UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

SISTEMA DE SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA ACTIVA CON DISPOSITIVO SC/CAR EN EL CITROËN XANTIA

Trabajo de titulación para optar al Título de Técnico Universitario en Mecánica Automotriz

Alumno:
Eliseo Alexis Toro Morales

Profesor Guía:
Aldo Fuentes Troncoso

2018

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios porque solo en el puedo confiar y es quien me ha brindado fortaleza para seguir adelante en todo momento y lugar.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios quien ha hecho posible que no me rinda en los momentos de dificultad para poder llegar a realizar este trabajo. Además darle gracias a mis padres y hermana y seres queridos, quienes me apoyan en toda buena decisión, aconsejándome y dándome ánimos para continuar.

También le doy un especial agradecimiento a mi profesor guía Aldo Fuentes Troncoso quien me ha ayudado de forma muy profesional a lo largo de todo el presente trabajo. Adicionalmente le agradezco a don Arnaldo Álvarez quien me entrego muy buena ayuda al comenzar este proceso.

De igual forma estoy inmensamente agradecido de la Universidad Técnica Federico Santa María, por impulsar esta carrera con profesionales éticos, morales y talentosos en el ámbito de la educación.

RESUMEN

Este trabajo consiste en la investigación del tipo de suspensión hidractiva con dispositivo SC/CAR que utiliza el vehículo Citroën Xantia. El estudio se realiza partiendo desde los tipos de suspensión más reconocidos y empleados, hasta llegar a la suspensión hidroneumática Citroën en donde nace la suspensión hidractiva que se aplica en el modelo Xantia, esta suspensión ha logrado entregar un alto nivel de seguridad y comodidad al mismo tiempo consigue mantener la carrocería de forma horizontal tanto en la conducción por línea recta y por curvas disminuyendo la probabilidad de volcarse en los virajes pronunciados y/o a alta velocidad.

En este trabajo he utilizado el método teórico de investigación aprendiendo y recopilando de la información que entregan diversos manuales automotrices.

En el informe se muestra la información detallada y necesaria para comprender el funcionamiento de esta suspensión, al mismo tiempo sus respectivas ilustraciones y circuitos del sistema. Donde podrán observarse los elementos electrónicos, hidráulicos, neumáticos, que trabajan en equipo con los elementos mecánicos para mejorar las condiciones de conducción del vehículo, estos elementos son controlados por la ECU que está preparada para comandar los amortiguadores de longitud variable por medio de la presión hidráulica, adaptándolos lo mejor posible al terreno y sus irregularidades.

Concluyendo así lo ventajosas que son sus cualidades de funcionamiento en las condiciones normales y también en las condiciones inesperadas de conducción. Aportando al vehículo una buena maniobrabilidad, excelente estabilidad al desacelerar y al frenar en

curva, mejora la estabilidad de la carrocería. En consecuencia entrega un viaje seguro y confortable para sus ocupantes.

ÍNDICE

DEDICATORIA .....

AGRADECIMIENTOS .....

RESUMEN .....

ÍNDICE DE FIGURAS .....

ÍNDICE DE TABLAS .....

ÍNDICE DE GRÁFICOS .....

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

CAPITULO 1: TIPOS DE SUSPENSIÓN 4

1.1. SUSPENSIÓN 5

1.2. FUNCIÓN DE LA SUSPENSIÓN 6

1.3. FINALIDADES DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN 7

1.4. ELEMENTOS DE UNA SUSPENSIÓN 7

1.4.1. Elementos elásticos 7

1.4.2. Elemento de amortiguación 9

1.5. INCLINACIONES DE LAS RUEDAS DE UN VEHÍCULO 14

1.5.1. Camber 14

1.5.2. Convergencia o divergencia 15

1.5.3. Caster 17

1.6. TIPOS DE SUSPENSIÓN 18

1.6.1. Suspensión rígida 18

1.6.2. Suspensión semirrígida 19

1.6.3. Suspensión independiente 20

1.6.4. Suspensión de eje oscilante 21

1.6.5. Suspensión de brazos tirados o arrastrados 22

1.6.6. Suspensión de brazo largo o brazo corto 23

1.6.7. Suspensión de doble viga en I 24

1.6.8. Suspensión McPherson 25

1.6.9. Suspensión hidroneumática 31

CAPITULO 2: SUSPENSIÓN EN EL CITROËN XANTIA ACTIVA 45

2.1. SEGURIDAD Y CONFORT A BORDO 46

2.2. SUSPENSIÓN HIDRACTIVA CON SISTEMA SC/CAR 48

2.2.1. El balanceo 48

2.2.2. Balanceo y suspensión hidroneumática 50

2.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO 54

2.3.1. Composición del sistema SC/CAR 54

2.3.2. Montaje en el vehículo 55

2.4. PRINCIPIO DEL SC/CAR Y MODOS DE FUNCIONAMIENTO 60

2.4.1. Funcionamiento en línea recta 60

2.4.2. Entrada a una curva 60

2.4.3. Funcionamiento en una curva muy pronunciada 61

2.4.4. Funcionamiento al final de la curva 63

2.5. EJECUCIÓN HIDRÁULICA Y MECÁNICA 64

2.5.1. Modificación del estado de rigidez 65

2.5.3. En SC/CAR con balanceo a la derecha 69

2.5.4. Corrección del balanceo 70

2.6. SÍNTESIS 77

2.6.1. Mediciones 78

2.6.2. Aportaciones del sistema 78

2.7. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PROPIOS DEL SC/CAR 78

2.7.1. Electroválvula de balanceo 78

2.7.2. Regulador de rigidez de balanceo 82

2.7.3. Corrector de balanceo 86

2.7.4. Cilindros 90

2.8. FUNCIONAMIENTO ELECTRÓNICO 91

2.8.1. Principio 91

2.8.2. Calculador 92

2.8.3. Captadores 92

2.8.4. Estrategias de paso al estado rígido 93

CAPITULO 3: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 103

3.1. MANTENIMIENTO NORMAL 104

3.2. CONDICIONES PARTICULARES DE UTILIZACIÓN (MANTENIMIENTO SEVERO)..... 105

3.3. CONDICIONES PARTICULARES DE UTILIZACIÓN (KILOMETRAJE ANUAL REDUCIDO) 105

3.3.1. Cada año: 105

3.3.2. Cada cuatro años: 106

3.3.3. Cada cinco años: 106

3.4. AUTODIAGNOSIS 106

3.4.1. Generalidades 106

3.4.2. Detección 106

3.4.3. Modos de emergencia 107

3.5. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA SUSPENSIÓN 108

3.5.1. Precauciones 108

3.5.2. Verificación del nivel hidráulico 109

3.5.3. Localización de averías 109

3.5.4. Forma en la que se manifiesta el desgaste de la suspensión 109

3.5.5. Forma de revisar o comprobar si hay desgaste en algún elemento 110

3.5.6. Revisión a una suspensión que no sube ni baja 110

3.6. QUITAR PRESIÓN Y PURGADO DEL CIRCUITO DE SUSPENSIÓN 111

3.6.1. Descripción de los puntos de suspensión 111

3.6.2. Quitar presión 116

3.6.3. Purgado 119

3.7. EXTRACCIÓN Y REPOSICIÓN DEL BLOQUE NEUMÁTICO 120

3.7.1. Extracción del bloque neumático 120

3.7.2. Reposición. 121

3.7.3. Herramienta especial para extraer la esfera 122

CAPITULO 4: COSTOS DE MANTENCIÓN A LA SUSPENSIÓN 123

4.1. COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO 124

CONCLUSIÓN 125

REFERENCIAS 127

LINKOGRAFÍA DE IMÁGENES 130

LINKOGRAFÍA DE TABLAS 136

LINKOGRAFÍA DE GRÁFICOS 136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Muelles de hojas múltiples 8

Figura 1-2. Muelle de una sola hoja 8

Figura 1-3. Muelle en espiral 9

Figura 1-4. Camber 14

Figura 1-5. Ángulo del camber 15

Figura 1-6. Convergencia 16

Figura 1-7. Convergencia 16

Figura 1-8. Caster 17

Figura 1-9. Suspensión Rígida 18

Figura 1-10. Suspensión semirrígida con eje de Dion 20

Figura 1-11. Suspensión independiente 21

Figura 1-12. Suspensión de eje oscilante 22

Figura 1-13. Sistema de brazos arrastrados y semi-arrastrados 23

Figura 1-14. Suspensión de brazo largo o brazo corto 24

Figura 1-15. Suspensión de doble viga en I 24

Figura 1-16. Suspensión McPherson eje trasero 26

Figura 1-17. Suspensión McPherson 27

Figura 1-18. Esquema de suspensión McPherson 27

Figura 1-19. Despiece de suspensión McPherson 29

Figura 1-20. Elementos básicos de la suspensión hidroneumática 32

Figura 1-21. Esquema de un distribuidor de presión 34

Figura 1-22. Esquema de un regulador de presión 36

Figura 1-23. Citroën GS 40

Figura 1-24. Citroën CX 41

Figura 1-25. Citroën XM 42

Figura 1-26. Citroën Xantia 43

Figura 2-1. Ejes Gx, Gy, Gz 48

Figura 2-2. Movimiento de balanceo 49

Figura 2-3. Suspensión hidroneumática clásica 50

Figura 2-4. Suspensión hidractiva en estado elástico 51

Figura 2-5. Suspensión hidractiva en estado firme 51

Figura 2-6. Esquema de los conductos hidráulicos de la suspensión 54

Figura 2-7. Parte delantera con sistema antibalanceo 56

Figura 2-8. Parte delantera con cilindro antibalanceo 57

Figura 2-9. Parte trasera con cilindro antibalanceo 59

Figura 2-10. Comparación de balanceo entre suspensión clásica y suspensión Xantia Activa 62

Figura 2-11. Esquema del sistema SC/CAR 64

Figura 2-12. Configuración clásica de barra estabilizadora 66

Figura 2-13. Barra flexible 67

Figura 2-14. Barra rígida 68

Figura 2-15. Suspensión con SC/CAR 69

Figura 2-16. Mando mecánico del corrector de balanceo 71

Figura 2-17. Eje del corrector 71

Figura 2-18. Mando mecánico del corrector de balanceo 72

Figura 2-19. Parte delantera con balanceo a la derecha 73

Figura 2-20. Parte trasera con balanceo a la derecha 74

Figura 2-21. Parte delantera con balanceo a la izquierda 75

Figura 2-22. Parte trasera con balanceo a la izquierda 76

Figura 2-23. Electroválvula de balanceo 79

Figura 2-24. Electroválvula de balanceo en posición de reposo 80

Figura 2-25. Electroválvula de balanceo en posición activada 81

Figura 2-26. Regulador de balanceo 82

Figura 2-27. Partes del regulador de balanceo en reposo 83

Figura 2-28. Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado elástico 84

Figura 2-29. Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado firme 85

Figura 2-30. Corrector de balanceo 86

Figura 2-31. Eje del corrector en posición de escape y admisión 87

Figura 2-32. Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección la izquierda 88

Figura 2-33. Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección a la derecha 89

Figura 2-34. Cilindro antitorsión activo delantero 90

Figura 2-35. Cilindro antitorsión activo trasero 90

Figura 3-1. Marcas de verificación del nivel de líquido hidráulico 109

Figura 3-2. Conjuntor-disyuntor 111

Figura 3-3. Tornillo de purga y bola de conjuntor-disyuntor 112

Figura 3-4. Mando de altura 112

Figura 3-5. Tornillo de purga del regulador SC/CAR 113

Figura 3-6. Bieletas 113

Figura 3-7. Tubo de alimentación del acumulador SC/CAR 114

Figura 3-8. Esferas y acumuladores de suspensión 115

Figura 3-9. Esfera roscada en un soporte de chapa 121

Figura 3-10. Esfera 121

Figura 3-11. Llave para esfera 4129-T 122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Características sobresalientes del amortiguador tubular de acción directa 12

Tabla 3-1. Mantenimiento normal de la suspensión 104

Tabla 3-2. Mantenimiento severo de la suspensión 105

Tabla 4-1. Costo de mantenimiento 124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 2- 1. Simulación en curva 77

Gráficos 2- 2. Umbrales de ángulo de volante (posición normal) 94

Gráficos 2- 3. Umbrales de velocidad de volante (posición normal) 95

Gráficos 2- 4. SC/CAR umbrales de velocidad de volante 97

Gráficos 2- 5. SC/CAR umbrales de velocidad del volante (posición normal) 98

Gráficos 2- 6. Umbrales acelerador (pedal pisado) (posición normal) 100

Gráficos 2- 7. Umbrales acelerador (pedal pisado) (posición normal) 100

INTRODUCCIÓN

Finalizada la primera guerra mundial en el año 1919, André Citroën decide fundar su propia empresa de una marca de automóviles. Su idea era tomar ejemplo de Henry Ford, y para ello se desplaza a Estados Unidos para estudiar la fabricación en cadena de la marca. André al estar en la empresa de Henry Ford tomo nota de los procesos empleados y los traslado a su taller de París. El primer modelo de esta marca se denomina tipo A y llega a las calles el mismo 1919.

Después de la guerra Francia no gozaba de buenas carreteras asfaltadas lo que generaba un problema e incomodidad al momento de conducir, la única forma de mantener la velocidad adecuada era haciendo que el vehículo fuera capaz de absorber las irregularidades de las calles y carreteras, fue entonces que la marca Citroën decide crear un modelo que lograra absorber dichas irregularidades y entonces se comenzó a diseñar la suspensión hidroneumática para ser implementada en un vehículo Citroën, primero se incorporo en la suspensión trasera del Traction Avant y después y de manera total, en el mítico Citroën DS de 1955.

La suspensión hidroneumática Citroën desde entonces ha logrado destacar por ser capaz de entregar un excelente confort y comportamiento en sus vehículos. Este sistema a diferencia de la suspensión convencional en donde el elemento elástico es un muelle o espiral fabricado con acero especial para muelles, en la suspensión hidroneumática se remplaza dicho muelle por gas nitrógeno almacenado en una esfera, siendo este gas el encargado de absorber las oscilaciones de la carrocería, producidas por las irregularidades del camino, esto se realiza mediante la variación de presión que genera un aceite sobre el gas nitrógeno.

Este tipo de suspensión logra conservar una altura constante entre el suelo y la carrocería sin importar la variación de carga a la que se pueda someter el vehículo. Y además si el conductor lo desea también puede cambiar esta altura constante, por ejemplo en el vehículo GS donde el conductor puede escoger entre tres posiciones, la posición ruta, posición intermedia y la posición alta. Estas posiciones se logran obtener variando la

cantidad de aceite, haciendo que entre o salga, más o menos cantidad de aceite al interior de la cámara del cilindro el cual esta comunicado con la esfera de suspensión.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la suspensión hidractiva utilizada por la marca Citroën en su modelo Xantia, su funcionamiento en distintas condiciones y su mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar el funcionamiento de la suspensión hidroneumática en el citroën Xantia activa.
- Explicar la operatividad de la suspensión hidractiva tanto en línea recta como en curvas, con balanceo y sin balanceo.
- Explicar el mantenimiento recomendado a esta suspensión.

CAPITULO 1: TIPOS DE SUSPENSIÓN

1. TIPOS DE SUSPENSIÓN

1.1. SUSPENSIÓN

La suspensión en el común de los vehículos está constituida por los neumáticos, las ballestas o resortes y los amortiguadores.

Los neumáticos absorben las pequeñas asperezas del terreno de hasta dos o tres centímetros de desnivel, cuando las desigualdades del camino son superiores se deforman las ballestas (situadas entre el bastidor y los ejes) permitiendo que las ruedas suban o bajen con relación al bastidor, que recibe así las menores sacudidas posibles. Por último, los amortiguadores reducen la amplitud y numero de las oscilaciones de las ballestas, obligándolas a recobrar prontamente su posición normal.

Las funciones esenciales de una suspensión de automóvil consisten en:

- Permitir que las ruedas sigan el relieve del suelo sin transmitir esfuerzos excesivos hacia la carrocería.
- Mantener el contacto de las ruedas con el suelo.
- Reducir al máximo los movimientos impuestos al habitáculo y de forma general, a la parte suspendida del vehículo.

Esto se consigue parcialmente gracias a la acción en conjunto de los muelles y los amortiguadores.

Observación: Masas suspendidas y masas no suspendidas del vehículo.

Las ruedas, ejes y suspensión constituyen las masas no suspendidas. Y los elementos que se encuentran por encima del muelle constituyen las masas suspendidas.

Para absorber o reducir las vibraciones y golpes provocados por las desigualdades de la superficie sobre las que se desplaza el vehículo, es necesario interponer un elemento elástico entre ruedas y carrocería.

Para que la suspensión absorba debidamente estos golpes, es necesario que el muelle este dotado de gran flexibilidad. Pero, las desigualdades del suelo tienden a hacer saltar las ruedas sobre la calzada a la vez que provocan oscilaciones del vehículo (perjudiciales para la estabilidad en carretera).

La amplitud de estos movimientos es tanto mayor cuanto mayor es la flexibilidad. Es importante, por tanto, frenar dichos movimientos. Esta es la misión del amortiguador: eliminar las oscilaciones de la carrocería y, a la vez, mantener las ruedas en contacto con el suelo.

El binomio muelle-amortiguador constituye el elemento básico de una suspensión. Sus características determinan la calidad de la misma.

El primer parámetro que ha de considerarse para definir una determinada suspensión es la frecuencia propia de los ejes. Esta noción viene definida a su vez por la firmeza del elemento estático (muelle gas), que une el eje con la carrocería y por la masa suspendida del vehículo.

El segundo parámetro a tener en cuenta es el nivel de amortiguación.

Para garantizar un buen confort, es necesaria una suspensión de gran flexibilidad y pequeño valor de amortiguación.

Para asegurar un comportamiento correcto en carretera, se requiere una menor flexibilidad y una gran amortiguación.

Hay varios sistemas para llevar a cabo la suspensión, pero nos vamos a centrar en los usados por la marca francesa de vehículos Citroën.

1.2. FUNCIÓN DE LA SUSPENSIÓN

Tiene como función mantener la carrocería lo mas horizontal posible, frente a las descompensaciones que puedan generar las fuerzas laterales, las de aceleración, las de

frenado y también frente a los movimientos que generan las irregularidades del terreno. (Hugo A.)

1.3. FINALIDADES DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

- Mantener las ruedas en contacto con el suelo.
- Absorber las vibraciones, y movimientos provocados por las ruedas en el desplazamiento del vehículo, para que estos golpes no sean transmitidos a los ocupantes del vehículo.
- Proporcionar a los pasajeros un adecuado nivel de confort.
- Ser parte de la seguridad activa del vehículo y proporcionar seguridad de marcha.
- Proteger la carga y las piezas del vehículo.

1.4. ELEMENTOS DE UNA SUSPENSIÓN

A continuación, de describen los dos elementos más importantes que componen el sistema de suspensión en la mayoría de los automóviles.

1.4.1. Elementos elásticos

Su misión es impedir que las oscilaciones del terreno lleguen a la carrocería en forma de golpes, mejorando el confort y la seguridad del vehículo al asegurar el contacto de las ruedas con el terreno, mejorando así la estabilidad y la capacidad para dirigir el vehículo.

Originalmente la mayoría de los automóviles y camionetas tenían muelles de hojas múltiples semi-elipticas como medio de suspensión. Sin embargo, ha habido una creciente tendencia hacia los muelles espirales, las barras de torsión y los muelles de una sola hoja para reducir la fricción en los sistemas de suspensión. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

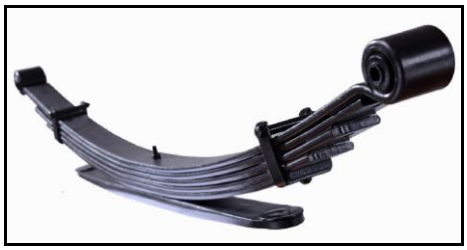


Figura 1-1. Muelles de hojas múltiples

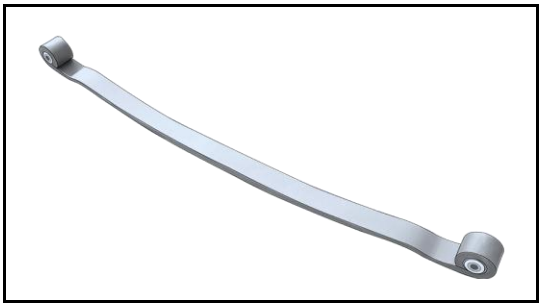


Figura 1-2. Muelle de una sola hoja

Figura 1-3. Muelle en espiral

Cada uno de estos tipos de muelles funcionan de la misma manera y tienen los mismos principios básicos de operación, que son:

Cuando se pone carga sobre un muelle o una suspensión, el número de libras requerido para flexionar el muelle una pulgada es como su régimen de flexión

Cuando un muelle o una suspensión son comprimidos, al soltarlos rápidamente y dejarlos vibrar libremente sin amortiguación, el número de oscilaciones que hace en un minuto, se conoce como el régimen de oscilación de frecuencia.

El régimen de deflexión y la frecuencia de oscilación de un muelle o suspensión van a la par, porque un muelle con un régimen bajo de deflexión también tendrá una frecuencia baja de oscilación y uno con alto régimen de deflexión tendrá una frecuencia alta de oscilación. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

1.4.2. Elemento de amortiguación

Los amortiguadores son una parte indispensable de los complejos sistemas de suspensión automotrices. De estos depende en gran parte las características de manejo,

estabilidad en el camino, seguridad y comodidad del vehículo moderno. Es sumamente importante que estos estén siempre en buenas condiciones de operación para que llenen sus requisitos normales de rendimiento y además para que provean ese margen adicional de control que es necesario para las maniobras de emergencia o cualquier situación especial. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

Los primeros amortiguadores, que se usaron con anterioridad a 1920, eran del llamado tipo cinta de fricción. Estos dispositivos no eran ni muy duraderos ni muy satisfactorios en su rendimiento. Sin embargo sirvieron para señalar la necesidad de buscar otros dispositivos de amortiguación que fueran más eficientes y confiables. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

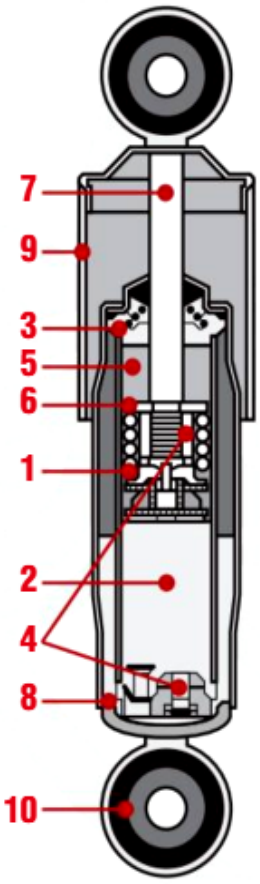
Los amortiguadores hidráulicos fueron la respuesta para llenar esa necesidad y surgieron en la década que comenzó en 1920. Los primeros amortiguadores hidráulicos eran de una sola acción, es decir, que trabajaban en una sola dirección generalmente de extensión y se les conoció como de leva y brazo o de palanca. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

Estaban hechos de un pesado cuerpo de hierro fundido conteniendo un pistón accionado por una leva que operaba dentro de un cilindro vertical. El cuerpo de esta unidad quedaba sujeto con pernos al bastidor del vehículo y la leva era accionada por una palanca o brazo horizontal conectado al eje por un cinturón o correa de algodón. Estas primeras unidades demostraron el valor del principio en que se basa el amortiguador hidráulico y pronto condujeron al desarrollo de diseños más complejos, con movimientos en dos sentidos o control de doble efecto, para mejorar el comportamiento del vehículo. Este tipo de amortiguadores fue introducido a principio de la década de los treinta. Estos últimos modelos eran también del tipo de leva y brazo o palanca. Se siguió utilizando la caja de hierro fundido pero ahora con dos pistones accionados por sendas levas que operaban en un cilindro horizontal a diferencia del vertical de los primeros modelos. El cuerpo de la unidad también se fijaba con pernos y la leva siguió operándose por una palanca horizontal, pero en el extremo de esa palanca estaba conectado al eje por un eslabón, para que pudiera ejercerse control en ambos sentidos. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

El amortiguador tubular de acción directa o tipo telescopio, vino a aparecer a mediados de la década de los treinta. Se llama de acción directa porque está montado como una conexión directa entre el bastidor del vehículo y el eje de la rueda. A través de los años, este tipo de amortiguador ha demostrado ser de un diseño sumamente eficiente y económico y en la actualidad es usado casi universalmente por los fabricantes de automóviles. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

Tabla 1-1. Características sobresalientes del amortiguador tubular de acción directa

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES



	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	BENEFICIOS
1	Anillo sello del pistón	*Mayor uniformidad de control. Impide la fuga de liquido por el pistón. *Reduce la presión de trabajo en ciertos niveles de resistencia.	*Funcionamiento uniforme en condiciones severas. *Menor fricción. *Menos espuma
2	Fluido termo - estable	*Control uniforme a temperaturas extremas. *Menor variación de la viscosidad.	*Funcionamiento uniforme, un viaje cómodo en cualquier clima.
3	Sello multi-labio para vástago del pistón, bajo presión del resorte.	*Mantiene el fluido e impide la entrada de impurezas. *Compensa el desgaste.	*Prolonga la vida del amortiguador.
4	Válvulas accionadas por discos.	*Control constante y uniforme. *Previene la fatiga metálica.	*Funcionamiento uniforme. *Prolónga la vida del amortiguador.
5	Cilindros finamente acabados.	*Reduce la fricción entre pistón y cilindro. *Mejora la uniformidad de control.	*Funcionamiento más uniforme. *Prolónga la vida del amortiguador.
6	Tope de rebote hidráulico (Algunos)	*Cojín de fluido, impide choque superior en la carrera de extensión.	*Impide contacto metal con metal así como el amortiguador o vehículo. *Trabajo silencioso.
7	Eje del pistón endurecido y cromado	*Reduce al mínimo la fricción del vástago con el área de sellado. *Alta resistencia a la corrosión y el impacto. *Evita la corrosión.	*Prolonga la vida del amortiguador.
8	Tubo de intermedio o reserva	*Alta resistencia a impactos. Variada capacidad de aceite. *Mayor disipación de la temperatura.	*Mayor seguridad y control en cualquier situación de trabajo. *Prolonga la vida del amortiguador.
9	Tubo guardapolvo	*Evita la entrada de impurezas al área de sellado.	*Evita daños prematuros.
10	Terminales	*Altamente resistentes. *Reforzados con soldadura en arco.	*Altamente resistentes en condiciones severas.

