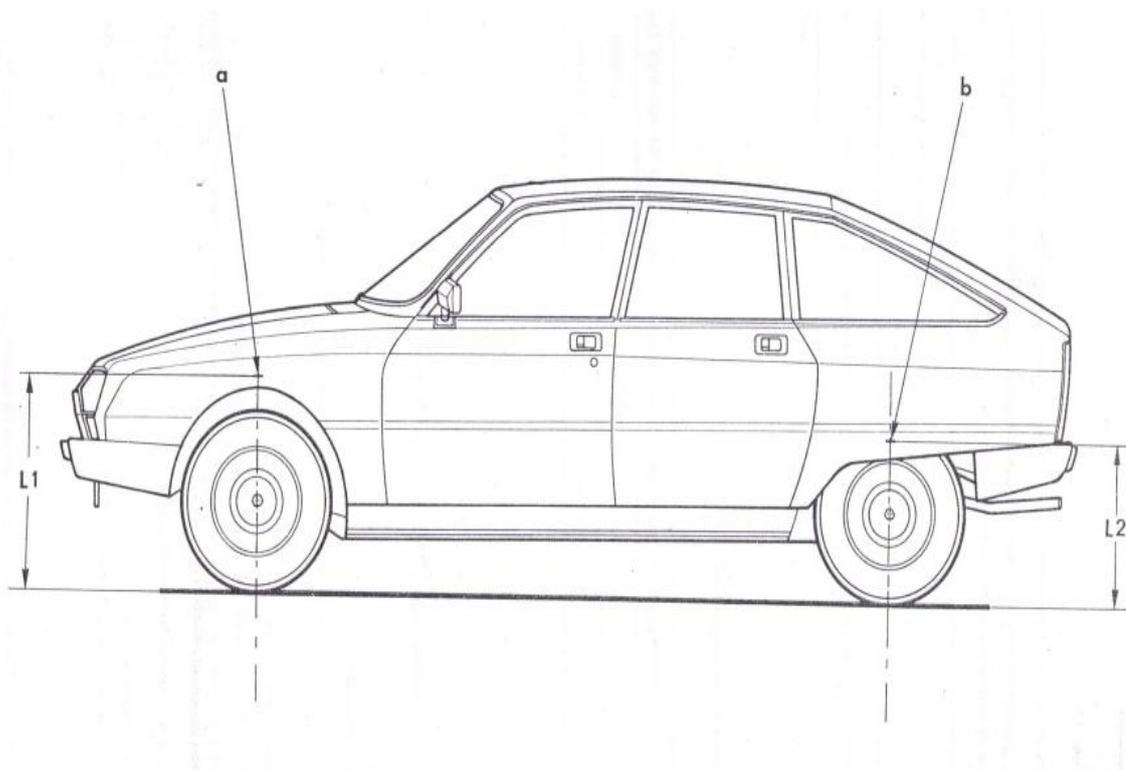
Traseros 1,9 bares (Llanta chapa), 1,8 bares (Llanta aluminio).

#### Señalar las alturas del vehículo en posición normal de carretera:

Regular si es necesario, dejando así en la parte delantera (189 mm) y en la parte trasera (272 mm).

#### Señalar la posición del vehículo:

Figura 66. Señalización de posición en el vehículo



Fuente: Manual de reparación N° 8551 de vehículos GSA

- Pegar en “a” y “b” una banda de papel adhesivo y efectuar una señal en cada una de ellas.
- Medir la cota L1 y L2 con el vehículo a altura imperativa de 189 mm y 272 mm. Anotar dichos valores encontrados.
- Comprobar que las longitudes de los roscados visibles de las palancas de dirección derecha o izquierda, son aproximadamente iguales a 2 mm.

### 6.3 Plan de mantenimiento del sistema

Este banco de pruebas de suspensión hidroneumática como se ha dicho anteriormente se considera de bajo mantenimiento, a pesar de esto debe ser sometidos a inspecciones periódicas, en sus componentes tales como esferas, cañerías, nivel de fluidos, bomba de presión, correas de impulsión de la bomba, etc.

#### CONTROLES DE INSPECCIÓN.

Están hechos de manera sistemática, después de realizar una práctica en el banco, el sistema hidroneumático se revisa. La meta es identificar visualmente algunas anomalías no detectadas por el operador y disminuir las reparaciones inesperadas durante el funcionamiento del sistema en la práctica, de tal manera que los elementos sean dirigidos idóneamente para su reparación. Entre los cuales tenemos:

- Verificar el nivel correcto del líquido en el depósito.
- Revisar el estado del circuito hidráulico en caso de fugas del LHM.
- Revisión de esferas, válvulas, cañerías, barra estabilizadora en caso de golpes.

**6.3.1 Mantenimiento preventivo.** Se trata de operaciones comunes que se realizan con una periodicidad determinada.

Tabla 10. Plan de mantenimiento del sistema de suspensión hidroneumática.

TRABAJO	Tiempo/kilometraje					
	Diario	Mensual	Semestral	Anual	2 Años	5 Años
	100	2500	15000	30000	60000	100000
LHM (Nivel)	R					
LHM (Sustitución)		R			C	
Depósito				L		
Filtro del depósito					C	

Nomenclatura	
R	Revisión visual
L	Limpieza
C	Cambio
X	O al cambiar algún elemento hidroneumático o cada 2 años

Fuente: Autores

Con respecto a las frecuencias de mantenimiento, es básico que se establezcan para cada práctica a realizar en el banco didáctico.

**6.3.2 Mantenimiento preventivo condicional (predictivo).** Se trata de revisar sistemáticamente partes y accesorios sensibles a un tiempo de horas de trabajo previsto. Estas verificaciones pueden resultar en: afinaciones, cambios de partes o de elementos completos:

- Cambio de esferas.
- Cambio de válvulas.
- Reparación de bomba.

**RECOMENDACIONES PARA CONTROLES DE INSPECCIÓN:**

- Busca de posibles fugas de fluido que delata el deterioro del sistema.
- Revisar de forma periódica todos los elementos de su sistema
- Selecciona las herramientas necesarias según el trabajo a realizar.
- Desmonta y cambia los elementos necesarios del sistema, considerando los procedimientos establecidos.
- Aplicar las medidas de seguridad establecidas.
- Verificar con el banco didáctico en marcha que los elementos de la suspensión funcionan correctamente.

## CAPÍTULO VII

### 7. COSTOS

Los costos del presente proyecto han sido debidamente analizados y detallados.

#### 7.1 Costos directos

Son aquellos proporcionales al tamaño de la obra, ya que tienen una relación directa con las cantidades de recursos utilizados para la ejecución del proyecto. Los costos que se han considerado como materiales, equipos, mano de obra, herramientas, transportes se los describe a continuación.

**7.1.1 Materiales.** Necesitamos de un cierto listado de materiales y repuestos para concluir con la reparación del sistema de suspensión y diversos sistemas adicionales los cuales eran necesarios para poner en funcionamiento todo el vehículo Citroën.

Tabla 11. Costos de materiales

MATERIALES				
DETALLES	Unidad	Cantidad	Costo UNT.	Costo Total(\$)
Vehículo en mal estado	EA	1	1800	1800
REPUESTOS				
Disco de embrague	EA	1	10	10
Volante (Rectificada)	EA	1	15	15
Ventilador	EA	1	15	15
Bomba de combustible	EA	1	15	15
Manguera-neplos	EA	4	2,5	9
Filtros	EA	6	0.67	4
Carburador (Reparación)	EA	1	10	10
Múltiple de admisión(torno)	EA	1	6	6
Empaques	EA	2	3	6
SISTEMA ELÉCTRICO				
Batería	EA	1	50	50
Alternador (Reparación)	EA	1	35	35
Motor de arranque	EA	1	42	42

Sistema de alumbrado	EA	1	60	60
Lunas	EA	4	14	56
Cables-bombillos	EA	4	1,62	6,5
<b>SISTEMA DE SUSPENSION</b>				
Grasa	lb	2	6	12
Abrazaderas	EA	6	2	42
Guardapolvos	EA	2	2,3	4,6
Esfera-cilindro	EA	1	95	95
Tubo de llanta	EA	1	8	8
<b>OTROS</b>				
Combustible (Pruebas)	Gal	22	1,48	32,56
Tiñere	l	2	1.5	3
Aceite 20w50	Gal	1,5	12	18
Aceite Hidráulico	l	2	6	12
Alimentación	EA	1	18	18
<b>TOTAL (Dólares)</b>				<b>2417,16</b>

Fuente: Autores

### 7.1.2 *Mano de obra.*

Tabla 12. Costos de mano de obra

Mano de obra			
Descripción	Horas/Hombre	Costo(h/hombre)	Valor Total(\$)
Torno	1	40	40
Eléctrico	3	7	21
Mecánico	0	0	0
Enderezada y pintura	39	10	390
Alineación y	0		0
Asesoría técnica	0		0
<b>TOTAL (Dólares)</b>			<b>451</b>

Fuente: Autores

Una vez adquirido nuestro vehículo con suspensión hidroneumática; nos vimos en la necesidad de poner en funcionamiento el mismo. El cual hemos concluido en un costo de mano de obra detallada en la tabla anterior.