El amortiguador es básicamente como la palabra lo indica, un mecanismo hidráulico que sirve para reducir las vibraciones de los muelles no soporta peso no retorna a su posición original después que se ha movido, porque esto solamente puede hacerlo un amortiguador. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

El peso de la carrocería del vehículo esta siempre suspendida en los muelles, razón por la cual siempre están cargados de energía, y los amortiguadores se usan para controlar los movimientos de esos muelles cuando son flexionados por las sacudidas y estas originan vibraciones en los mismos. Por tanto los amortiguadores, controlan los movimientos de los muelles en ambos sentidos, es decir, tanto cuando el muelle es comprimido como cuando se extiende. La mayoría de los amortiguadores ofrecen más resistencia en sus movimientos de extensión que en los de compresión, pero ocasionalmente pueden ofrecer la misma resistencia en ambos sentidos y para algunas aplicaciones especiales en que se requiera más control para la comprensión que para la extensión. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

La cantidad de resistencia que se necesite en cada sentido, es determinada por el tipo de vehículo, el tipo de suspensión, la ubicación del amortiguador en ese sistema y la posición en que deba ser montado. Los amortiguadores controlan las vibraciones de la suspensión absorbiendo la energía acumulada en el muelle cuando este es comprimido, convirtiendo entonces en calor esa energía. Esto reduce la reacción del muelle y le permite volver a su posición original lentamente y sin un movimiento rápido o violento. El amortiguador disipa el calor de la energía convertida, en el aire que pasa a su alrededor. Esta es la razón por la que un sistema de suspensión sin amortiguadores, o con amortiguadores muy desgastados o e mala calidad, vibrara mucho después de haber sido excitado por una sacudida. Un sistema de suspensión con el control adecuado de amortiguación dejara de vibrar después de una o dos oscilaciones cuando ha sido por una sacudida. Es más, estas oscilaciones serán de menor longitud o amplitud. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

Los amortiguadores también ejercen un control similar sobre los movimientos de balanceo, ladeo o cualquier cambio en la posición del peso de la carrocería al tomar curvas, arrancar o parar. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

Los amortiguadores desarrollan control o resistencia con el paso forzado de aceite hidráulico a través de pasajes restringidos y debido a que los requisitos son diferentes para cada una de las muchas condiciones sobre las que el amortiguador debe ejercer control, las características de resistencia son usualmente diferentes para cada condición y cada vehículo. Estas también tienen que ser establecidas para que correspondan con la eficiencia mecánica del montaje y los requisitos del tipo de sistemas de suspensión de que se trate. (Gabriel Colombia S.A., 2014)

1.5. INCLINACIONES DE LAS RUEDAS DE UN VEHÍCULO

1.5.1. Camber

Conocido también por ángulo de inclinación o caída de las ruedas, es la inclinación de la parte superior de las ruedas hacia adentro o hacia afuera donde su convergencia será hacia arriba o hacia abajo, y se mide por grados de su ángulo. Al ángulo de camber se le asigna un signo que puede ser positivo o negativo. Será negativo cuando las ruedas convergen hacia arriba y será positivo cuando las ruedas convergen hacia abajo. (Motorgiga). Esto se muestra gráficamente en las imágenes inferiores.

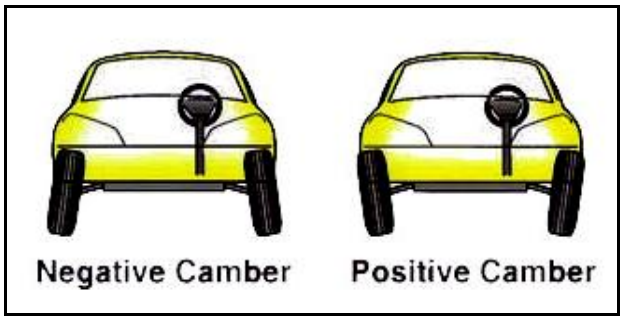


Figura 1-4. Camber

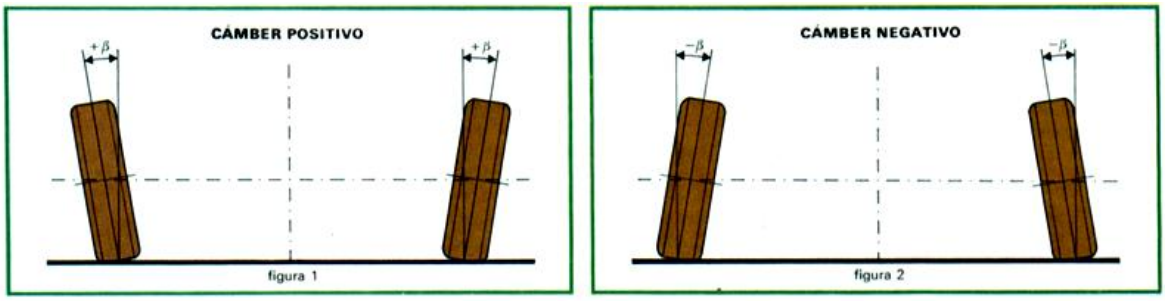


Figura 1-5. Ángulo del camber

1.5.2. Convergencia o divergencia

También le llaman “toe in”, es la diferencia en la distancia entre el frente y la parte trasera de las ruedas delanteras esto lo determina el ángulo que se forma entre la línea imaginaria que recorre al neumático longitudinalmente con la línea imaginaria del eje longitudinal del vehículo, esto se puede apreciar claramente al mirar desde arriba el esquema de un vehículo cuando está en reposo y con las ruedas en dirección de línea recta hacia el frente del vehículo. (Motorpasión)

Cuando la distancia entre el frente de las ruedas es menor que en la parte trasera de las mismas ruedas, las ruedas tienen convergencia. Cuando ocurre lo contrario las ruedas tienen divergencia.

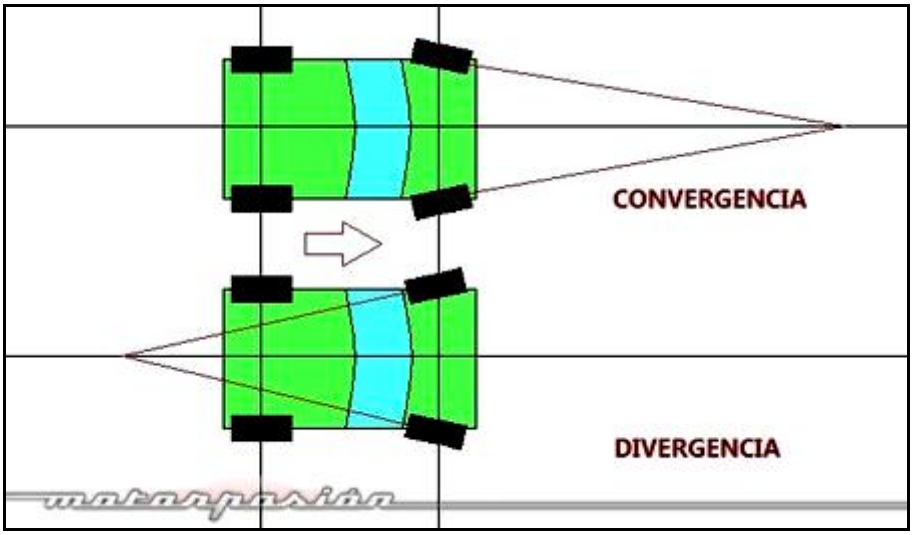


Figura 1-6. Convergencia

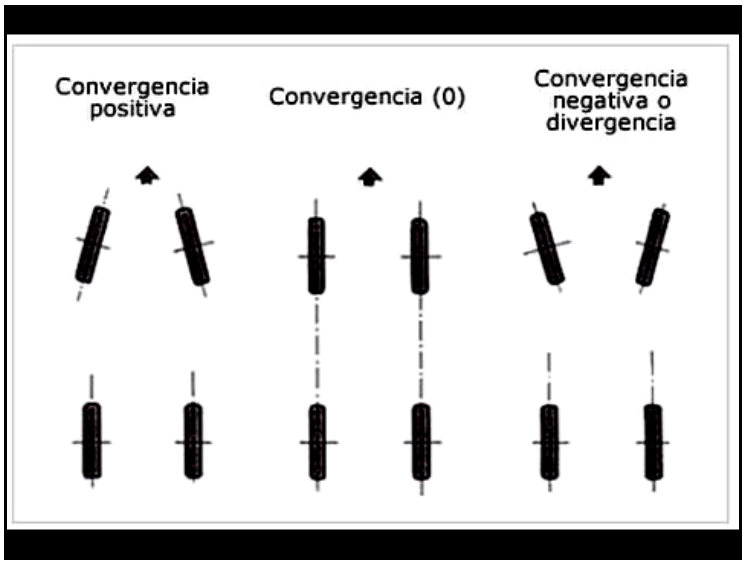


Figura 1-7. Convergencia

1.5.3. Caster

Es el ángulo que forman, en el plano longitudinal, la vertical y el eje de los pivotes de las ruedas delanteras, es decir, es la inclinación hacia adelante o hacia atrás de la parte superior de los pivotes de las ruedas delanteras. (Motorgiga). Es el encargado de hacer que la dirección tienda a volver a su sitio cuando realizamos un giro de las ruedas por ejemplo en una curva. Si la parte superior del pivote esta inclinada hacia atrás, se le llama inclinación positiva y si esta inclinada hacia adelante se le llama inclinación negativa.

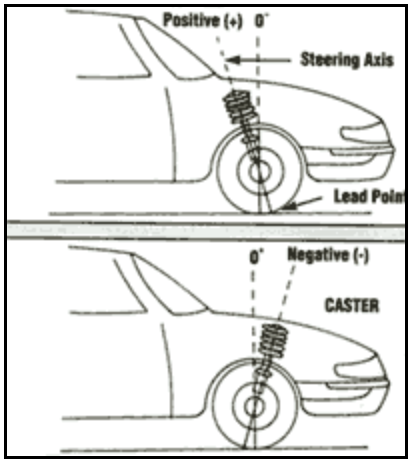


Figura 1-8. Caster

1.6. TIPOS DE SUSPENSIÓN

1.6.1. Suspensión rígida

Se llama suspensión rígida a aquella que tiene como elemento de unión entre las ruedas un mismo eje, un elemento rígido (barra). También es denominado sistema dependiente, una rueda transmite todo el movimiento a la otra. En la figura inferior se observa un sistema rígido, y se evidencia como al elevarse una rueda, la inclinación de esta, se transmite al eje y a su vez a la otra rueda. Debido a que el bastidor va fijado a los ejes, la inclinación del suelo afecta a todo el vehículo.

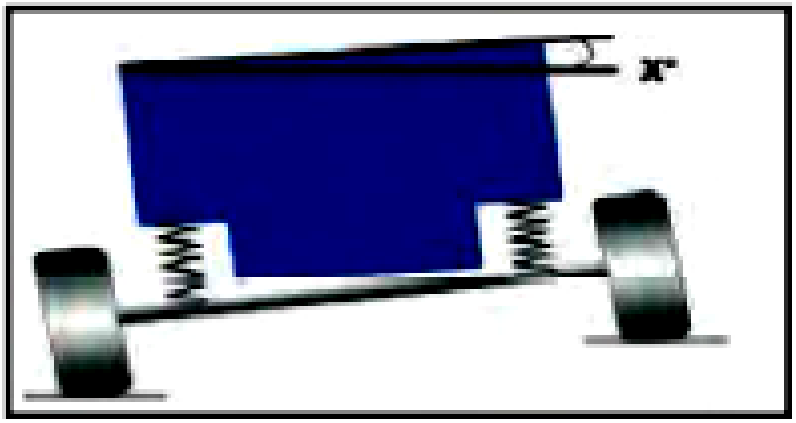


Figura 1-9. Suspensión Rígida

Ventajas: menor costo de diseño y fabricación, no produce variaciones significativas en los parámetros de la rueda, y sobre todo destaca su sencillez. Se trata de una buena suspensión para soportar grandes cargas, debido a su rigidez y esto hace que sea común en ejes traseros de todoterrenos y camiones de bajo y gran tonelaje.

Inconvenientes: cabe destacar, que al encontrarse unidas las ruedas, las vibraciones producidas por la acción de las irregularidades del pavimento, se transmiten de un lado al otro del eje, el peso de las masas no suspendidas aumenta notablemente debido al peso del eje rígido y al peso del grupo cónico diferencial en los vehículos de tracción trasera. Esto hace que sean incomodas en la conducción y que sean menos seguras.

1.6.2. Suspensión semirrígida

Se diferencia de las rígidas en que transmiten de forma parcial las irregularidades del terreno. En cualquier caso aunque la suspensión no es totalmente rígida, tampoco es independiente.

Una suspensión de este tipo, es la llamada suspensión con eje de Dion, en ella las ruedas van sujetas mediante soportes articulados al grupo diferencial. De esta manera se transmite el giro a las ruedas a través de dos semiejes, y a su vez las ruedas van unidas entre sí mediante el tubo de Dion.

Ventajas: frente al rígido, disminuye la masa no suspendida, manteniendo los parámetros de la rueda prácticamente constantes.

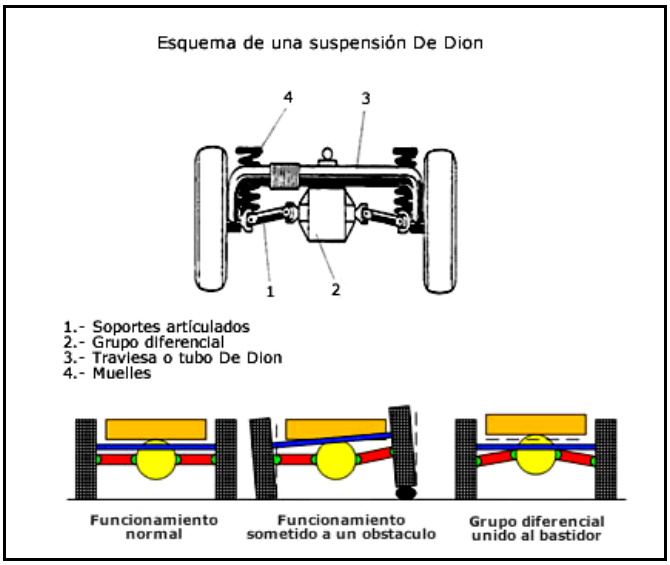


Figura 1-10. Suspensión semirrígida con eje de Dion

El eje torsional es otro tipo de suspensión semirrígida utilizada en las suspensiones traseras, en vehículos que tienen tracción delantera, tiene forma de U, por lo que es capaz de deformarse elásticamente un cierto ángulo cuando una de las ruedas encuentra un obstáculo.

Este sistema mediante la torsión del puente permite, una recuperación parcial del ángulo de caída de alto efecto de estabilización, características que junto al bajo peso, bajo coste y poco espacio que ocupan la hacen ideal para instalarla junto con otros componentes.

1.6.3. Suspensión independiente

Actualmente este tipo de suspensión se utiliza debido a que es óptima desde el punto de vista del confort y la estabilidad al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por el pavimento. En la configuración de eje independiente las ruedas están conectadas al cuerpo del vehículo mediante un sistema articulado que permite desplazarse verticalmente sin afectar a la rueda opuesta.

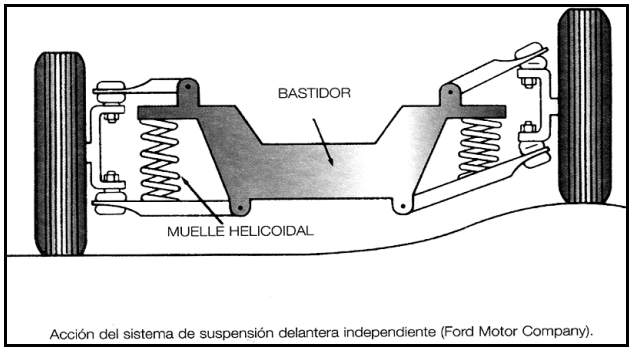


Figura 1-11. Suspensión independiente

El diseño de este tipo de suspensión garantiza que las variaciones de caída y ancho de ruedas sean pequeños para conseguir una dirección segura del vehículo. Las suspensiones independientes tienen la desventaja de tener un mayor costo, presentar una mayor complejidad del sistema y para cargas elevadas esta suspensión puede presentar problemas.

1.6.4. Suspensión de eje oscilante

La peculiaridad de la suspensión mediante eje oscilante, se encuentra en que el elemento de rodadura y el semieje son solidarios (salvo el giro de la rueda), de forma que el conjunto oscila alrededor de una articulación próxima al plano medio longitudinal del vehículo. Este tipo de suspensión no se puede usar como eje directriz puesto que en el movimiento oscilatorio de los semiejes altera notablemente la caída de las ruedas en las curvas.

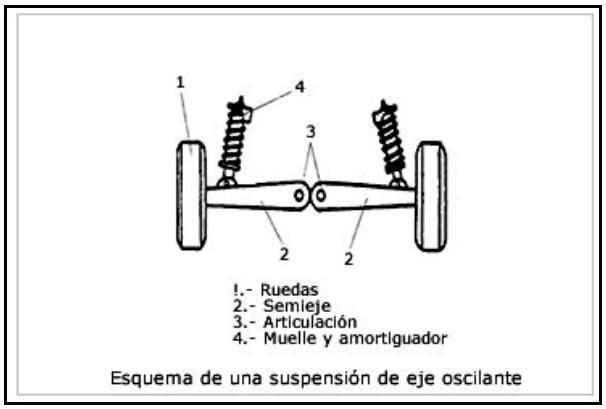


Figura 1-12. Suspensión de eje oscilante

1.6.5. Suspensión de brazos tirados o arrastrados

Realiza la unión de la rueda y el bastidor mediante una articulación por delante del eje, mediante un brazo que en su parte anterior está unido al bastidor y en la posterior, a la rueda. En cualquier caso, las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos longitudinales que pivotan en el anclaje de la carrocería.

El elemento unión puede ser más complejo que un brazo, bien un triangulo (dos puntos de unión al bastidor en lugar de uno) o bien varios brazos independientes. También puede haber diferencias en el sistema elástico utilizado.

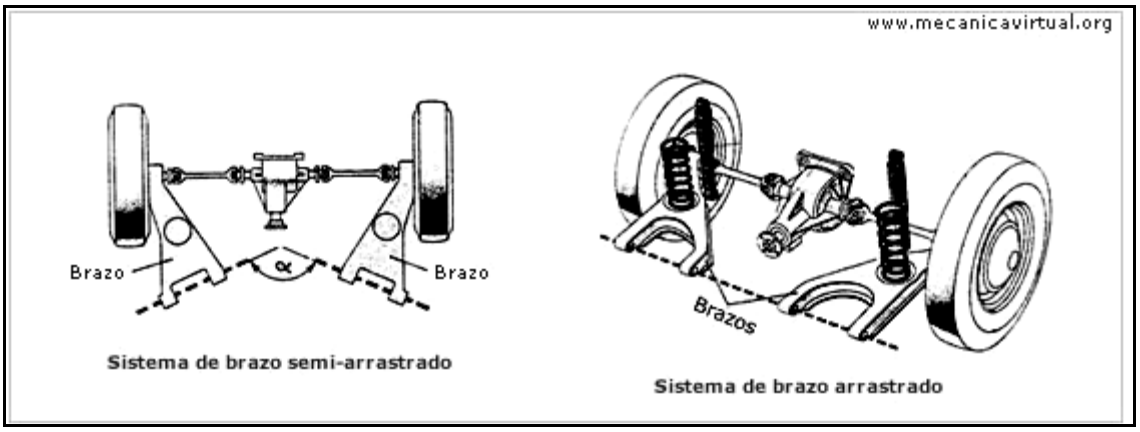


Figura 1-13. Sistema de brazos arrastrados y semi-arrastrados

Las ilustraciones dentro de la imagen anterior, tienen como ventaja que no precisan estabilizadores longitudinales debido a la componente longitudinal que tiene el propio brazo o soporte.

1.6.6. Suspensión de brazo largo o brazo corto

Tiene en cada rueda un brazo de control superior y un brazo de control inferior. Los brazos están fijos al chasis en el extremo interior del brazo mediante bujes que permiten el movimiento vertical de los extremos exteriores de los brazos.

Brazos están fijos, mediante rotulas a una articulación de la dirección. Las rótulas permiten que la punta del eje de la rueda se mueva hacia arriba o hacia abajo, así como girar a la izquierda como a la derecha. La desigualdad de longitud de los brazos hace que en la parte superior de la rueda se mueva hacia dentro y hacia afuera con el movimiento de suspensión, impidiendo que la llanta resbale o ruede lateralmente en la parte inferior, donde está en contacto con la superficie del camino.

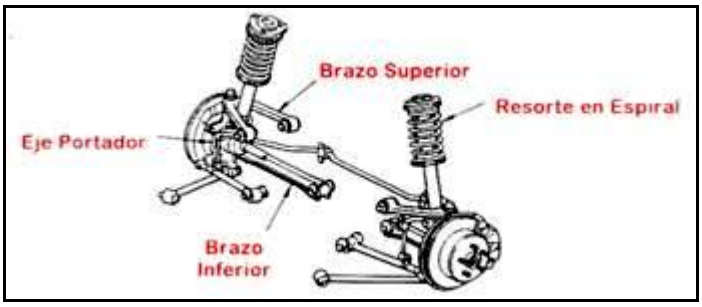


Figura 1-14. Suspensión de brazo largo o brazo corto

1.6.7. Suspensión de doble viga en I

Es una forma de suspensión semi-independiente. Son utilizadas dos vigas en I, para cada una de las ruedas, la cual está fijada a un lado del chasis y se extiende hasta la punta del eje y a la rueda de otro costado.