**7.1.3 Equipos y herramientas.** Fueron utilizadas para ejecutar las debidas reparaciones y mantenimientos del vehículo por lo cual se las tomara como un costo directo.

Tabla 13. Costos de equipos y herramientas

Equipos y herramientas			
Descripción	Horas-Maquina	Costo(h/Maquina)	Costo Total(\$)
Computadora	0	0	0
Herramientas de taller	1	12,75	12,75
Alquiler de	1	15	15
TOTAL(dólares)			27,75

Fuente: Autores

**7.1.4 Transporte.** Dado a la adquisición del equipo (vehículo con suspensión hidroneumática) en mal estado se necesitó de transporte de carga (Plataforma) para llevar el equipo hasta el lugar exacto para empezar su reparación necesaria. De igual manera el transporte respecto a viajes y carreras por la ciudad.

Tabla 14. Costos de transporte

Transporte		
Detalles	Cantidad	Valor (\$)
Viajes cortos(ciudad)		35
Plataforma-grúa	1	30
TOTAL (Dólares)		65

Fuente: Autores

## 7.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos valores proporcionales al tiempo de ejecución del proyecto, que no son claramente asignables a una actividad constructiva o cuya

influencia en el costo total de la actividad constructiva es tediosa y difícilmente evaluable, pero contribuyen.

Entre estos están los gastos adicionales; los cuales fueron necesarios para adquirir la suficiente información como en libros, manuales, internet y consultas a técnicos; con la cual podremos guiarnos sobre detalles importes a tomar en cuenta antes, durante y después de cualquier trabajo en el sistema hidroneumático y el resto de sistemas del vehículo.

Tabla 15. Costos indirectos

Detalles	Cantidad	Valor (\$)
Investigación-asesoramiento		
Internet	15 h	12
Llamadas telefónicas		6
Viajes		
Pasajes (Quito-Latacunga-Guayaquil)		42
Estadías		35
Papelería		
Copias		9,5
Impresiones		5
Otros		
Encomiendas		8
TOTAL (dólares)		117,5

Fuente: Autores

### 7.3 Costos total

Podremos dar como resultado un costo excesivo para la ejecución del presente proyecto. Determinado de la siguiente manera.

Costo directo + Costo Indirecto = Costo total.

$$2959,91 + 117,5 = 3077,41 \text{ Dólares.}$$

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 Conclusiones**

Se ha realizado la recuperación del vehículo en diversos sistemas, los cuales son necesarios para un correcto y completo aprendizaje, y demostración de los beneficios de la suspensión hidroneumática.

El auto Citroën GSA X3 fue apropiadamente estudiado; demostrando sus innovaciones en especial el sistema de suspensión. Por el cual se ha diseñado un modelo de simulación de la suspensión hidroneumática; apropiado para un correcto entendimiento de las funciones en cada uno de sus elementos.

La propuesta de modelación en el sistema de mando a un sistema electrohidráulico (compuesto por el circuito hidráulico que comanda al corrector de altura y es gobernado por un circuito eléctrico a través de pulsadores), el cual funciona correctamente en el programa de simulación.

Mediante los datos obtenidos en las pruebas de cabeceo y nivel del sistema hidroneumático después de su recuperación nos demuestra que el sistema se encuentra entre los parámetros establecidos en el manual del fabricante y por ende en óptimas condiciones para un correcto funcionamiento y desempeño de cada uno de sus niveles respecto al tipo de carreteras para el cual está diseñado.

Además con el manual de prácticas se podrá llevar un correcto mantenimiento y una revisión del sistema constante para evaluar posibles variaciones del mismo.

#### **8.2 Recomendaciones**

Primero evaluar físicamente los equipos antes de proceder con el desmontaje para poder evaluar la situación.

Antes de proceder a desmontar cualquier elemento del sistema se debe eliminar la presión del mismo.

Utilizar herramientas, equipos de seguridad adecuados para proceder a un correcto desmontaje y así evitar posibles accidentes.