El extremo de la rueda de la viga en I se mueve hacia arriba y hacia abajo y gira en el otro extremo. Este tipo de suspensión es utilizado en camionetas livianas. En automóviles de tracción delantera, la función de la doble viga en I se consigue en la parte delantera mediante dos vigas de acero, una de las cuales posee el diferencial.

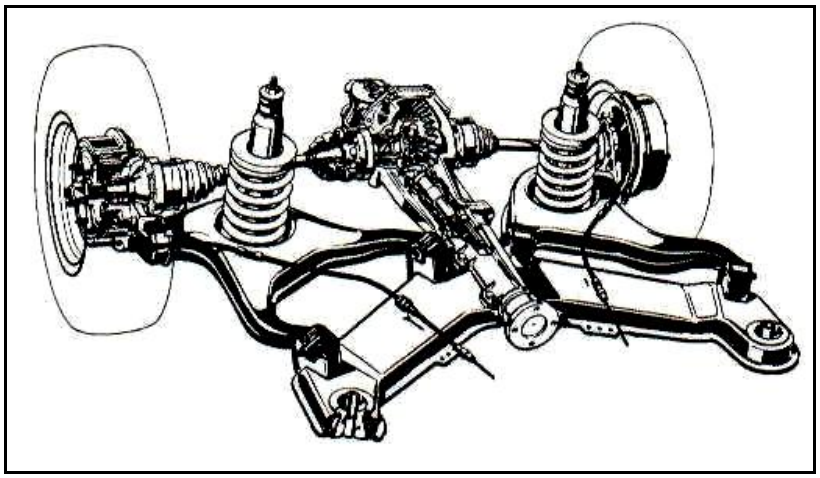


Figura 1-15. Suspensión de doble viga en I

1.6.8. Suspensión McPherson

Es un tipo de suspensión utilizada en los automóviles modernos, toma su nombre de Earl S. McPherson, un ingeniero que la desarrolló para su uso en el año 1951, con el modelo Ford Consul y después en el Zephyr. (Academic, 2012)

1.6.8.1. Características de la suspensión McPherson

La suspensión McPherson es el sistema más compacto y liviano, puede utilizarse en el eje delantero como en el eje trasero. Actualmente es el sistema de suspensión más utilizado en el eje delantero de los automóviles, permite un menor consumo de gasolina y un menor número de componentes en el sistema logrando así ahorro de espacio del motor. Por último, permite un sistema de tracción delantera más sencillo. (Daniel M. 2011)

Esta suspensión en el eje delantero ofrece un punto de apoyo a la dirección, además de actuar como eje de giro de la rueda. (Actualidad Motor, 2012)

Con esta suspensión es imprescindible que la carrocería sea más resistente en los puntos donde se fijan los amortiguadores y muelles, con el objetivo de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión. (Aficionados a la mecánica)

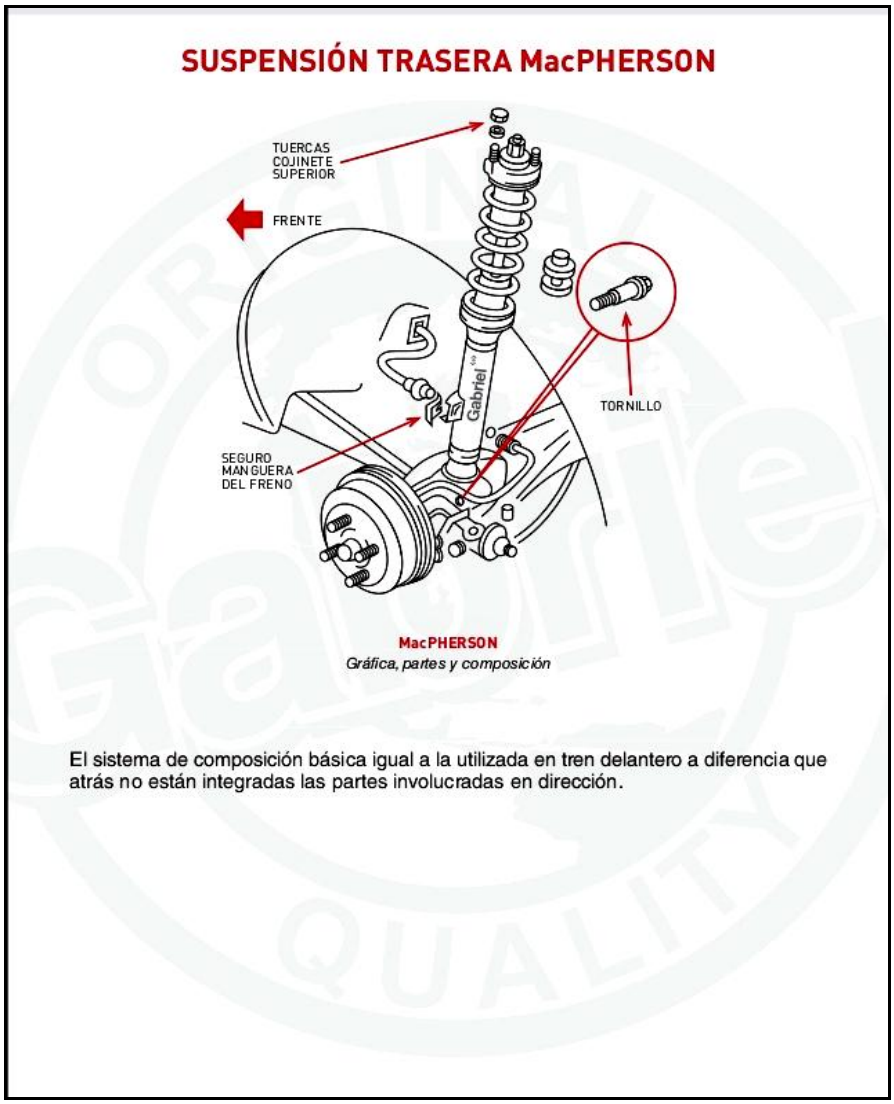


Figura 1-16. Suspensión McPherson eje trasero

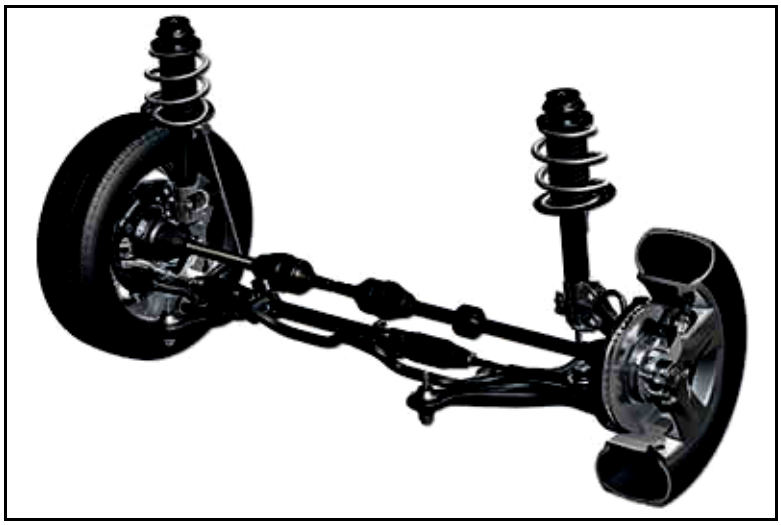


Figura 1-17. Suspensión McPherson

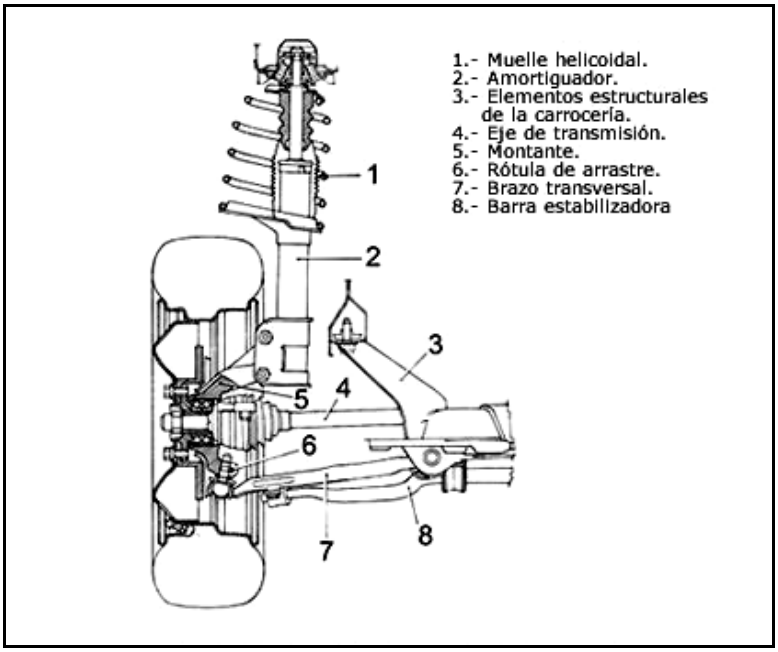


Figura 1-18. Esquema de suspensión McPherson

Como elementos de unión entre rueda y bastidor, la suspensión McPherson necesita además del amortiguador, articulaciones en la parte inferior del buje. La versión original tenía un brazo transversal y la barra estabilizadora en función de tirante longitudinal. En versiones posteriores se reemplaza la estabilizadora por otro brazo, o ambos brazos por un triangulo. En ruedas que no son motrices hay versiones de la suspensión McPherson con dos brazos transversales y uno oblicuo o longitudinal. (Manual unidad formativa, 2017)

1.6.8.2. Ubicación de piezas de la suspensión McPherson y elementos que trabajan en conjunto con la suspensión

La figura inferior muestra un modelo detallado de una suspensión McPherson con brazo inferior y barra estabilizadora.

La mangueta (1) de la rueda va unida al cubo (2) permitiendo el giro de este mediante un rodamiento (3). A su vez la mangueta va unida al bastidor a través de dos elementos característicos de toda suspensión McPherson:

- El brazo inferior (4) que va unido a la mangueta (1) mediante una unión elástica (A) (rotula) y unido al bastidor mediante un casquillo (B).
- El conjunto muelle helicoidal-amortiguador. El amortiguador (5) va anclado de forma fija a la parte superior de la mangueta (1) y el muelle (6) es concéntrico al amortiguador y está sujeto mediante dos copelas superior (C) e inferior (D). El amortiguador está unido al bastidor por su parte superior mediante un cojinete de agujas (7) y una placa de fijación (8). En las ruedas delanteras se hace necesaria la existencia de este cojinete axial ya que el amortiguador al ser solidario a la mangueta gira con esta al actuar la dirección. (Aficionados a la Mecánica)

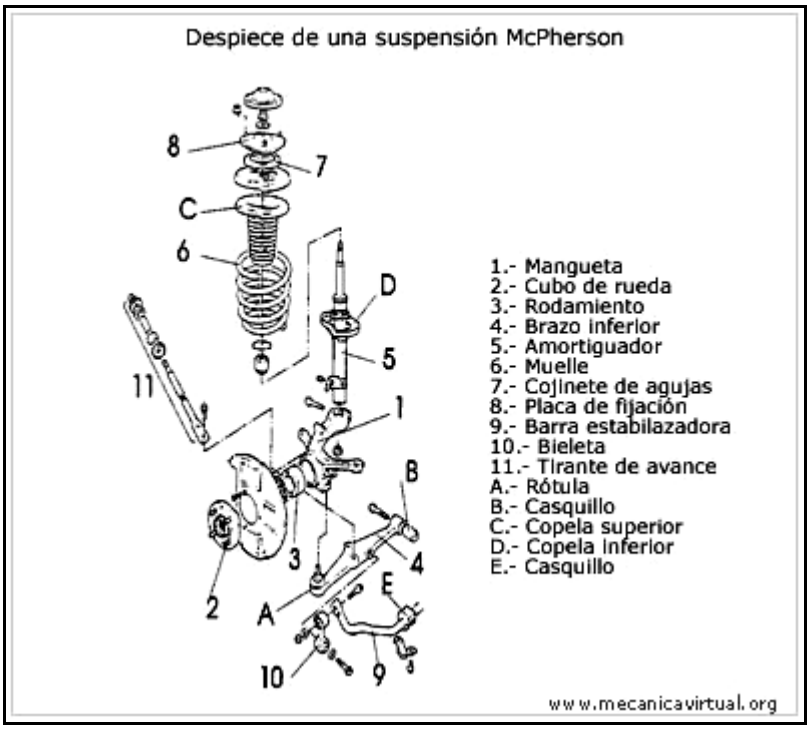


Figura 1-19. Despiece de suspensión McPherson

1.6.8.3. Funcionamiento de la suspensión McPherson

La suspensión tipo McPherson forma un mecanismo de tipo triangulo articulado formado por el brazo inferior (4), el conjunto muelle-amortiguador y el propio chasis. El lado del triangulo que corresponde al muelle-amortiguador es de compresión libre por lo que solo tiene un único grado de libertad: la tracción o compresión de los elementos elásticos y amortiguador. Al transmitirse a través del muelle-amortiguador todos los esfuerzos al chasis es necesario un dimensionado más rígido de la carrocería en la zona de apoyo de la placa de fijación (8). (Aficionados a la Mecánica)

Como elementos complementarios a esta suspensión se encuentra la barra estabilizadora (9) unida al brazo inferior (4) mediante una bieleta (10) y al bastidor mediante un casquillo (E), y en este caso un tirante de avance (11). (Aficionados a la Mecánica)

El funcionamiento de la suspensión McPherson depende en gran medida de la calidad del amortiguador. Al ser un tubo telescópico sujeto a esfuerzos transversales a su eje, sus dimensiones y el acabado de superficie son determinantes para que, por ejemplo los tubos no se acuñen, lo que hace que una suspensión sea seca incluso con un amortiguador de ajuste blando. A igualdad de calidad, un amortiguador para una suspensión McPherson suele ser más caro que uno para otro tipo de suspensión. (Km77, 2006)

1.6.8.4. Ventajas de la suspensión McPherson

Las principales ventajas de esta suspensión son su economía de fabricación y muy compacta y sencilla dejando bastante espacio libre sobre el eje, esto la hace muy adecuada para montar motores transversales. Además al ser compacta el vehículo tiene una menor masa suspendida y un gran apoyo en el suelo. (Ecured)

1.6.8.5. Desventajas de la suspensión McPherson

Este sistema debido a su diseño, la rueda no se puede mover de forma vertical, modificándose varios grados el ángulo vertical (camber) durante el movimiento. Además transmite el movimiento directamente del asfalto hacia el chasis, lo cual produce ruidos y vibraciones en el interior del vehículo. (Ecured)

Sin embargo la suspensión McPherson tiene una gran proyección en el mercado actual ya que el 87,5% de los autos tienen esta suspensión. (SlideShare, 2017)

1.6.9. Suspensión hidroneumática

La característica particular de esta suspensión es la sustitución de los muelles mecánicos tradicionales por dos fluidos: un líquido (aceite mineral) y un gas (nitrógeno).

Los gases y los líquidos se rigen respectivamente por las siguientes leyes:

Teorema de pascal: Los líquidos en reposo transmiten íntegramente y en todos sus puntos, las variaciones de presión que sufren.

Ley de Mariotte: para una determinada masa de gas, a temperatura constante, el producto de la presión por el volumen es una constante: **P·V = K**.

Ecuación de Laplace: en dinámica, cuando la temperatura del gas varía, la relación se convierte en **P·V = constante** (es un coeficiente igual a 1.4 para el nitrógeno).

En una suspensión hidroneumática, el gas constituye el elemento elástico; su presión varía con la carga. Por otra parte, el líquido, no comprimible, asegura la unión entre los órganos mecánicos (elementos móviles de los ejes) y el gas. Cada una de las ruedas (todas ellas independientes) va montada en un brazo oscilante 1, al que se une el pistón 2 por medio de un vástago, de manera que pueda deslizarse hacia arriba y abajo en el interior del cilindro 3, que por su parte superior termina en una esfera metálica 4 dividida por una membrana, por encima de la cual hay gas nitrógeno comprimido y por debajo, un líquido viscoso, generalmente aceite especial, que también llena el cilindro, que está separado de la cámara inferior de la esfera por una pared, en la que van practicados varios taladros calibrados o se disponen unas válvulas.

La masa del gas contenido en la esfera no varía, la flexibilidad del muelle neumático, que es la misión del gas, es proporcional a su presión y a su volumen según la ley: **P·V=K**.

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.

La amortiguación se obtiene mediante el paso del líquido laminar a través de unos orificios calibrados, más o menos obturados (en función de la presión del líquido) por unas válvulas. El efecto de frenado así obtenido en el desplazamiento del líquido es tanto más fuerte cuanto más brusco es el movimiento de la rueda que lo provoca. El amortiguador está situado entre el cilindro y la esfera.

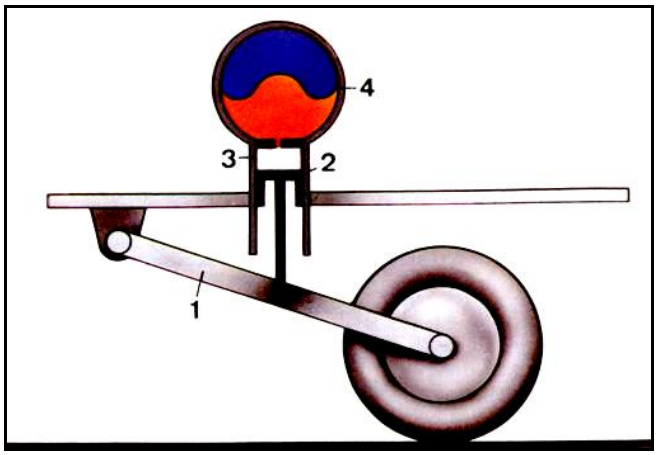


Figura 1-20. Elementos básicos de la suspensión hidroneumática

En ausencia de solicitaciones, el gas y el líquido están sometidos en ambos lados de la membrana a una presión idéntica, que está determinada por los pesos soportados.

Cuando la rueda sube por encontrar un obstáculo, también lo hace con ella el pistón, que empuja el líquido del interior del cilindro, haciéndolo pasar por las válvulas a la cámara inferior de la esfera, donde se aplica contra la membrana, comprimiendo aún más el gas encerrado en la parte superior. Al bajar la rueda, lo hace con ella el pistón, por lo cual cesa la presión del líquido sobre la membrana, que por la acción del gas encerrado en la parte superior vuelve a su posición de reposo, devolviendo el líquido de la cámara inferior al cilindro, a través de las válvulas. De esta manera, el gas encerrado en la parte superior de la membrana hace las veces de elemento de suspensión, pues se opone en todo momento a la subida del pistón.

Las válvulas de paso actúan de amortiguador, puesto que representan una cierta dificultad al paso del líquido en los dos sentidos. La altura de la carrocería puede corregirse en cualquier momento, haciendo entrar o salir cierta cantidad de líquido del interior del cilindro con un acumulador, en el que se almacena líquido a una determinada presión que manda una bomba y cuyo límite se mantiene por una válvula de descarga. Mediante el regulador puede ponerse también en comunicación el cilindro con el depósito de líquido para descargar parte de él.

1.6.9.1. Distribuidor y regulador de presión

Los distribuidores y reguladores de presión forman parte integral de bastantes órganos hidráulicos. Es por tanto indispensable conocer su principio de funcionamiento para la buena comprensión de la marcha de estos órganos.

1.6.9.2. Distribuidor de presión

Un distribuidor de presión es un grifo que permite la alimentación o el escape de líquido a presión de uno o varios circuitos de “utilización”.

Un distribuidor puede eventualmente aislar el o los circuitos de utilización de los circuitos “admisión” y “escape”.

El distribuidor de presión se compone esencialmente de un eje deslizante en una camisa. Únicamente las posiciones de este último determinan las condiciones de funcionamiento del o de los circuitos de “utilización”.

Un ejemplo de distribuidor de presión, lo tenemos en los correctores de altura, cuyo funcionamiento lo veremos más adelante.

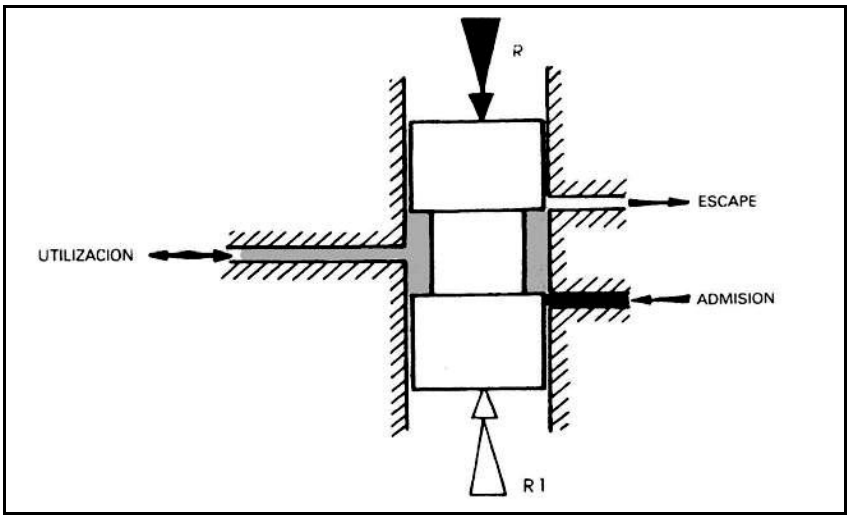


Figura 1-21. Esquema de un distribuidor de presión

Descripción – funcionamiento.

Un eje de doble grueso se desliza en una camisa perforada por 3 orificios. En la posición reposo, el eje obtura los orificios “escape” y “admisión”. El orificio de “utilización” está constantemente descubierto.

Puesta en presión: Por el menor esfuerzo **R**, aplicado al eje y susceptible de hacer desplazar este último, el orificio “admisión” se descubre. La utilización está en comunicación con la admisión. La presión reinante en el circuito de admisión se pasa íntegramente al circuito de utilización cualquiera que sea el valor del esfuerzo **R**.

Puesta en escape: Para todo esfuerzo **R1** (opuesto a **R**) aplicado al eje y susceptible de hacerle desplazarse, el orificio “escape se descubre”. El líquido a presión contenido en la utilización se vierte al depósito.

Observación: Los esfuerzos **R** y **R1** están ligados al funcionamiento de este distribuidor únicamente por el hecho de la presencia de un dash-pot (paso reducido de líquido) en el interior del corrector de altura.

No obstante, el funcionamiento correcto de ciertos órganos hidráulicos no puede ser obtenido nada más que utilizando una presión inferior a la suministrada por la fuente de presión.

Es necesario en ciertos casos poder disponer:

- De una presión variable pero controlable (caso de la dirección de los frenos, etc.).
- De una presión constante pero relativamente débil (caso de la dirección).
- El simple distribuidor no puede cumplir estas condiciones.
- El regulador de presión hace posible la alimentación de estos diferentes órganos.

1.6.9.3. Regulador de presión

Descripción:

El esquema inferior presenta los diferentes elementos que constituyen el regulador de presión.

El esfuerzo **R** aplicado sobre el eje distribuidor puede ser el tarado de un muelle, la diferencia de tarado de varios muelles, etc.

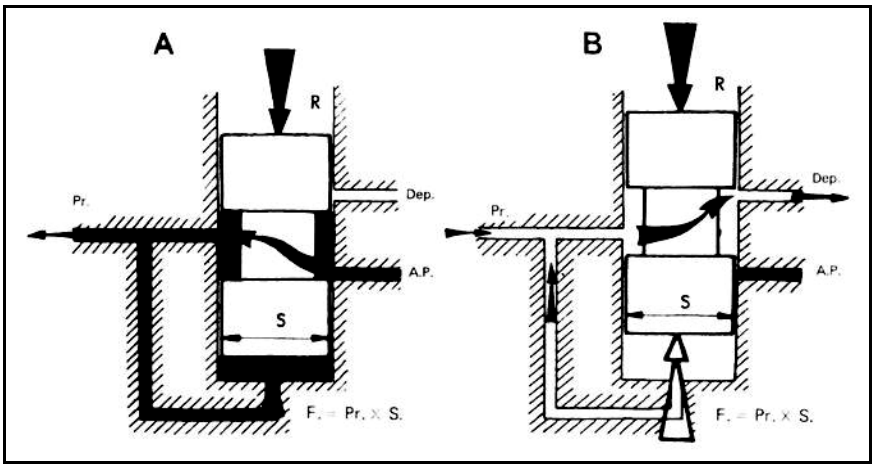


Figura 1-22. Esquema de un regulador de presión

Funcionamiento.

Puesta en presión: Para poner el regulador en acción, es necesario poner en comunicación la utilización con el circuito de alta presión. Esto puede ser:

- Automático: en reposo, la utilización está comunicada con el circuito de alimentación.
- Mandado manualmente: en reposo, la posición del eje regulador es indiferente.

La presión crece en el circuito de utilización; esta misma presión P se establece en la cámara **A**, por debajo del eje regulador. Una fuerza **F= P·S** se opone entonces a **R**.
(**S** = Superficie de la base del eje regulador).

Equilibrio:

Cuando **F** se hace igual a **R**; el eje regulador ocupa una posición de equilibrio tal, que los orificios admisión y escape quedan obturados.

La presión **P** reinante en el circuito de utilización es así limitada a un valor: **P=R/S**; Esta presión es independiente a la presión reinante en el circuito de admisión. Si el esfuerzo **R** aumenta, el valor de la presión regulada aumenta, e inversamente.

Siendo **R** de un valor fijo:

Si la presión disminuye en la utilización, **F** disminuye, **R** se hace preponderante, el eje regulador se desplaza hacia la admisión y la presión regulada (**Pr**) tiende a aumentar (esquema **A**).

Si la presión sube en la utilización, **F** aumenta, el eje regulador se desplaza hacia el escape y la presión tiende a disminuir (esquema **B**).

Estas dos posibilidades, debidas a las fugas y a los frotamientos entre eje y camisa, hacen que la presión regulada oscile entre dos valores próximos a la presión teórica. **Pr= R/S**.

Para evitar una subida de presión muy brusca en la utilización en el momento de la puesta en presión, el desplazamiento del eje regulador puede estar frenado por un dash-pot (paso reducido de líquido). Este sistema evita las vibraciones del eje regulador.

Un pistón se desliza con un juego calibrado en la cámara A de diámetro superior al del eje regulador.

Cuando el eje regulador desciende, el líquido es laminado entre pistón y pared de la cámara, lo que frena el desplazamiento del eje.

Un muelle de débil tarado y un orificio perforado en el pistón permiten la subida rápida de este último.

1.6.9.4. Reseña histórica de la suspensión hidroneumática

Fue inventada por Citroën y ellos fueron los primeros en incorporar este tipo de suspensiones a sus coches de serie en 1954, primero en la suspensión trasera del Traction Avant y después y de manera total, en el mítico Citroën DS de 1955. La suspensión hidroneumática, tiene entre otras cosas, la ventaja de conservar la altura del vehículo constante, independientemente del peso o inercias de éste. (motor.es, 2017)

Como Francia no gozaba en aquel tiempo de carreteras asfaltadas adecuadamente, la única manera de mantener una velocidad adecuada era haciendo que el vehículo fuera capaz de absorber las irregularidades del terreno, así surgió la suspensión hidroneumática. (motor.es, 2017)

Los vehículos que se han diseñado con este tipo de suspensión han tenido múltiples reconocimientos en diversos países mostrando su mejor eficiencia en comparación con otros vehículos de su misma época. Por ejemplo: El Citroën GS, Citroën CX, Citroën XM, Citroën Xantia.

- Citroën GS

Este coche sigue siendo revolucionario incluso hoy. Gracias a la suspensión hidroneumática, era no solo comodísimo, también capaz de rodar a tres ruedas como si nada pasara, o mantener el control como si nada con un pinchazo. Fue el primero de su categoría en tener un adelanto así. (Alfistas, 2013)

La mecánica del Citroën GS era muy simple, con motores refrigerados por aire. Como eran bóxer, el centro de gravedad era bajito y fue una de las claves de su buen comportamiento. (Alfistas, 2013)

Premios otorgados al citroën GS:

Entre finales de 1970 y los primeros meses de 1971, prácticamente sin discusión, el GS se ganó la admiración y consideración de los expertos de todo el mundo en forma de galardones y trofeos. El Gran Premio del Arte y de la Industria concedido por la "Société d' Encouragement à l' Art et à l'Industrie" (Sociedad de Fomento al Arte y la Industria) en el contexto del Salón de París, le dio repercusión a nivel nacional en Francia. (La escudería, 2013)

La proyección a nivel mundial llegaría en el Salón de Amsterdam, donde se le entregó el trofeo Coche del Año, atribuido por un jurado de 44 periodistas del motor procedentes de doce países. Elegido entre quince modelos teniendo en cuenta la técnica, la imagen, la seguridad y la relación calidad/precio, consiguió en total 233 puntos, muy por encima de sus competidores más cercanos, el Volkswagen K70 (121 puntos), o el Citroën SM (105 puntos). Acaparó el 53% del máximo de puntos posibles, y 28 de los 44 miembros del jurado le votaron directamente en primer puesto. (La escudería, 2013)

Unos días después, también ganó el concurso Coche del Año 1970 de Checoslovaquia, organizado por el semanal "Technické Noviny" (Periódicos técnicos) en colaboración con la "Asociación Checa y Eslovaca de Periodistas del Motor". 42 periodistas y los especialistas de los Institutos de Ciencias y de las Escuelas Técnicas de Checoslovaquia lo habían nominado como el mejor, con 1.391,5 puntos de un total posible de 1.560, por delante del Volkswagen K70 (857 puntos) y del Opel Ascona (624 puntos). (La escudería, 2013)

Figura 1-23. Citroën GS

A continuación recibió el Trofeo Coche del Año en Gran Bretaña, organizado por "Car Magazine" (revista de automóviles). En esta ocasión el jurado lo formaban 19 periodistas especializados, 6 de ellos británicos, 2 americanos, un australiano y un japonés, junto con los lectores y el equipo de redacción de la revista. El GS ganó con 86,5 puntos, por delante del Range Rover con 55 y del Citroën SM con 52,5. (La escudería, 2013)

Y eso no es todo: En el Salón de Ginebra, en el que Citroën llamó la atención con un stand "hidráulico" en el que había una cascada de agua sobre estalactitas plateadas, con un GS como protagonista, el director del Centro de Estilo del Departamento de Diseño de la marca francesa recogió el Premio Style-Auto 1970 a la mejor carrocería, patrocinado por la

revista italiana “Style auto, architettura della carrozzeria” (Estilo automático, arquitectura del cuerpo del automóvil) y con un jurado internacional formado por 65 especialistas en líneas de automóviles, directores de departamentos de diseño de diferentes marcas, directores de centros de estilo, ingenieros, carroceros y diseñadores independientes. El GS consiguió 79 puntos, frente a los 44 del Lamborghini Jarama y los 39 del Citroën SM. (La escudería, 2013)

En años sucesivos, además, conseguiría los títulos de Coche del Año en Holanda, Yugoslavia y España -este último en 1974. No en vano, los GS españoles salían con una pegatina alargada en el cristal trasero con varias banderas europeas que llevaba inscrita la leyenda “Citroën GS: el coche más premiado de Europa”. (La escudería, 2013)

- Citroën CX

Figura 1-24. Citroën CX

En 1975, el Citroën CX obtenía el "Car of the Year"(Coche del año), un premio otorgado por un jurado compuesto por periodistas de Europa expertos en motor y que reconoce desde 1964 al mejor coche comercializado en el continente. (Inversión y finanzas. com, 2014)

Ahora el Citroën CX vence a todos los ganadores del "Car of the Year" de la historia, al ser elegido "Golden Car of the Year"(Coche dorado del año) por los lectores de la revista Autopista a través de su página web, un galardón al que optaban todos los "Car of the Year" de la historia para conmemorar el cincuentenario de este premio. (Inversión y finanzas.com, 2014)

El Citroën CX obtuvo además el "Premio a la Seguridad" de la Asociación Francesa de la Prensa del Automóvil (AFPA) y el "Award Style Auto" (Premio Estilo Auto) en EEUU. (Inversión y finanzas.com, 2014)

El CX finalizaba su carrera comercial en julio de 1991. (Inversión y finanzas.com, 2014)

- Citroën XM

Figura 1-25. Citroën XM

El XM llegó en 1989, con la complicada misión de estar a la altura de un predecesor de lujo. El modelo parecía llegar con energía, ya que en 1990, justo un año después de su aterrizaje, obtuvo el reconocido premio al Coche del Año en Europa. También otros 14 títulos personales parecían avalar la nueva tecnología del elegante modelo galo. (12 cilindros, 2017)

- Citroën Xantia

Figura 1-26. Citroën Xantia

Lanzamiento comercial del Xantia, berlina 5 puertas de 4,44 m, fruto de la colaboración de los centros de estilo de Citroën y de Bertone. Si toda la cultura tecnológica de la Marca ha sido puesta al servicio del Xantia, esto no es sólo para renovar el placer de conducir, sino también para dotarle de un potente dispositivo de seguridad pasiva (Hidractiva 2). (Citroën España)

El Citroën Xantia fue el primer modelo de la marca en recibir la suspensión hidractiva 2, que llevaba a un escalón superior el concepto de confort de marcha. Citroën

recibió el premio a la calidad de fabricación y el premio a la empresa del año en España por este modelo. (Love Car World, 2012)

La revista británica “Fleet **N**ews” le concede el premio al mejor coche del año y en Brasil, el modelo también es elegido como coche del año. La asociación francesa de la Prensa Automóvil otorga por su parte dos premios al Xantia Activa: el premio a la innovación técnica y el galardón de la prensa del automóvil, “Car Magazine” (revista de automóviles), el premio a la mejor innovación tecnológica. (Love Car World, 2012)

Años de producción desde 1993 al 2002. (Autodoc)

CAPITULO 2: SUSPENSIÓN EN EL CITROËN XANTIA ACTIVA

2. SUSPENSIÓN EN EL CITROËN XANTIA ACTIVA

El Citroën Xantia activa, está equipado con el dispositivo SC/CAR (Sistema Citroën/Corrección Activa del Balanceo), es un vehículo totalmente diferente a los demás por su tecnología avanzada que ha logrado alcanzar un nivel muy elevado de comodidad y seguridad. Tiene un modo de funcionamiento "natural" que se asemeja a la reacción de un ser vivo, inspirándose en sus facultades de adaptación y de inteligencia, privativo de los seres vivos con respecto a las maquinas. La inteligencia instintiva del comportamiento en carretera.

Un animal en carrera, que cambia bruscamente de dirección, se inclina instintivamente en el mismo sentido. Por la misma razón, un atleta que compite en un estadio se inclina naturalmente hacia el interior conservando así todo su equilibrio y velocidad.

Gracias al sistema SC/CAR, el Citroën Xantia reproduce el mismo sentido instintivo en la carrera, compensando la fuerza centrífuga que se manifiesta en las curvas, situándose instantáneamente en armonía con el sentido de la curva sin perder un ápice de su equilibrio, de su maniobrabilidad ni de su velocidad.

2.1. SEGURIDAD Y CONFORT A BORDO

- **Seguridad de pilotaje para todos:** El sistema SC/CAR no interviene de forma intempestiva (Que se hace u ocurre fuera del tiempo adecuado o conveniente), sino de manera exacta y precisa cada vez que el vehículo se sitúa en disposición de balanceo o de desequilibrio al cambiar de trayectoria.

- **Comodidad de conducir:** Cualesquiera que sean las condiciones, el vehículo se sitúa donde se quiere de forma natural => "control", "pilotaje", "facilidad".

- **Seguridad a bordo:**
    - El conductor intenta inclinarse hacia el interior de la curva, mientras que el vehículo tiende a inclinarse hacia el exterior de la misma.
    - El pasajero, ajeno a la trayectoria del vehículo, está sometido con mayor intensidad a la fuerza centrífuga. Existe, por tanto, un desfase entre los movimientos del vehículo y la reacción del cerebro.

A pesar de la calidad y la concepción de los asientos, cada cambio de trayectoria da lugar a una lucha permanente entre la inclinación instintiva del cuerpo y la del vehículo.

Con el Xantia Activa, no se produce lo anterior mejorando así el confort y el bienestar de los ocupantes.

- **Seguridad de conducción:** las ruedas, y consecuentemente, los neumáticos, sufren también los efectos del balanceo, lo que disminuye las prestaciones en materia de dirección y de adherencia.

Así, el control perfecto del balanceo permite a las ruedas mantenerse en contacto con el suelo, lo que proporciona un correcto guiado del vehículo y una trayectoria precisa del mismo. Además, la calidad del contacto entre la rueda y la calzada favorece el frenado.

Xantia, y la versión activa, logran una gran seguridad activa gracias a:

- Una situación de contacto máximo con la carretera en las curvas: el vehículo gira totalmente horizontal, conserva una excelente direccionalidad en cualquier situación, y una perfecta trayectoria cualquiera que sea el entorno.
- Un vehículo totalmente “tolerante”, ya que realmente corrige los errores eventuales.
- Los neumáticos, que conservan en todo momento una adherencia excepcional.

2.2. SUSPENSIÓN HIDRACTIVA CON SISTEMA SC/CAR

2.2.1. El balanceo

Un vehículo sufre movimientos de traslación y de rotación siguiendo los tres ejes siguientes:

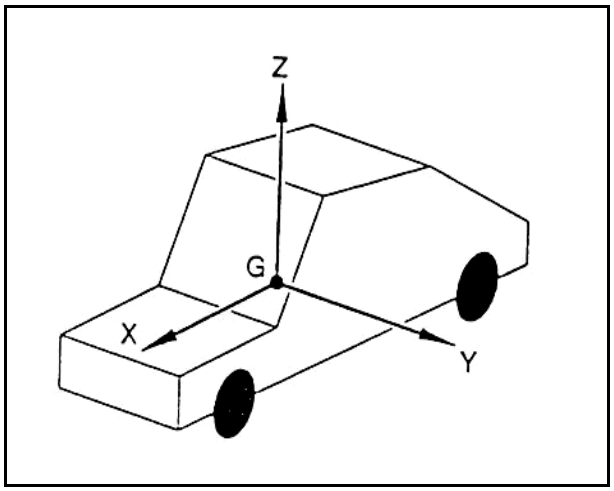


Figura 2-1. Ejes Gx, Gy, Gz

En particular, el movimiento de rotación alrededor del eje Gx lleva el nombre de balanceo, lo que provoca la torsión del vehículo.

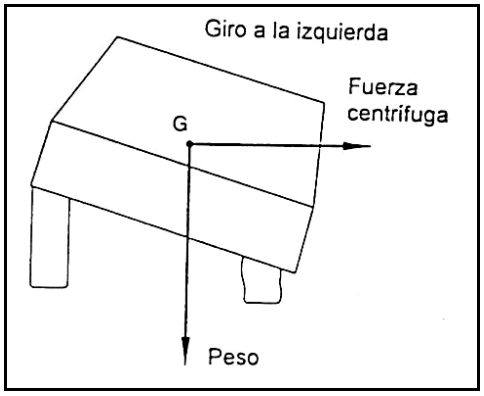


Figura 2-2. Movimiento de balanceo

Toda fuerza lateral que tiene su origen en:

- Una curva: fuerza centrífuga.
- El efecto del viento lateral: empuje.
- El paso de una rueda sobre un obstáculo.
- El rodaje sobre carretera peraltada.

Provoca la inclinación del vehículo. Se trata del balanceo, y su ángulo depende de:

- La intensidad de la fuerza.
- La posición del centro de gravedad G, y del centro de empuje.
- La flexibilidad de la suspensión.

El balanceo disminuye el confort y, lo que es más importante, repercute negativamente en la estabilidad (deriva de los neumáticos, desviación de la carga).

2.2.2. Balanceo y suspensión hidroneumática

2.2.2.1. Funcionamiento con una suspensión hidroneumática clásica

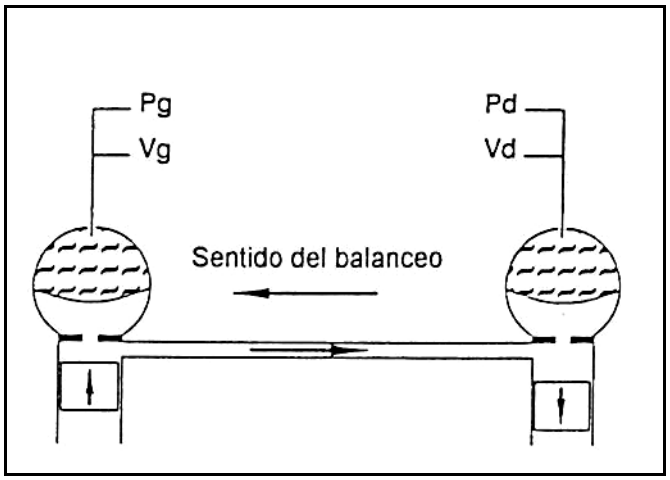


Figura 2-3. Suspensión hidroneumática clásica

Con una suspensión de muelles metálicos o neumáticos, cuando el vehículo se apoya lateralmente al tomar una curva, la rueda exterior comprime su suspensión y limita el balanceo. Con una suspensión hidroneumática, los dos elementos de un mismo eje están unidos hidráulicamente, el líquido del elemento comprimido es impulsado hacia el elemento distendido, de forma que ni el volumen ni la presión sufren alteración en el elemento comprimido, y no se oponen al balanceo. El efecto antibalanceo sólo está asegurado por las barras estabilizadoras, lo que explica sus fijaciones tan rígidas (rótulas).

2.2.2.2. Antibalanceo activo de la suspensión Hidractiva

El circuito ha sido modificado con respecto al sistema clásico en los dos estados de suspensión.

- Estado “elástico”.

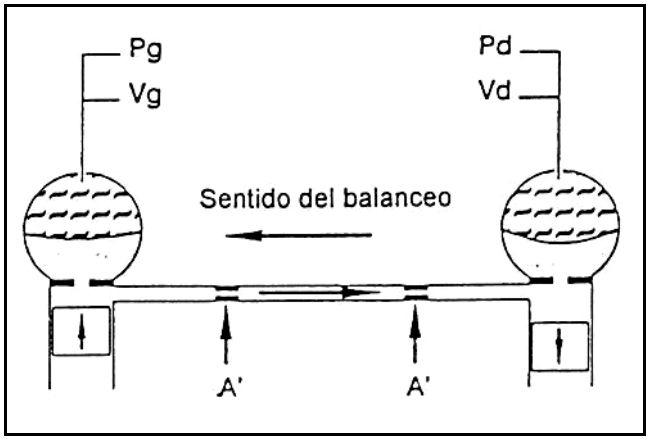


Figura 2-4. Suspensión hidractiva en estado elástico

El antibalanceo dinámico ha sido mejorado por los dos amortiguadores adicionales A’, que frenan el trasvase de líquido entre los dos elementos, dando una mayor progresividad al apoyo lateral del vehículo en curvas. Las presiones Pg y Pd se equilibran más lentamente.

- Estado “firme”.

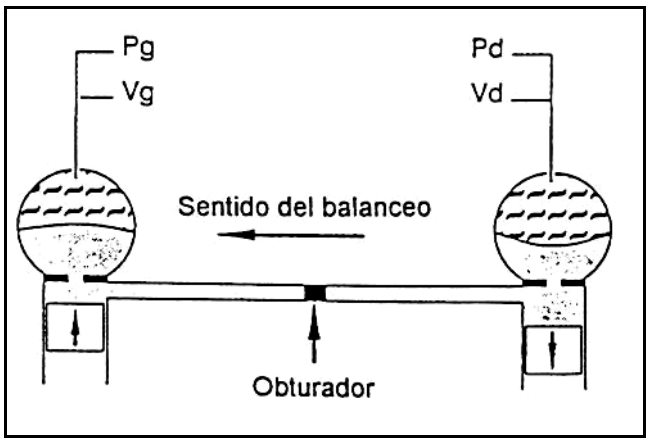


Figura 2-5. Suspensión hidractiva en estado firme

Los dos elementos están aislados por la obturación del paso de líquido. La función antibalanceo del elemento de suspensión es máxima.

Puede así obtenerse un antibalanceo suave para mejorar el confort (al paso de una rueda por un resalte de la calzada, el líquido pasa del elemento de suspensión afectado al otro sin modificar la horizontalidad transversal de la caja), o un antibalanceo fuerte, cuando la inclinación de la carrocería es pronunciada (estabilidad de la horizontalidad transversal).

El balanceo más acentuado es el provocado por la entrada en una curva, y más aún cuando el vehículo se desplaza a gran velocidad. La adopción del estado "firme" de la suspensión en el sistema hidractiva combate el balanceo, pero no impide que se produzca, de ahí la gran diferencia de alturas a uno y otro lado de la carrocería.

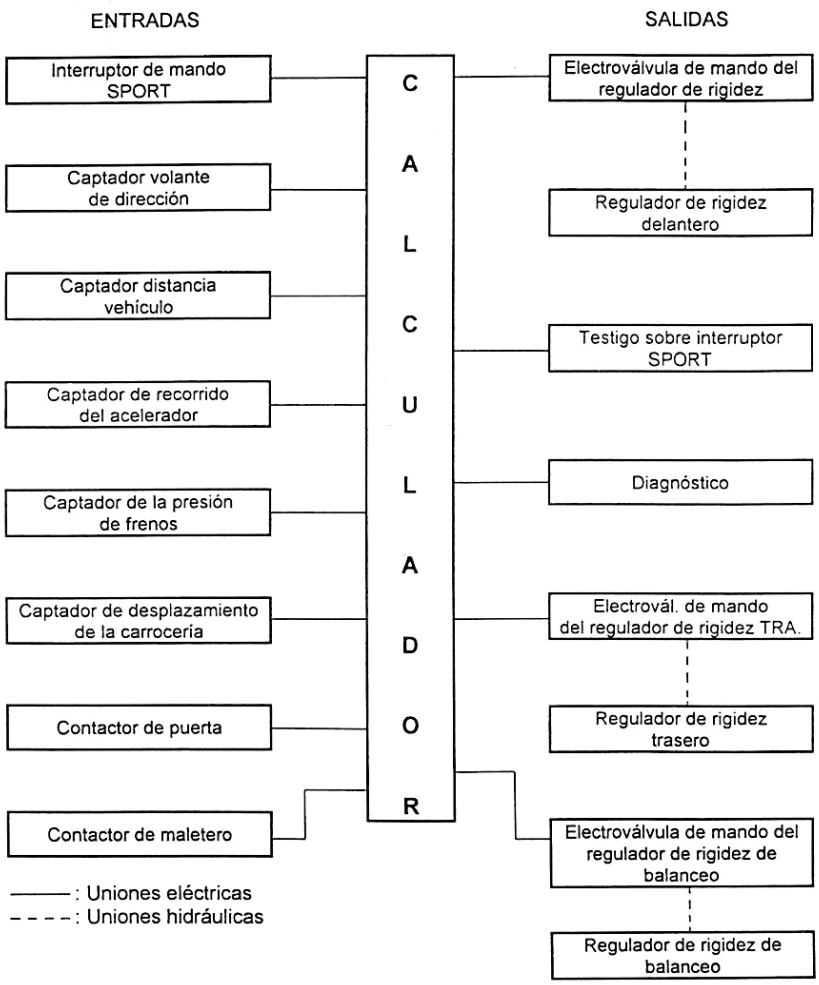
2.2.2.3. Balanceo en suspensión hidractiva con dispositivo SC/CAR

El dispositivo *SC/CAR* incorporado al sistema hidractiva permite obtener una altura idéntica a ambos lados.