No golpear o estropear los conductos del sistema; ya que esto afectaría gravemente al sistema y su funcionamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/suspension.asp?sw12=1>
- [2] <http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>
- [3] <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T7.pdf>
- [4] <http://www.citroenpampeana.com.ar/historia-citroen.htm>
- [5] <http://www.micro-ingenieria.cl/pdf/021.pdf>
- [6] <http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA-08-09-10>
- [7] [http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension\\_CITROEN.pdf](http://ftp.psyborg.rpg.pl/hydraulika/suspension_CITROEN.pdf)
- [8] <http://es.scribd.com/doc/39935049/242-Sist-de-suspension-neumatica-Parte-1-A6>
- [9] <http://es.scribd.com/doc/6588309/Sistema-de-Suspension>
- [10] Manual de reparación N° 8551 de vehículos GSA.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALONSO**, José M. Técnicas del Automóvil, 7ma. Ed. España: Editorial Paraninfo, 2004.

**ALONSO**, José M. Circuitos de Fluidos, Suspensión y Dirección, España: Editorial Paraninfo, 1996.

**CITROËN** GSA. Manual De Usuario, 1ra ed. Francia, 1980.

**JIMÉNEZ DE CISNEROS**, Luis. Manual de Neumática. España: Editorial Blume, 1979.

**MORALES NARVAEZ**, Julio Cesar. Construcción e implementación de un sistema de suspensión neumática inteligente en un vehículo tipo automóvil Mazda 323. Ecuador: ESPOCH, 2011.

**PÉREZ**, Miguel A. Circuito de Fluidos Suspensión y Dirección, 1ra. Ed. España: Editorial Paraninfo, 2012.

**VEHÍCULOS** GSA. Mecánica Y Electricidad, Manual De Reparación N° 8551, Tomo 1. Madrid: S.L. Francisco Gervas N°7 Alcobendas, 1985.

## LINKOGRAFÍA

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MODELO**

<http://www.citroen-owners.org/consejos-practicos>

2012-09-28

### **CITROËN**

<http://www.citroenpampeana.com.ar/historia-citroen.htm>

2012-05-13

### **HISTORIA DE LA SUSPENSIÓN**

[http://www.xtec.cat/~ciglesia/profes/arxiustreballs/concurso\\_formpro\\_ta.pdf](http://www.xtec.cat/~ciglesia/profes/arxiustreballs/concurso_formpro_ta.pdf)

2012-04-22

### **OSCILACIONES QUE SUFRE EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN**

<http://es.scribd.com/doc/39935049/242-Sist-de-suspension-neumatica-Parte-1-A6>

2012-08-15

### **SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA**

<http://es.scribd.com/doc/53585030/SUSPENSION-HIDRONEUMATICA>

2012-06-12

<http://foros.ya.com/supermotor/foro-antiguo/automania-32185/suspension-hidroneumatica-9356530.html/O~1/P~2>

2012-05-13

[http://es.wikipedia.org/wiki/Suspensi%C3%B3n\\_hidroneum%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Suspensi%C3%B3n_hidroneum%C3%A1tica)

2012-04-22

### **SISTEMAS DE SUSPENSIÓN**

<http://www.mecanicavirtual.org>

2012-04-22

<http://www.sabelotodo.org/automovil/suspension.html>

2012-04-24

### **SISTEMAS ESPECIALES DE SUSPENSIÓN**

<http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T7.pdf>

2012-05-13

### **TIPOS DE SUSPENSIONES**

<http://www.aficionadosalamecanica.com/suspension3.htm>

2012-04-22

### **LÍQUIDO HIDRÁULICO MINERAL**

<http://hmmaniacos.mforos.com/1616578/8414231-los-modelos-de-gs-1-caracteristicas-generales/>

2012-08-23

<http://hmmaniacos.mforos.com/1180746/6777136-ayuda-por-favor/?pag=2>

2012-11-12

<http://hmmaniacos.mforos.com/1179532/8779708-juego-citroenero-ii/?pag=4>

2012-11-12

<http://hmmaniacos.mforos.com/1616578/7876257-el-citroen-bx-generalidades>

2012-11-12

### **PRUEBAS DE CARRETERA-SUSPENSIÓN**

<http://www.pruebas.pieldetoro.net/web/pruebas/ver.php?ID=22>

2012-09-28

[http://www.pruebas.pieldetoro.net/web/pruebas/ver.php?pageNum\\_rsCOMENT=1&totalRows\\_rsCOMENT=11&ID=472](http://www.pruebas.pieldetoro.net/web/pruebas/ver.php?pageNum_rsCOMENT=1&totalRows_rsCOMENT=11&ID=472)

2012-09-28

[http://www.scribd.com/fullscreen/53585030access\\_key=key-1x8tiftxhjv6v911b](http://www.scribd.com/fullscreen/53585030access_key=key-1x8tiftxhjv6v911b)

2012-09-28

## SIMBOLOGÍA

P	Presión	Bar
F	Fuerza	N
Hz	Hertz	HZ