Este dispositivo está compuesto por dos sistemas independientes para combatir el balanceo:

- Conmutación "anticipada" entre los dos estados de rigidez de la barra estabilizadora.
- Corrección con aportación o reducción energética sobre el ángulo de balanceo.

2.2.3. Esquema sinóptico calculador



2.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

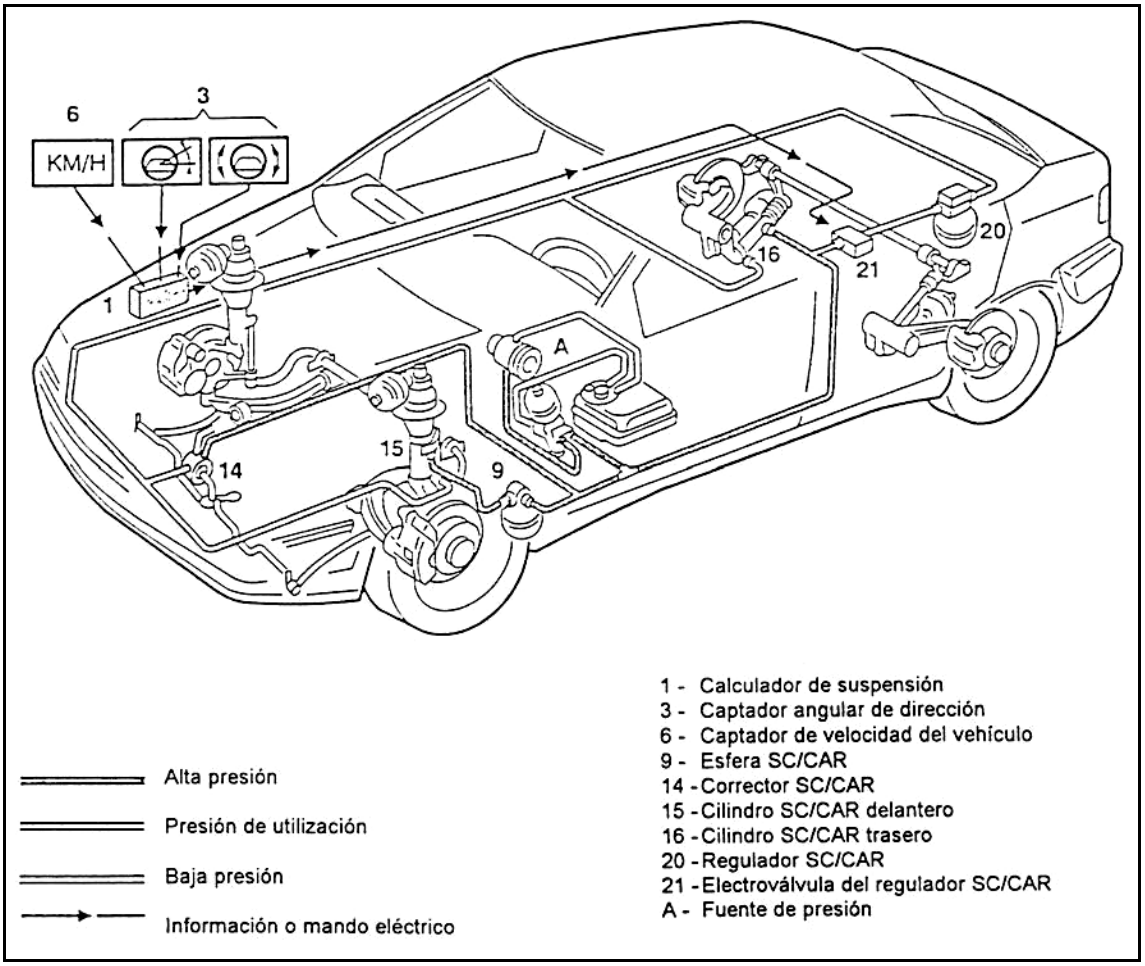


Figura 2-6. Esquema de los conductos hidráulicos de la suspensión

2.3.1. Composición del sistema SC/CAR

Los elementos hidráulicos y mecánicos propios del dispositivo SC/CAR son los siguientes:

- Dos cilindros **15** y **16** de corrección del balanceo (uno delantero y otro trasero).
- Un corrector de balanceo **14**.
- Un sistema de varillas y de reenvío para accionar el corrector de balanceo.

- Un acumulador en el circuito de alta presión **9**.
- Un regulador de rigidez del balanceo **20**.
- Una electroválvula de mando del regulador de rigidez **21**.
- Una esfera de balanceo montada en el regulador de rigidez.

2.3.2. Montaje en el vehículo

Para que exista equilibrio al realizarse una corrección del balanceo, los cilindros se montan en diagonal:

- Cilindro delantero -> lado izquierdo.
- Cilindro trasero -> lado derecho.

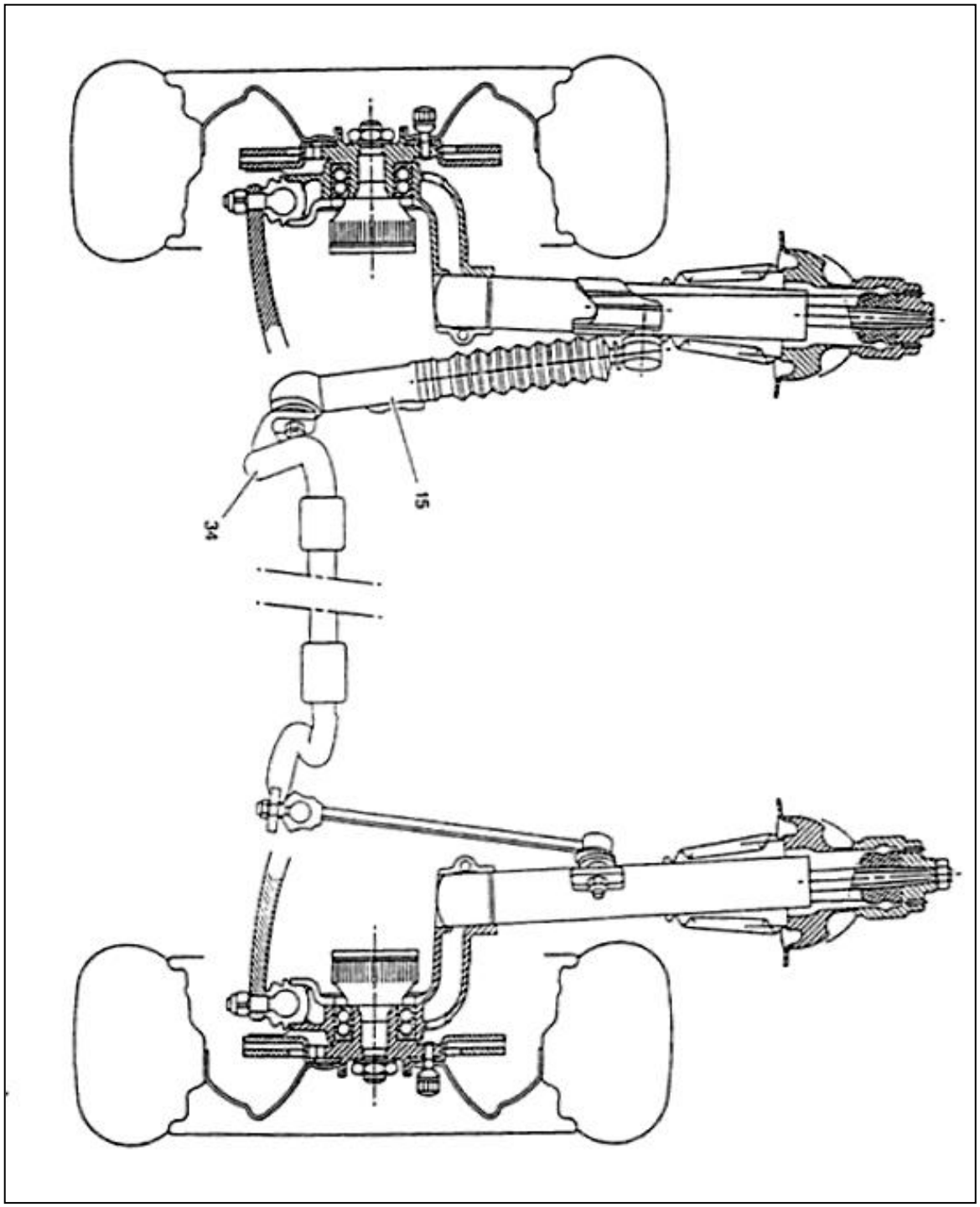


Figura 2-7. Parte delantera con sistema antibalanceo

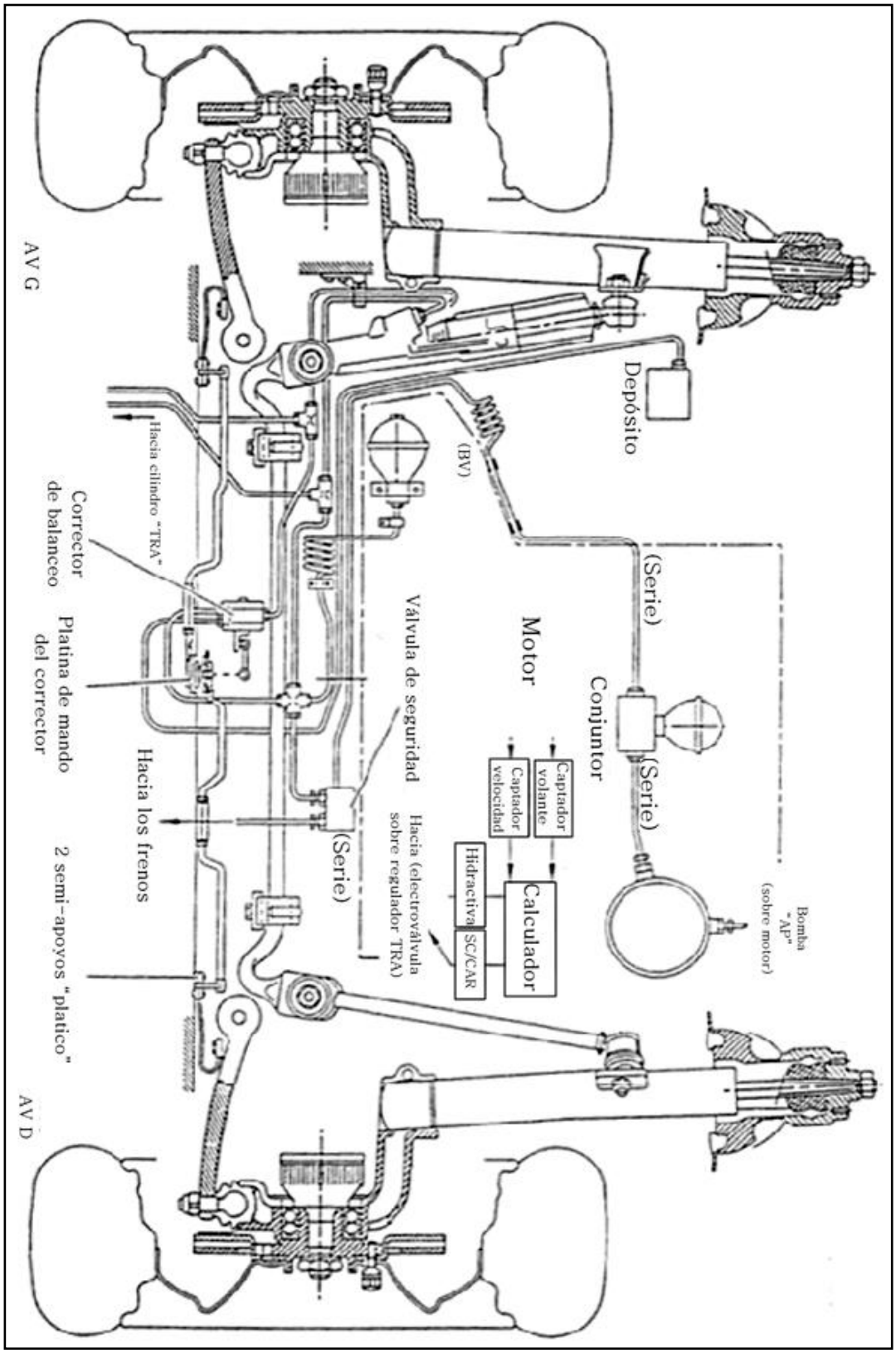


Figura 2-8. Parte delantera con cilindro antibalanceo

En el lugar y en sustitución de la bieleta fija que asegura la unión barra estabilizadora/cilindro de suspensión, se monta un cilindro que desempeña la función de una bieleta de longitud variable. El corrector de rigidez de balanceo es accionado a través de varillas, las cuales le transmiten los movimientos verticales de los brazos de suspensión.

La detección del balanceo tiene lugar en la unión con el suelo en la parte delantera.

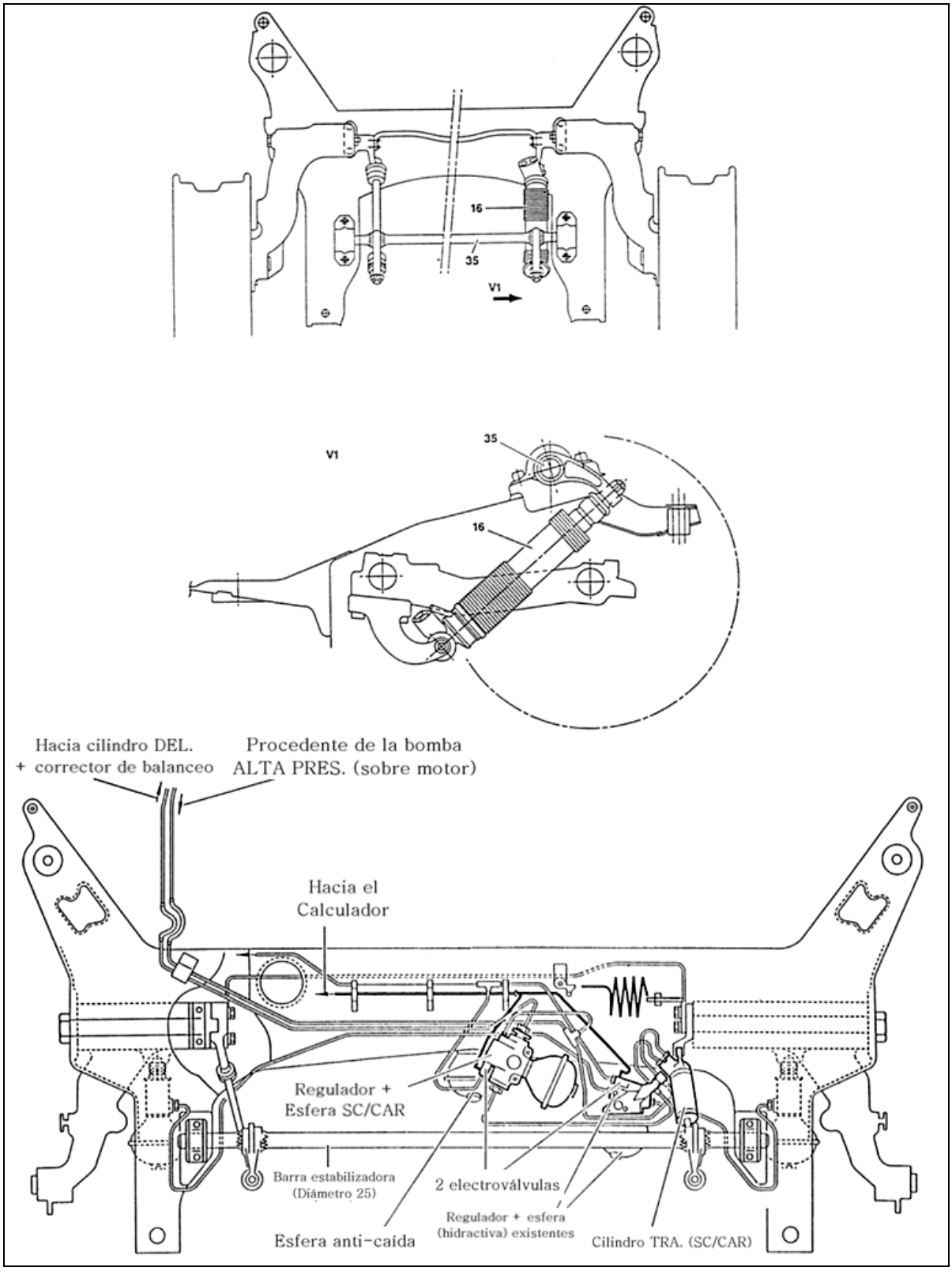


Figura 2-9. Parte trasera con cilindro antibalanceo

La barra anti balanceo se haya unida de forma fija al bastidor del eje, y no al brazo de suspensión. La unión barra estabilizadora/brazo se efectúa como en la parte delantera, por medio de una bieleta fija por un lado, y por medio de un cilindro (bieleta de longitud variable) por el otro.

2.4. PRINCIPIO DEL SC/CAR Y MODOS DE FUNCIONAMIENTO

2.4.1. Funcionamiento en línea recta

En esta situación, es deseable conceder prioridad al confort y conservar una cierta elasticidad en el dispositivo SC/CAR. A tal efecto, una esfera específica juega el papel de muelle. Las barras estabilizadoras delantera y trasera se apoyan en esta esfera por medio de cilindros. El dispositivo dispone de dos barras estabilizadoras flexibles.

2.4.2. Entrada a una curva

La entrada en una curva es detectada por el captador de volante de dirección, captador ya utilizado por el sistema de suspensión hidractiva. Inmediatamente (en menos de 4 centésimas de segundo), la esfera queda aislada de los cilindros, lo que aumenta el estado de rigidez de las barras estabilizadoras (la rigidez se multiplica por 2).

En el caso de solicitaciones breves y/o de emergencia (curva extremadamente corta o cerrada) sólo se activa esta acción. El vehículo dispone para estos casos de un control de balanceo muy importante.

2.4.3. Funcionamiento en una curva muy pronunciada

Si la curva es larga y la inclinación del vehículo sufrida por el habitáculo sobrepasa los 0.3º (+/- 5 mm de desplazamiento de los brazos de suspensión delanteros), la acción de los cilindros de corrección de balanceo se produce, y restablece el equilibrio del vehículo.

Los cilindros modifican la posición de cada barra estabilizadora mediante aportación o reducción de fluido hidráulico, cambiando la longitud del entre-eje. Esta acción permite mantener horizontal el vehículo. Esta corrección de balanceo se obtiene gracias a la detección de la variación de posición de los brazos de suspensión delanteros.

Cuando la corrección es efectiva, el ángulo de balanceo se aproxima a cero. En esta configuración, el ángulo de balanceo se divide por 5 aproximadamente para aceleraciones transversales de 0.6 g, siendo el tiempo de corrección total inferior a 1 segundo.

El vehículo puede tomar una curva con un valor máximo de aceleración de 1.2 g con toda la seguridad. Sabido es que gran parte de los automóviles existentes en el mercado, y que en la actualidad son considerados como eficaces en materia de estabilidad, alcanzan 0.9 g.

Por encima de 0.6 g de aceleración transversal, valor que resulta elevado, la corrección continúa. A 0.9 g, aceleración límite en un turismo, la inclinación del habitáculo del Xantia ACTIVA sería del orden de 1.5º. En realidad, el vehículo continúa girando horizontalmente, dando la sensación, con respecto a los demás vehículos, de inclinarse hacia el interior de la curva según un movimiento natural.

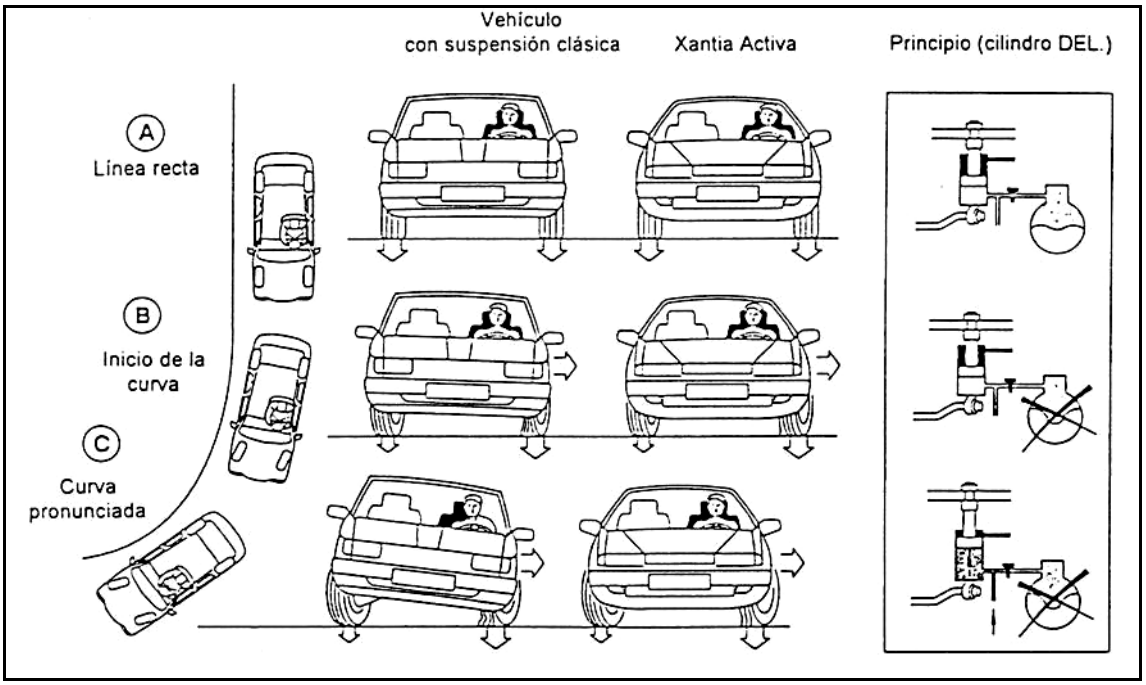


Figura 2-10. Comparación de balanceo entre suspensión clásica y suspensión Xantia Activa

Observaciones:

- Por encima de una aceleración transversal elevada, puede producirse un ligero balanceo, lo que tendría por finalidad alertar al conductor sobre los límites de adherencia para su mayor seguridad.
- El tiempo de reacción del SC/CAR es muy breve. Esto explica, al menos en parte, la evolución del modo de comportamiento. Además, la acción realizada sobre la inclinación del habitáculo sólo se produciría en caso necesario, lo que permite economizar energía en la operación. Este punto es muy importante, ya que la energía necesaria al instante para inclinar la carrocería y combatir la fuerza centrífuga puede alcanzar valores considerables, sobre todo, a velocidades elevadas.

El sistema seleccionado y la presencia de una esfera acumuladora permiten suministrar toda esta energía con una potencia relativamente reducida (del orden de 600W en fase de conjunción).

2.4.4. Funcionamiento al final de la curva

El análisis de los parámetros de volante e inclinación de la carrocería permite detectar con precisión el final de la curva y adoptar, en consecuencia, las disposiciones para recuperar el equilibrio inicial.

2.5. EJECUCIÓN HIDRÁULICA Y MECÁNICA

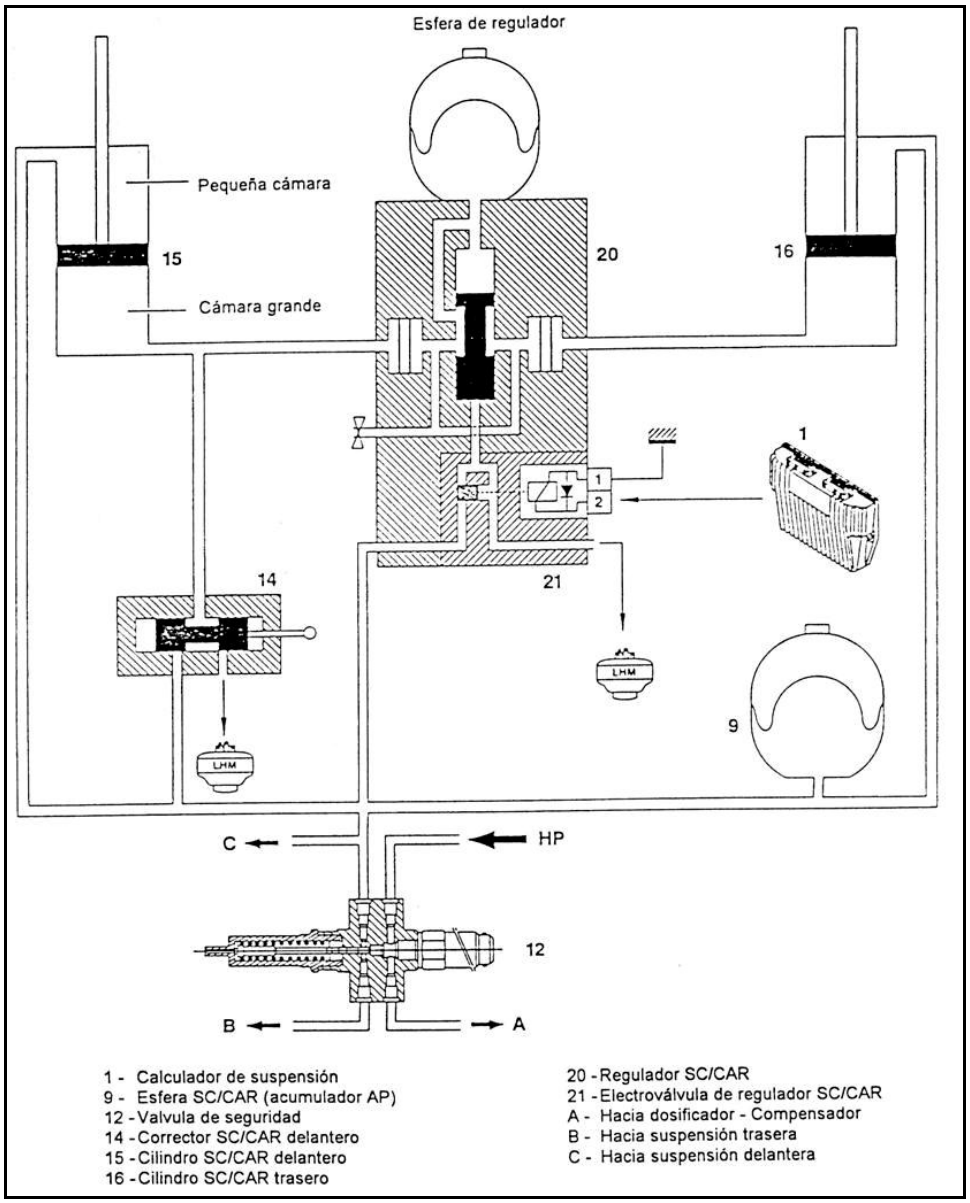


Figura 2-11. Esquema del sistema SC/CAR

El cilindro: un pistón divide al cilindro en dos cámaras. La cámara pequeña está sometida a la alta presión, la cual se aplica sobre una superficie **S'**. La cámara grande está sometida a la presión de utilización, ésta se aplica sobre una superficie **S**. Debido a la presencia del eje del pistón **S'=S/2**.

Aparte de esta corrección, se produce un equilibrio de presión en el cilindro: **Pu=AP/2**.

En el circuito de alta presión (**AP**) ha sido instalado un acumulador adicional que desarrolla la función de amortiguador y de reserva de presión, absorbiendo los golpes de ariete debidos a las evoluciones de la alta presión.

La cámara grande se halla comunicada hidráulicamente con una esfera adicional de balanceo.

2.5.1. Modificación del estado de rigidez

El calculador dispone de la posibilidad, a partir del análisis de algunos parámetros, de controlar una electroválvula que, mediante un regulador interpuesto, acciona o pone fuera de servicio a la esfera de balanceo. Así pues, la cámara grande puede comunicarse o no con esta esfera.

Las barras estabilizadoras tienen los siguientes diámetros:

- Delanteras: 28 mm.
- Traseras: 25 mm.

Observación: en un vehículo de serie, 16V, con Hidractiva II, las esferas tienen los siguientes diámetros:

- Delanteras: 23 mm.
- Traseras: 22 mm.

En línea recta, el confort debe mantenerse, y por lo tanto ha de recurrirse a las barras estabilizadoras de poca rigidez. Éste no sería el caso dado el diámetro de las mismas y a su rígida unión a los elementos de suspensión.

Para proporcionar a las barras la elasticidad necesaria, el regulador de rigidez une la esfera de balanceo al circuito de utilización (cámaras grandes de los cilindros). Las barras estabilizadoras quedan así unidas elásticamente a los elementos de suspensión, solidarios a

su vez de las ruedas. En efecto, los cilindros unidos hidráulicamente a la esfera de balanceo se comportan como muelles, y permiten a las barras apoyarse en dicha esfera. El impacto queda amortiguado y absorbido incluso, por la masa de gas contenida en la esfera.

El movimiento de líquido hidráulico en el circuito de utilización puede producirse gracias a la compresibilidad del nitrógeno en el interior de la esfera. La barra estabilizadora adquiere una rigidez mínima, como si su diámetro hubiera disminuido (en la parte delantera, por ejemplo, como si su diámetro pasara de 28 a 23 mm). Ello equivale a dividir por 2 la rigidez del balanceo de tales barras, ya que quedarían rígidamente unidas a los movimientos de las ruedas. El confort sería así máximo, conservando simultáneamente un comportamiento extremadamente eficaz.

Al entrar en una curva, el calculador controla la válvula. Ésta, por medio del regulador, aísla del circuito a la esfera de balanceo, y por tanto, al elemento elástico. El fluido hidráulico no se comprime. En consecuencia, nos encontramos que las barras antibalanceo están rígidamente unidas a los elementos de suspensión (los cilindros se convierten en bieletas fijas) y, lo que es más importante, aquellas recuperan su diámetro original con una rigidez aproximadamente duplicada con respecto a la que tenían en posición SC/CAR “flexible” (esfera de balanceo en servicio).

Las barras antibalanceo de gran diámetro se oponen con eficacia al balanceo.

Explicación:

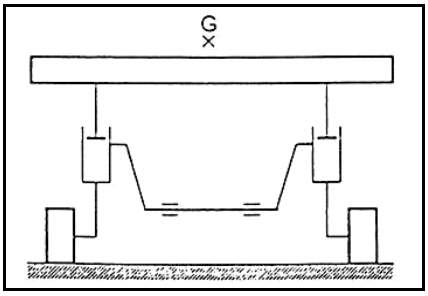


Figura 2-12. Configuración clásica de barra estabilizadora

En una configuración clásica, la barra estabilizadora está unida rígidamente a los cilindros de suspensión. Cuando se produce un balanceo, un lateral de la carrocería desciende, mientras que el otro lado se levanta, el extremo correspondiente de la barra antibalanceo sube.

Imaginemos:

- Una barra muy flexible, capaz de retorcerse sin dificultad, como el malvavisco (esto equivaldría a no tener barra antibalanceo).
- Una barra muy rígida, como un mandril de acero, con bieletas de unión fijas (el balanceo no podría producirse en línea recta).

Con el sistema SC/CAR, al entrar en una curva, la barra estabilizadora mantiene una rigidez importante gracias a sus uniones fijas, puesto que el cilindro contiene líquido incompresible (esfera fuera de circuito). Por el contrario, en línea recta, para favorecer el confort, si la carrocería se inclina, y según el sentido de inclinación, el cilindro puede alargarse o acortarse puesto que la esfera se halla comunicada con el circuito y el gas puede comprimirse. Por lo tanto, al cambiar el cilindro de longitud, es como si la barra estabilizadora fuera elástica.

2.5.2. Ejemplo: configuración clásica con balanceo a la derecha

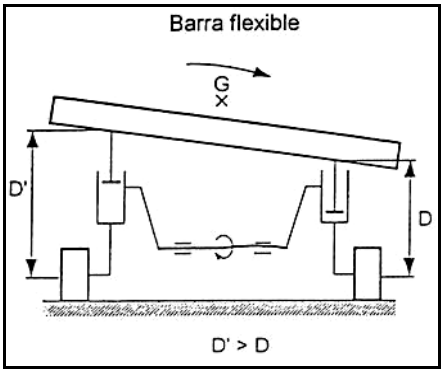


Figura 2-13. Barra flexible

El brazo derecho asciende y el cilindro también. El extremo derecho de la barra sube, pero no el extremo izquierdo, puesto que la barra torsiona debido a su flexibilidad.

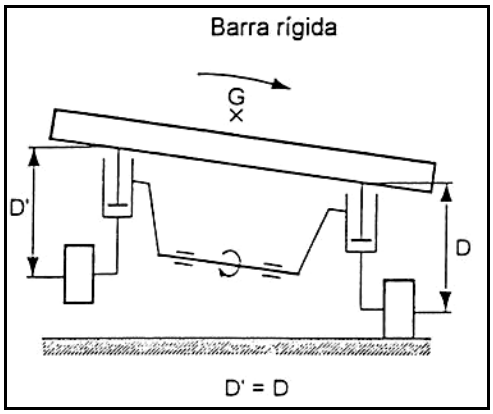


Figura 2-14. Barra rígida

El brazo derecho sube y, por tanto, también el cilindro. Los extremos derecho e izquierdo de la barra suben, puesto que la barra es muy rígida.

El extremo izquierdo de la barra hace subir al cilindro de suspensión, la rueda se despega del suelo: **D'=D**.

De hecho, la rueda izquierda no podría despegarse del suelo y, con una barra rígida, la carrocería no podría sufrir torsión. Estaríamos en presencia de un conjunto totalmente rígido.

Una barra de tal rigidez sería eficaz en curvas, pero no aportaría confort alguno en línea recta.

Sería necesaria una barra flexible en línea recta, y cambiarla por una rígida al afrontar una curva. Resultan, pues, evidentes las ventajas del sistema **SC/CAR**, que puede modificar el estado de rigidez de la barra.

2.5.3. En SC/CAR con balanceo a la derecha

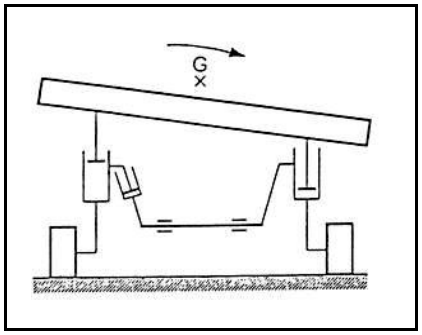


Figura 2-15. Suspensión con SC/CAR

En posición elástica, la esfera de balanceo está en servicio.

Si el balanceo tiene lugar a la derecha, por ejemplo, el brazo derecho sube juntamente con el extremo derecho de la barra estabilizadora. Como la barra es rígida, su extremidad izquierda sube también, pero, en lugar de "querer levantar la rueda", es el cilindro el que se comprime gracias a la esfera, que ha permitido la compresión del líquido en el cilindro. La rueda se mantiene en el suelo, y la carrocería puede deslastrarse del lado izquierdo. A pesar de los 28mm de diámetro de la barra, el balanceo es posible como si el diámetro fuera tan sólo de 23 mm, por lo que la barra torsionaría. En nuestro caso, la barra no torsiona, pero su reacción ha sido absorbida por el cilindro de la barra, y no por el cilindro de suspensión.

Cuando la esfera de balanceo está aislada del circuito (posición firme), el cilindro de la barra actúa como una bieleta, la barra pasa a tener 28 mm, la carrocería es retenida. En algunos casos de curvas excesivamente pronunciadas, la fuerza centrífuga, muy elevada, podría originar una torsión de la barra estabilizadora a pesar de su importante rigidez. Sería preciso, en tales casos, recurrir a una corrección física del balanceo.

Observación: esta explicación de la modificación de la rigidez de la barra estabilizadora delantera se aplica íntegramente a la barra estabilizadora trasera. El principio es, también, idéntico para un balanceo a la izquierda.

2.5.4. Corrección del balanceo

Hemos visto que el vehículo es confortable en línea recta y estable en las curvas. Sin embargo, un dispositivo antibalanceo, por muy poderoso que sea, tiene sus limitaciones, rebasadas las cuales, la carrocería se balancea (curvas muy pronunciadas). Es preciso, en tal caso, corregir y restablecer la horizontalidad de la carrocería. Esto sólo podrá conseguirse modificando la longitud de los cilindros, provocando en éstos una aportación o reducción de líquido. Para ello, recurrimos a un corrector que desempeña la función de regulador.

2.5.4.1. Mando mecánico del corrector de balanceo

- Principio.

Se ha recurrido a un sistema de timonería o varillas instalado en sentido transversal, y accionado por los brazos de suspensión delantera.

Al iniciarse el balanceo, hay siempre un brazo que sube y otro que baja. Asimismo, una varilla será objeto de tracción y otra será empujada. El sentido de desplazamiento es idéntico para los dos conjuntos de varillas. El eje del corrector será desplazado en sentido de admisión o en sentido de escape.

- Descripción.

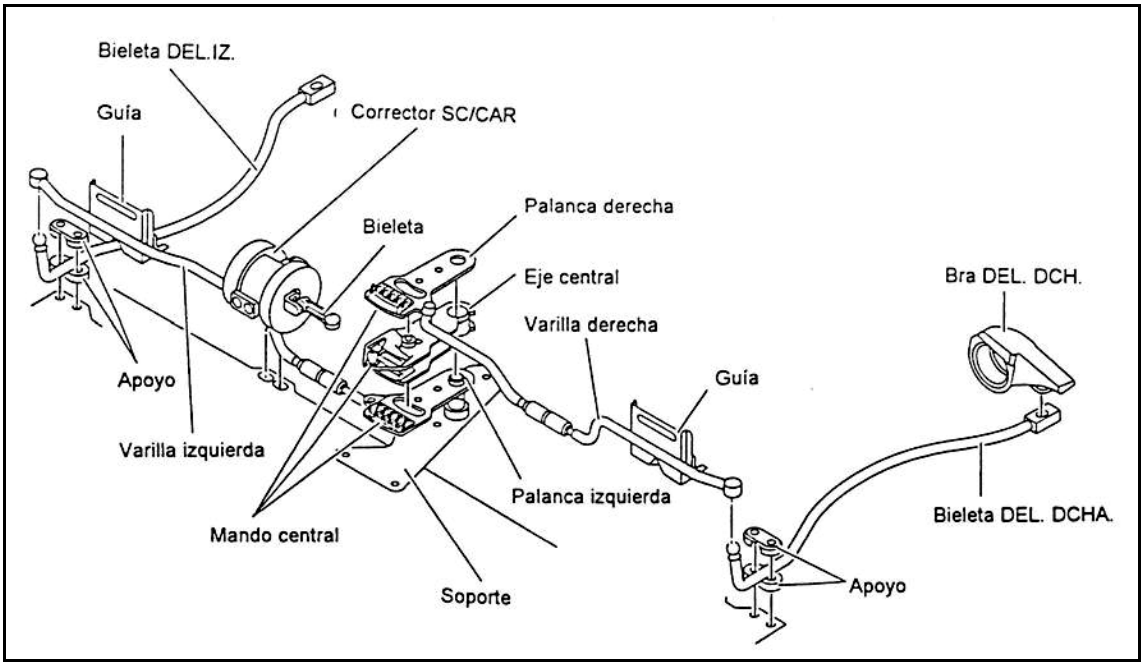


Figura 2-16. Mando mecánico del corrector de balanceo

- Funcionamiento.

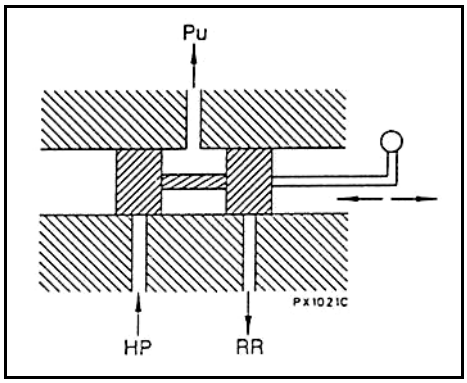


Figura 2-17. Eje del corrector

Cada palanca puede desplazarse con respecto al eje central. La palanca derecha está por encima del eje, la palanca izquierda está por debajo.

Cada palanca contiene un muelle. Un extremo del muelle apoya sobre la palanca, el otro sobre el eje central.

2.5.4.1.1. Balanceo a la derecha

El brazo derecho sube, y el izquierdo baja.

En la izquierda, la bieleta gira en sentido inverso a las agujas del reloj. Gracias a la rótula, la varilla que es empujada, se desplaza hacia la izquierda. La palanca derecha comprime su muelle, el cual empuja al eje central hacia la izquierda. El eje del corrector es empujado también, estableciéndose la comunicación con la alta presión.

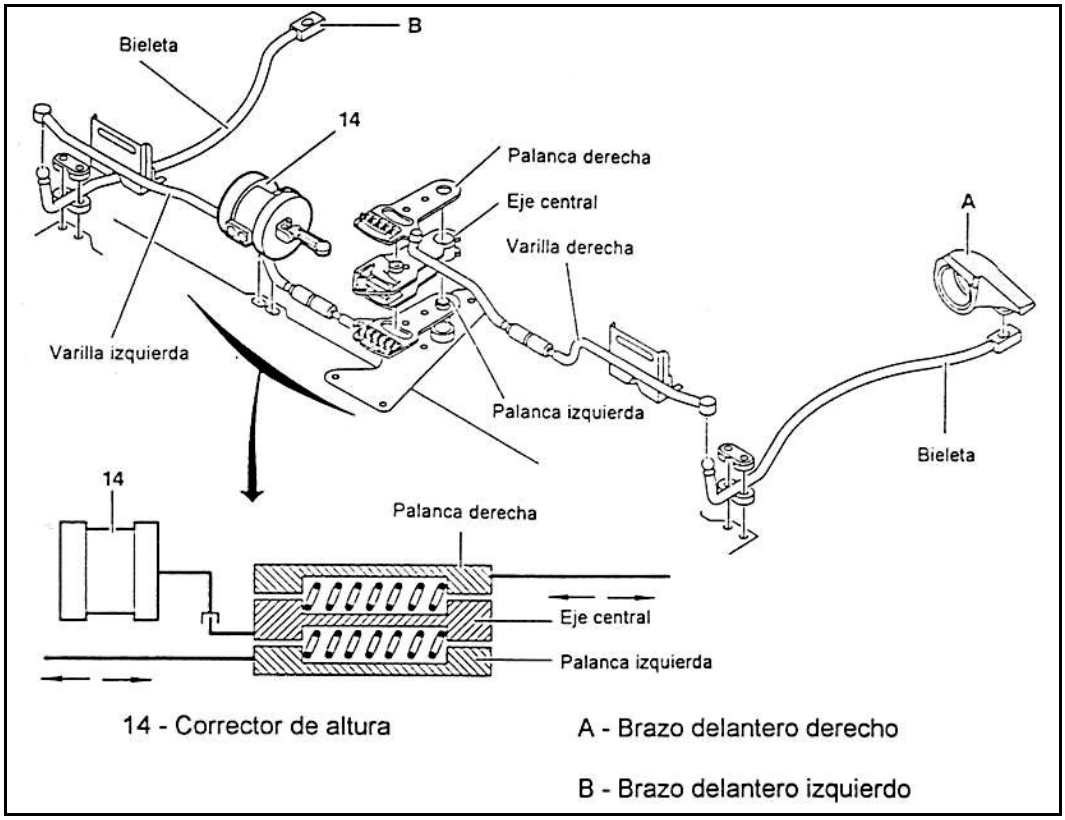


Figura 2-18. Mando mecánico del corrector de balanceo

2.5.4.1.2. Balanceo a la izquierda

Las dos varillas se desplazan hacia la derecha, el eje central es empujado hacia la derecha gracias al muelle de la palanca izquierda, poniéndose en comunicación con el retorno al depósito.

Observación: si la carrocería sube o baja verticalmente, los dos brazos de suspensión se desplazan de forma simétrica. Las acciones mecánicas de las dos varillas se contraponen, el eje central no es accionado y los muelles absorben los esfuerzos transmitidos por las varillas comprimiéndose simétricamente.

2.5.4.1.3. Corrección

El estado de rigidez de las barras estabilizadoras es "**firme**".

Balanceo a la derecha.

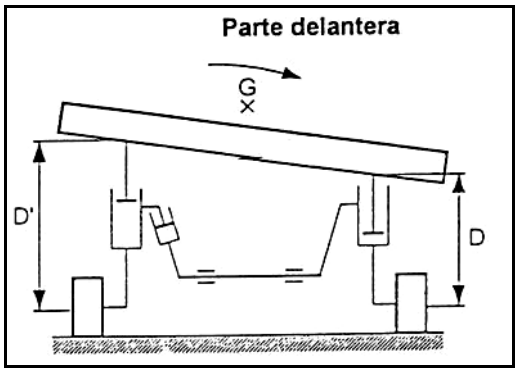


Figura 2-19. Parte delantera con balanceo a la derecha

A pesar de su rigidez y de sus uniones fijas, la barra estabilizadora es sometida a torsión (**D'>D**). Para disminuir el valor de **D'** y restablecer el equilibrio de la carrocería, es necesario elevar de forma ficticia la rueda izquierda para comprimir el elemento de

suspensión. Para ello, sería necesaria una bieleta de unión izquierda de mayor longitud. El cilindro de barra estabilizadora recibe líquido hidráulico. La barra sirve de apoyo, el pistón del cilindro intenta elevar el cilindro de suspensión izquierdo y, por tanto, la rueda. Esto no es posible, sin embargo, el lado izquierdo de la carrocería desciende por su peso, ya que la rueda está deslastrada. Así se produce la compresión del elemento de suspensión y la disminución de **D'**. Seguidamente, el lado derecho de la carrocería se deslastra ligeramente. Como el cilindro empuja hacia abajo sobre el extremo izquierdo de la barra estabilizadora, ésta en estado rígido, el extremo derecho intenta descender igualmente y llevar la rueda hasta el suelo. Esto no es posible, por la reacción del brazo de suspensión, el lado derecho de la carrocería sube. Tiene lugar así un proceso continuo: el lado izquierdo de la carrocería recupera su peso y el izquierdo lo pierde.

Cuando **D'=D**, existe equilibrio, el eje del corrector de balanceo vuelve a la posición de reposo.

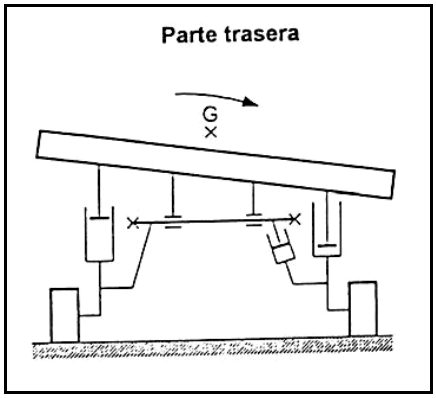


Figura 2-20. Parte trasera con balanceo a la derecha

El principio de corrección es el mismo, si bien el cilindro de la barra estabilizadora está invertido. Su acción es simétrica. El líquido hidráulico entra en este cilindro. En esta ocasión, el apoyo se produce sobre la rueda derecha. El cilindro hace girar la barra hacia adelante. Gracias a su rigidez, el extremo izquierdo intenta levantar el brazo izquierdo, lo que resulta imposible. Sin embargo, al encontrarse deslastrada la rueda izquierda, el lado izquierdo desciende y deslastra el lado derecho. El brazo de este lado, por el empuje del

cilindro, intenta descender. Por reacción, el lado derecho de la carrocería sube. En este caso, se produce también el proceso continuo.

Hay que observar que, al producirse el balanceo, se produce el proceso en cada eje, pero en diagonal, puesto que los cilindros de las barras estabilizadoras no están instalados en el mismo lado. Podemos observar, igualmente, que en el balanceo a la derecha, se produce un empuje sobre las barras estabilizadoras.

Balanceo a la izquierda

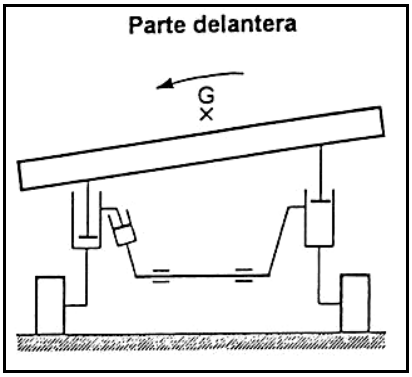


Figura 2-21. Parte delantera con balanceo a la izquierda

En este caso, el líquido hidráulico se retira del cilindro de la barra estabilizadora. El extremo izquierdo de ésta sube y repercute en su extremo derecho, que intenta levantar la rueda derecha. También por deslastrado, el lado derecho de la carrocería desciende y recupera su peso. El volumen del líquido ha disminuido en el interior del cilindro. Su pistón intenta arrastrar al cilindro de suspensión izquierdo hacia abajo. Por reacción del brazo, el lado izquierdo de la carrocería sube.

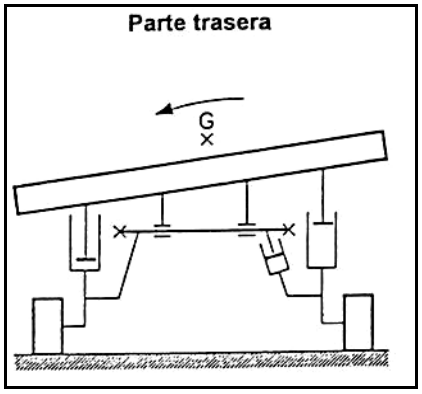


Figura 2-22. Parte trasera con balanceo a la izquierda

Principio idéntico: el volumen el líquido hidráulico disminuye en el cilindro. El cilindro de suspensión derecho intenta arrastrar la rueda hacia arriba. Por deslastrado, el lado derecho de la carrocería desciende y recupera su peso. El pistón del cilindro de la barra estabilizadora arrastra a ésta en rotación hacia atrás, y sitúa a la rueda izquierda sobre el suelo. Por reacción del brazo, el lado izquierdo de la carrocería sube.

Hay que observar que, al producirse el balanceo a la izquierda, se produce una tracción sobre las barras estabilizadoras.

Final de una curva.

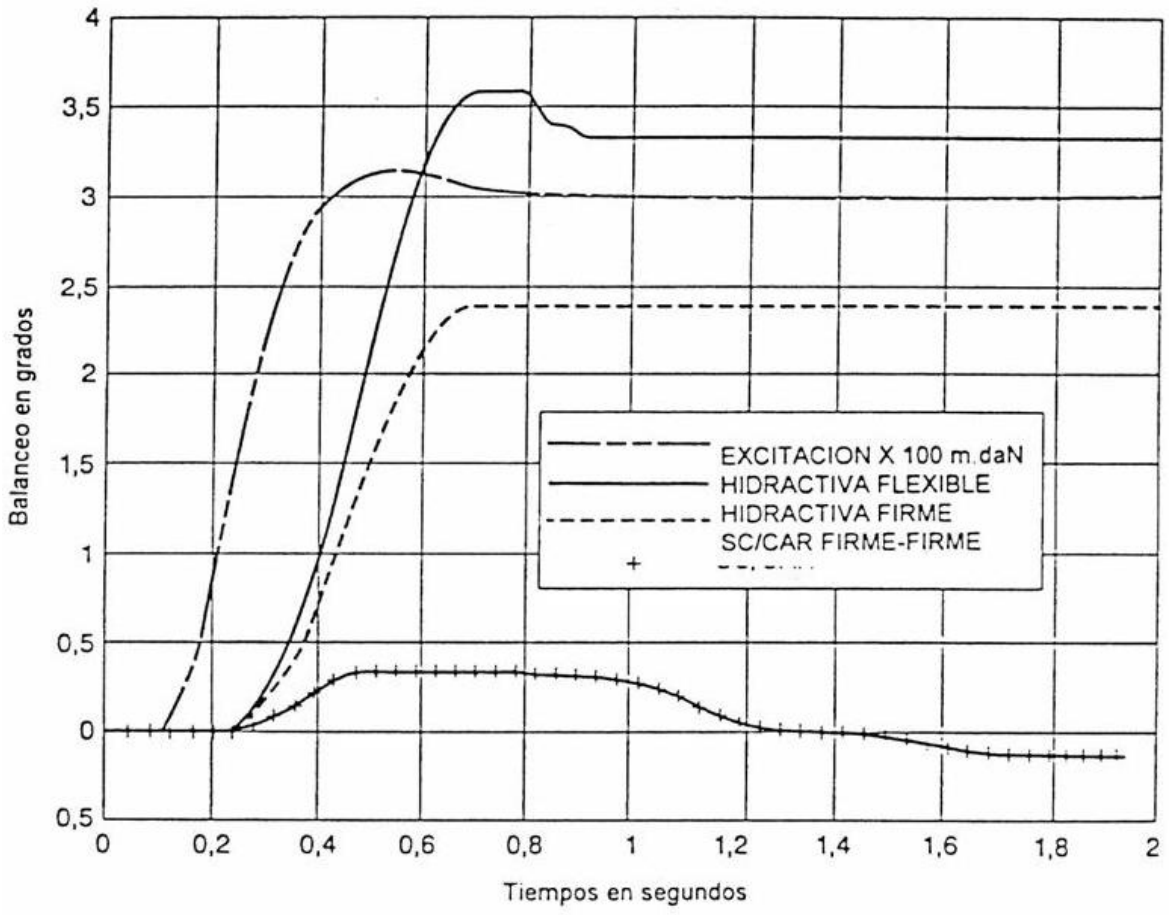
El vehículo se mantiene estable a la salida de la curva, la aceleración transversal desaparece. La carrocería tiende entonces a inclinarse en sentido inverso al balanceo. El corrector actúa evacuando o admitiendo líquido en los cilindros. Después, mediante el análisis de los parámetros de volante, el calculador pone en servicio a la esfera de balanceo, recuperando las barras estabilizadoras una rigidez de carácter flexible.

2.6. SÍNTESIS

En el siguiente grafico se muestra el resultado de una simulación de conducta de la suspensión al tomar una curva de 0,5 grados. En el cual se aprecia visualmente la mejora que logra realizar el dispositivo SC/CAR.

Resultados de la simulación: curva 0.5 g

Gráficos 2- 1. Simulación en curva



2.6.1. Mediciones

Las mediciones anteriormente graficadas indican lo siguiente:

- Ángulo de balanceo < 0.3º hasta 0.6g de aceleración transversal.
- Tiempo de conmutación inferior a 40ms.
- Tiempo de corrección del orden de 1 segundo.

2.6.2. Aportaciones del sistema

- Ventajas en comportamiento rutero y en seguridad:
    - Vehículo muy tolerante.
    - Excelente estabilidad al levantar el pie y al frenar en curvas.
    - Excelente maniobrabilidad.
- Mejora en la estabilidad de la carrocería.
- Agrado al conducir.

2.7. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PROPIOS DEL SC/CAR

2.7.1. Electroválvula de balanceo

Es una válvula de 3 vías, normalmente cerrada, que regula el paso del estado elástico al estado firme y viceversa.

2.7.1.1. Función

Permite controlar hidráulicamente el regulador de balanceo en función de la información eléctrica que recibe del calculador.

Constitución.

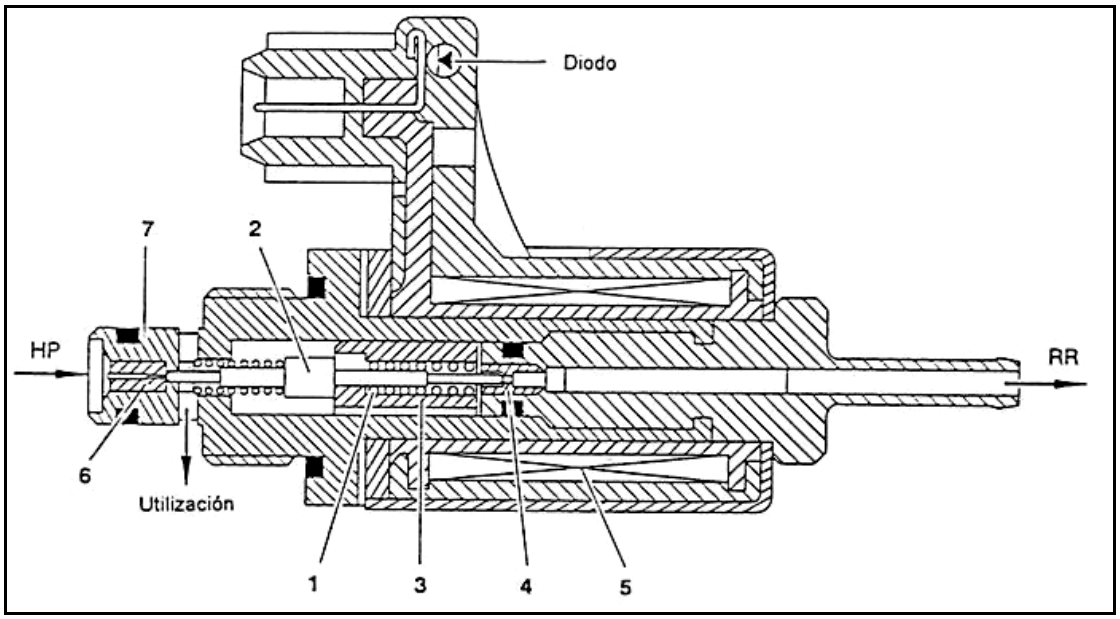


Figura 2-23. Electroválvula de balanceo

Nomenclatura.

1- Muelle
2- Aguja
3- Núcleo
4- Asiento
5- Bobinado
6- Asiento
7- Filtro

Nota: El diodo de polaridad inversa está destinado a limitar las sobretensiones provocadas por los cortes de alimentación.

2.7.1.2. Funcionamiento

- Posición de reposo

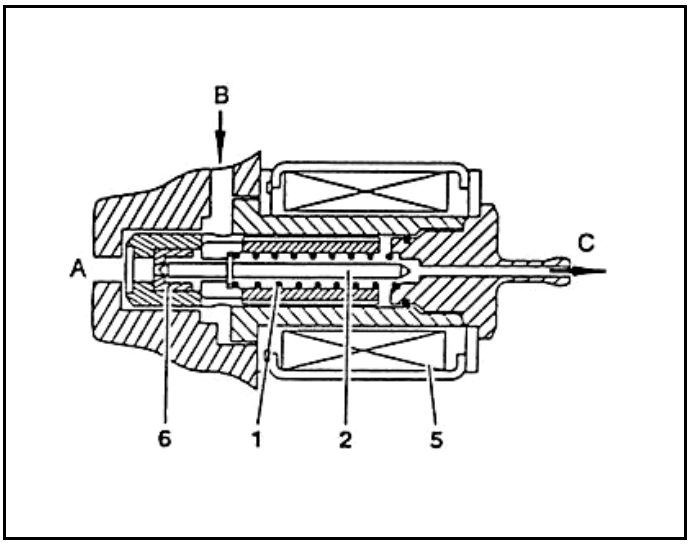
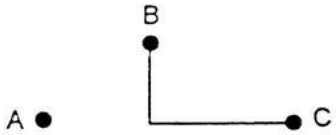


Figura 2-24. Electroválvula de balanceo en posición de reposo

El bobinado **5** no recibe alimentación: el muelle **1** placa la aguja **2** sobre el asiento **6**.

Las comunicaciones son las siguientes:



La salida a la utilización **B** está en comunicación con el depósito **C**.

- Posición activada.

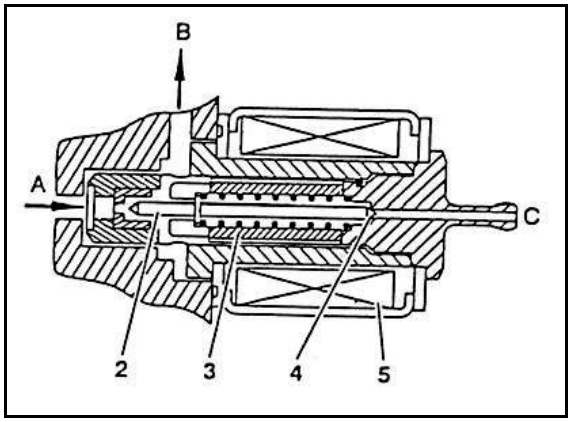
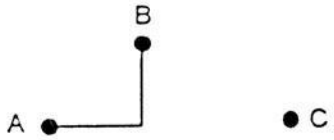


Figura 2-25. Electroválvula de balanceo en posición activada

El bobinado **5** recibe alimentación y crea una fuerza magnética sobre el núcleo **3**. Esta fuerza arrastra en rotación a la aguja **2** que viene a hacer tope sobre el asiento **4**.

Teniendo en cuenta que:



La salida a la utilización **B** está a la presión de alimentación **A**.

Para concluir:

Electroválvula	**Presión de utilización**
No activada	Depósito
Activada	Alimentación (AP)

Características

Tensión nominal:	3 A en solicitación durante 0.5 segundos con la tensión máxima
	0.5 A en mantenimiento por recorte de la tensión de alimentación
Resistencia:	4.8 Ω
Frecuencia de mando:	1000 Hz

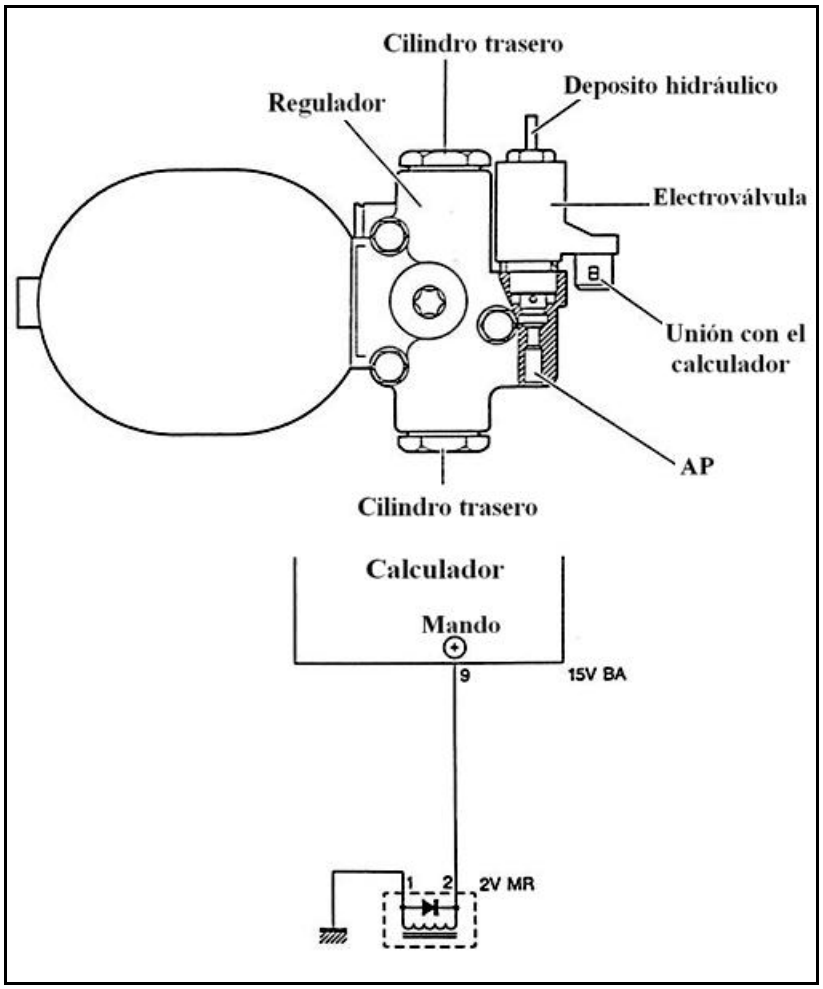


Figura 2-26. Regulador de balanceo

2.7.2. Regulador de rigidez de balanceo

2.7.2.1. Función

Modificar el estado de rigidez de las barras estabilizadoras en función del estado de la electroválvula.

2.7.2.2. Constitución (en reposo)

Nomenclatura	**Uniones hidráulicas**
1 – Cuerpo	**A** – Electroválvula
2 – Eje	**B** – Cilindro
3 – Tornillo	**C** – Cilindro
	D – Esfera adicional
	E – Tornillo de purga
	F – Unión directa de cilindros

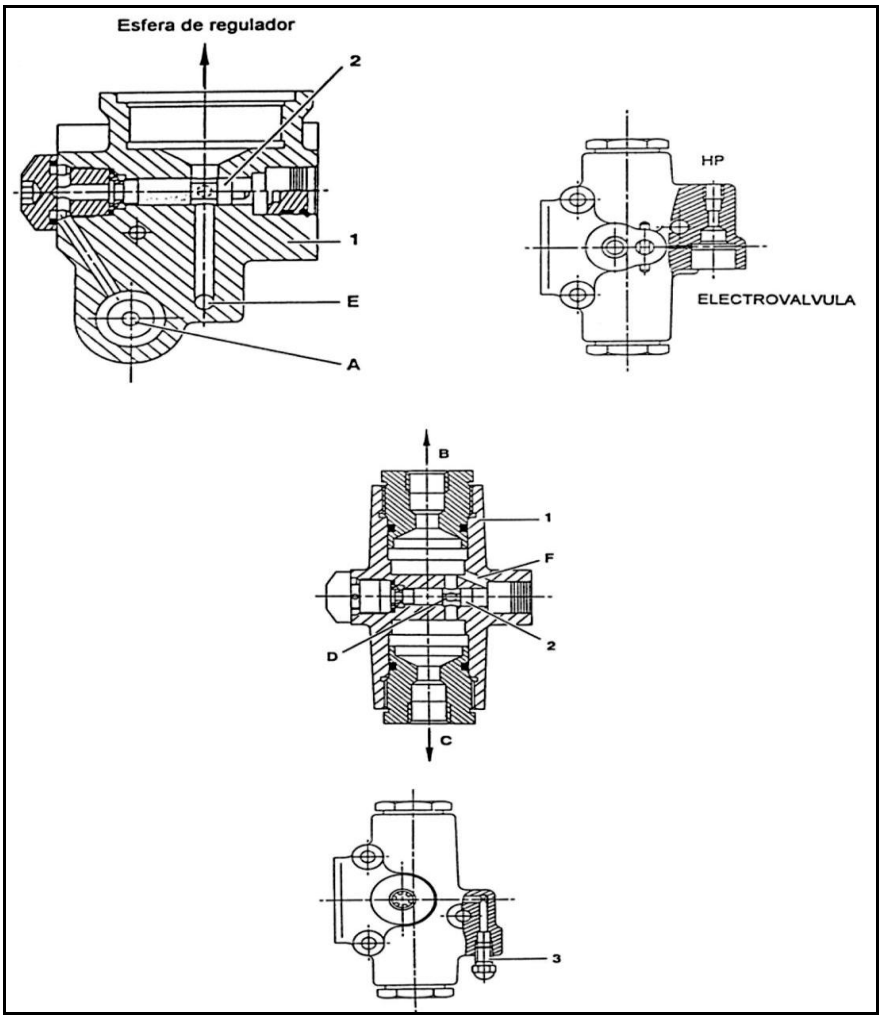


Figura 2-27. Partes del regulador de balanceo en reposo

2.7.2.3. Principio de funcionamiento

a) Estado elástico de rigidez.

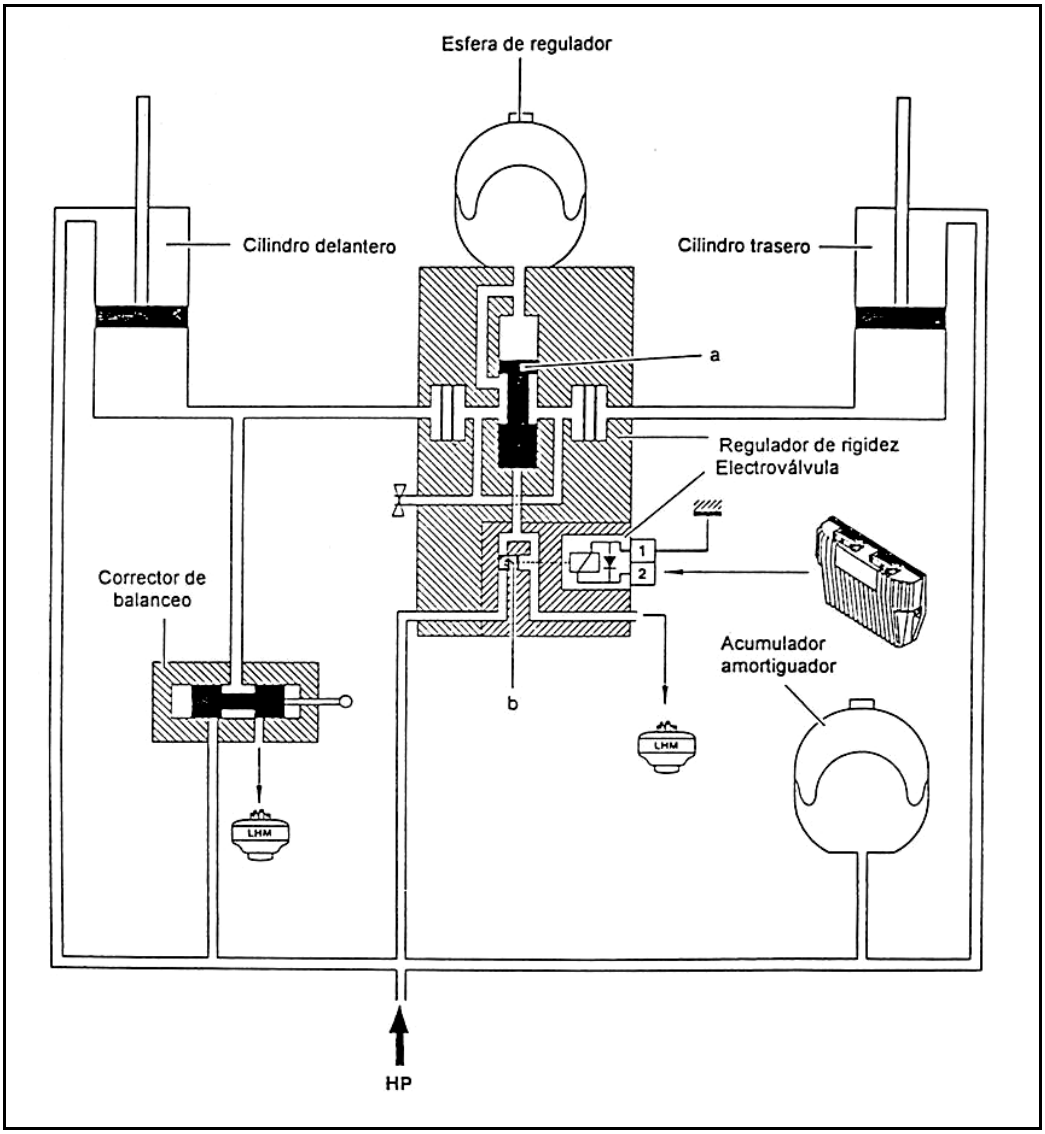


Figura 2-28. Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado elástico

La electroválvula no está alimentada; su eje **b** está en reposo. El eje **a** del regulador está sometido, por un lado, a la presión de utilización **Pu** existente en los cilindros y, por

otro, a la presión del depósito **Pr** (**Pu > Pr**). El eje a se encuentra bloqueado en posición "elástica". Los dos cilindros están comunicados con la esfera del regulador. El estado de rigidez de la barra estabilizadora es, por lo tanto, "**elástico**".

b) Estado firme de rigidez.

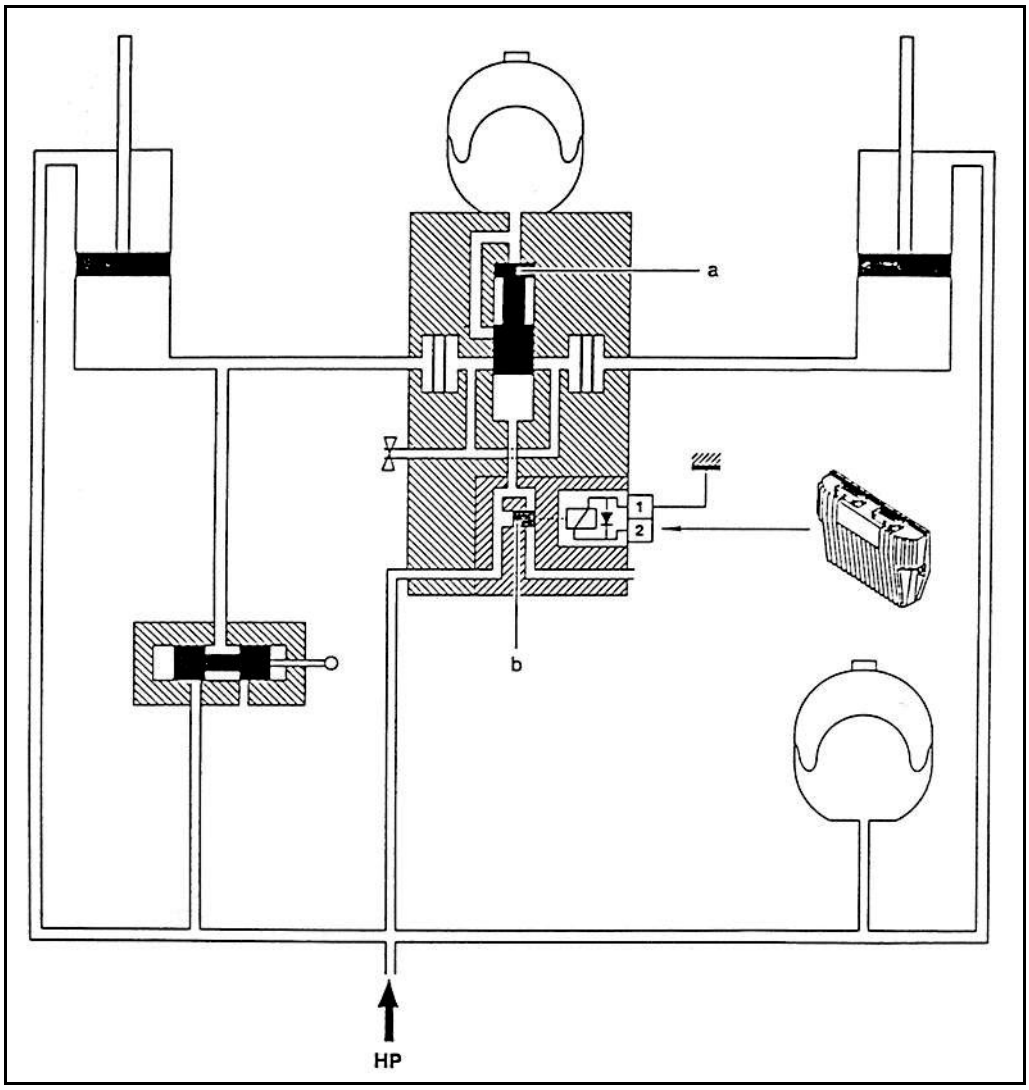


Figura 2-29. Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado firme

La electroválvula es alimentada; su eje **b** se desplaza a la derecha comprimiendo el muelle de retroceso. El eje **a** del regulador es sometido, por un lado, a la presión **Pu**

existente en los cilindros; por otro, a la alta presión **AP** (**AP > Pu**). El eje **a** se levanta para bloquearse en posición firme. La comunicación de los cilindros con la esfera del regulador queda anulada, los cilindros se comunican entre sí directamente. El estado de rigidez de la barra estabilizadora es, por tanto, "firme".

2.7.3. Corrector de balanceo

El corrector de balanceo permite aumentar o disminuir la cantidad de líquido hidráulico en los cilindros, con el fin de modificar su longitud y, por consiguiente, enderezar la carrocería del vehículo. Además, el corrector sólo debe actuar en solicitaciones importantes para preservar el confort.

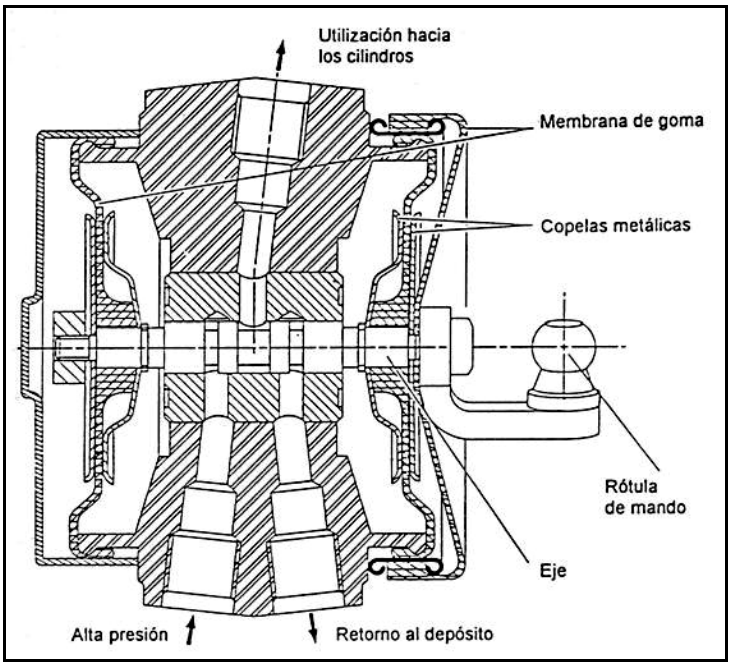


Figura 2-30. Corrector de balanceo

Se trata de un distribuidor (grifo de 2 vías) que, en función de la posición del eje:

- Pone la utilización (cilindros) en comunicación con la admisión (fuente de alta presión)

- Pone la utilización (cilindros) en comunicación con el escape (depósito)
- Incomunica la utilización de la admisión y del escape (eje en posición neutra)

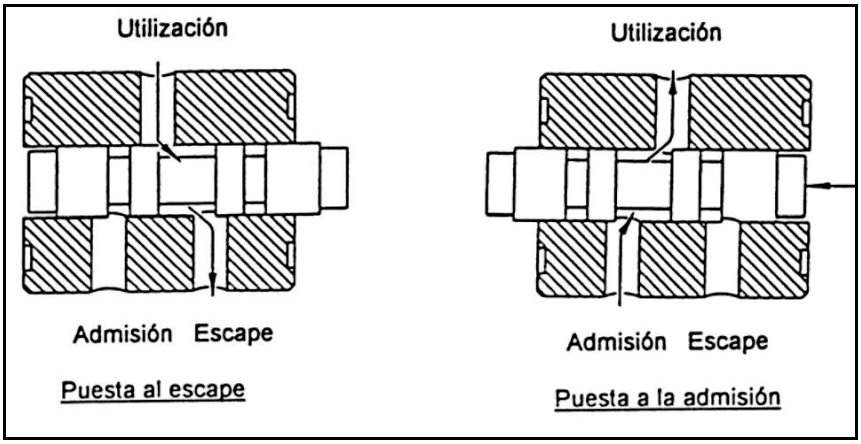


Figura 2-31. Eje del corrector en posición de escape y admisión

2.7.3.1. Detalle de fabricación

El eje posee dos gargantas en los dos lados de su garganta central de distribución. Dichas gargantas están destinadas a recoger el líquido de las fugas, y a equilibrar el eje en posición neutra.

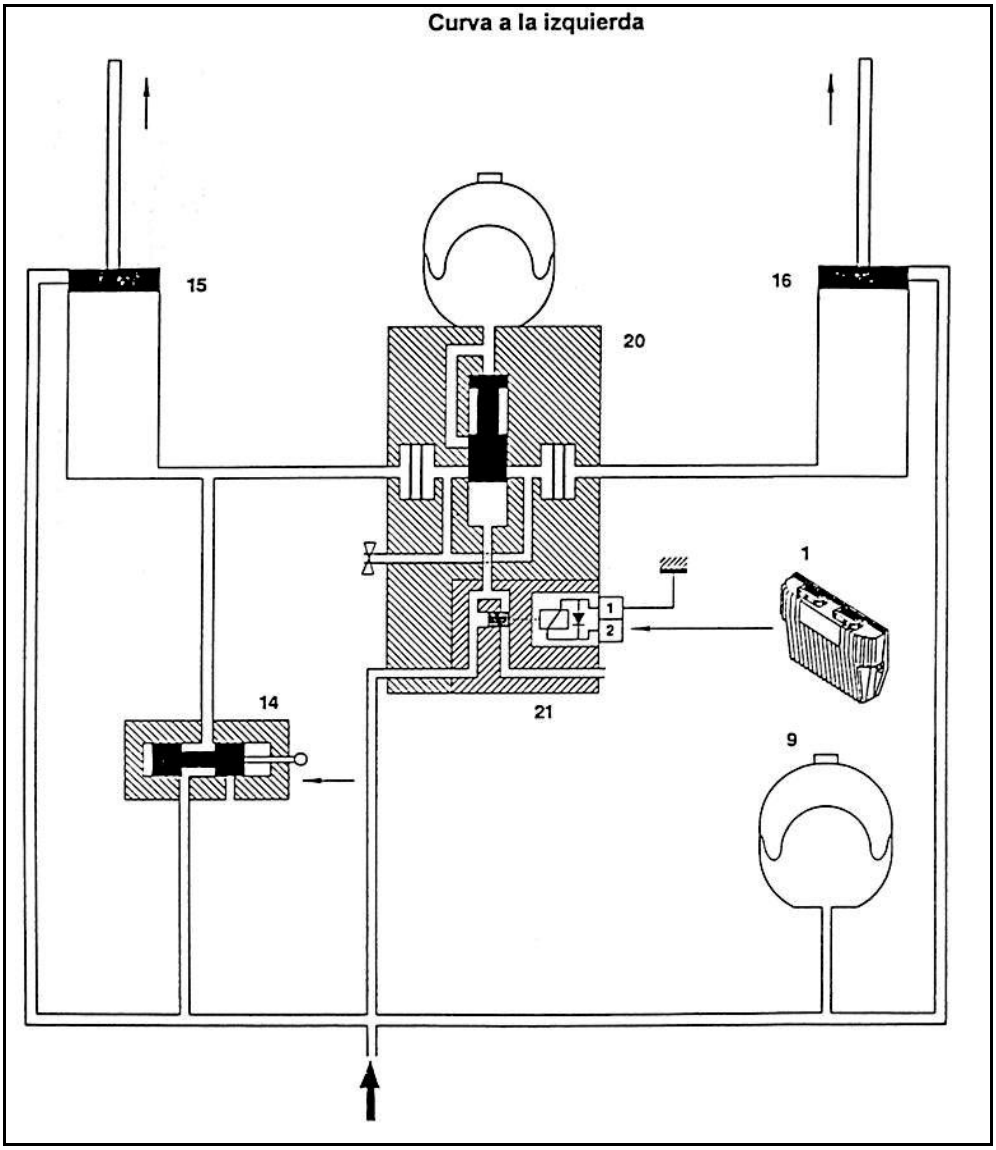


Figura 2-32. Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección la izquierda

1 – Calculador

9 – Esfera SC/CAR

14 – Corrector SC/CAR

15 – Cilindro SC/CAR delantero

16 – Cilindro SC/CAR trasero

20 – Regulador SC/CAR

21 – Electroválvula del regulador SC/CAR

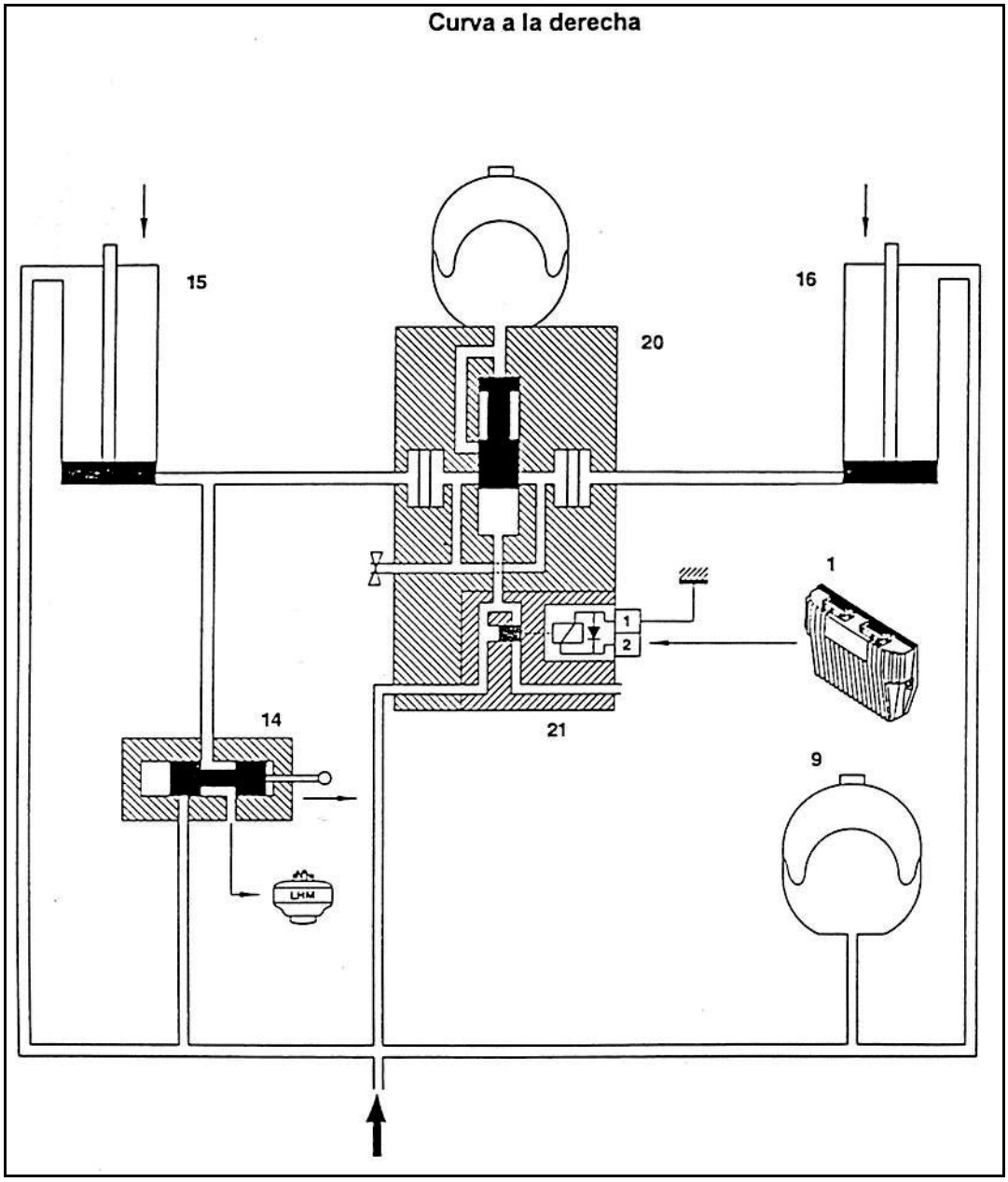


Figura 2-33. Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección a la derecha

2.7.4. Cilindros

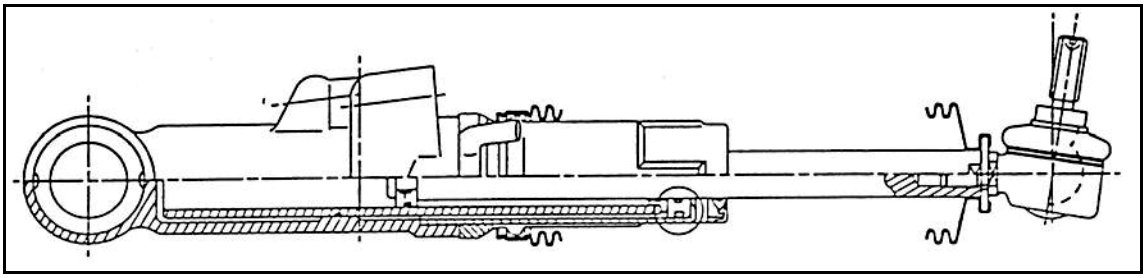


Figura 2-34. Cilindro antitorsión activo delantero

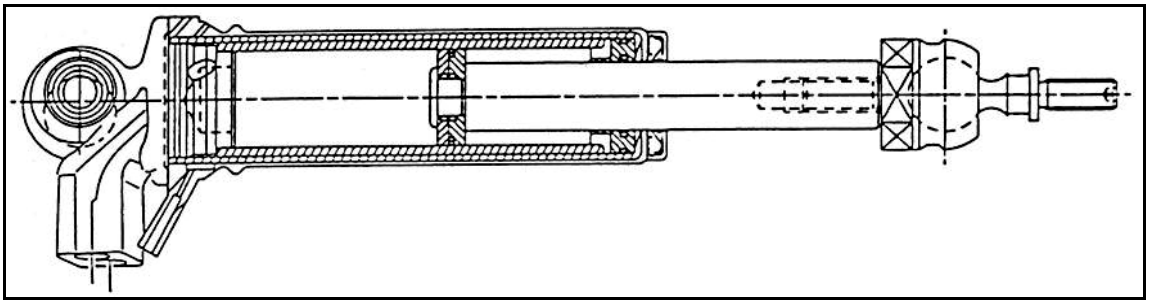


Figura 2-35. Cilindro antitorsión activo trasero

Superficie del pistón:

- Cámara grande: **8 cm^2**
- Cámara pequeña: **4 cm^2**

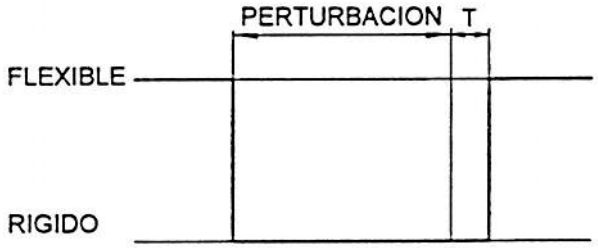
2.8. FUNCIONAMIENTO ELECTRÓNICO

2.8.1. Principio

Las barras estabilizadoras poseen dos estados de rigidez. Los cambios de estado son mandados por anticipación, por uno de los siguientes parámetros:

- Ángulo de volante.
- Velocidad de volante.

Ambos parámetros son comparados con umbrales variables en función de la velocidad del vehículo. El sobrepaso del umbral provoca el paso al estado rígido de las barras estabilizadoras, el retorno a su estado flexible se produce cuando el valor del parámetro desciende de nuevo por debajo del umbral, y tras el paso de un período de temporización.



Observación: El cambio de estado de la electroválvula de la función SC/CAR es independiente del cambio de estado de las electroválvulas delantera y trasera de Hidractiva II.

2.8.2. Calculador

2.8.2.1. Función

- Controlar la electroválvula del regulador de SC/CAR para cambiar las características de rigidez del balanceo del vehículo, del estado flexible al estado rígido, e inversamente, en función de la información de los diferentes captadores utilizados para esta función.
- Vigilar el conjunto de los componentes del sistema: captadores, accionadores, uniones electrónicas, la misma caja electrónica, la alimentación de potencia.
- Vigilar el funcionamiento del programa.
- En caso de fallo del material o del programa:
    - garantizar la máxima seguridad posible
    - entrar en un modo de funcionamiento de emergencia (estrategia de emergencia)
    - realizar un autodiagnóstico de los órganos y de las funciones fundamentales

2.8.3. Captadores

Captador volante de dirección.

Trabajo que debe realizar el calculador:

- Interpretar las señales procedentes del captador (número de pasos).
- Determinar el sentido de giro.
- Determinar la posición línea recta.
- Calcular el ángulo de volante con relación a la línea recta calculada.
- Calcular la velocidad de rotación del volante.
- Comprobar los valores de velocidad de rotación y de ángulo medidos con los umbrales de paso al estado rígido de la suspensión, y de la rigidez del balanceo.

- Mandar o no el paso de la suspensión al estado firme.
- Mandar o no el paso de las características del balanceo al estado rígido.

2.8.4. Estrategias de paso al estado rígido

2.8.4.1. Principio - Mando de la electroválvula SC/CAR

Normalmente, la rigidez de las barras estabilizadoras es de carácter “flexible” (cámaras grandes de los cilindros de barras estabilizadoras comunicadas con la esfera de SC/CAR). El calculador cambia al estado “rígido” (comunicación esfera SC/CAR - cilindros interrumpida) utilizando los siguientes parámetros:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Ángulo volante}\\ \text{Velocidad volante}\end{array}\right\}\text{Captador de volante}$$

Estos dos parámetros están en función de la velocidad del vehículo, y permiten determinar, por anticipación, la aceleración transversal del vehículo.

2.8.4.2. Lógica de la electroválvula

Antibalanceo flexible -> la electroválvula no recibe alimentación.

Antibalanceo firme -> la electroválvula recibe alimentación.

Esta electroválvula actúa al contrario que las dos electroválvulas de la Hidractiva.

2.8.4.3. Paso al estado rígido por anticipación

2.8.4.3.1. Volante

- Hidractiva

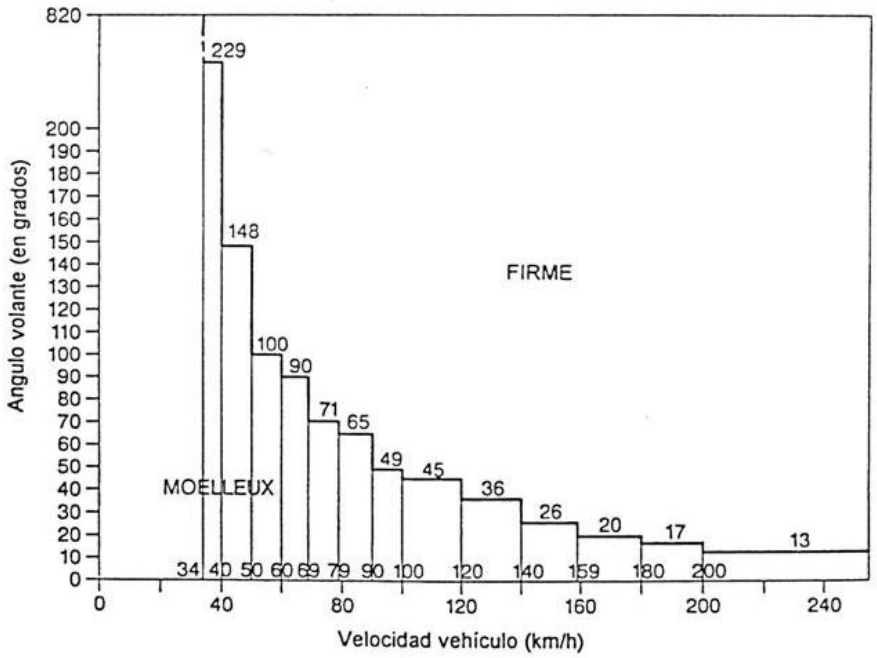
a) Por ángulo de rotación.

La velocidad del vehículo tiene que haber sobrepasado los 30 km/h una primera vez, y el ángulo tiene que ser superior a un umbral en función de la velocidad del vehículo.

El retorno de la suspensión al estado flexible tendrá lugar cuando el ángulo del volante adquiera un valor inferior al del umbral, y después de un período de temporización de 0.8 segundos.

Nota: en posición sport, cada umbral de paso al estado rígido se divide entre 1.4, y la temporización de retorno al estado flexible se multiplica por 1.2.

Gráficos 2- 2. Umbrales de ángulo de volante (posición normal)



Observemos que cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor umbral de paso al estado firme (evolución inversa)

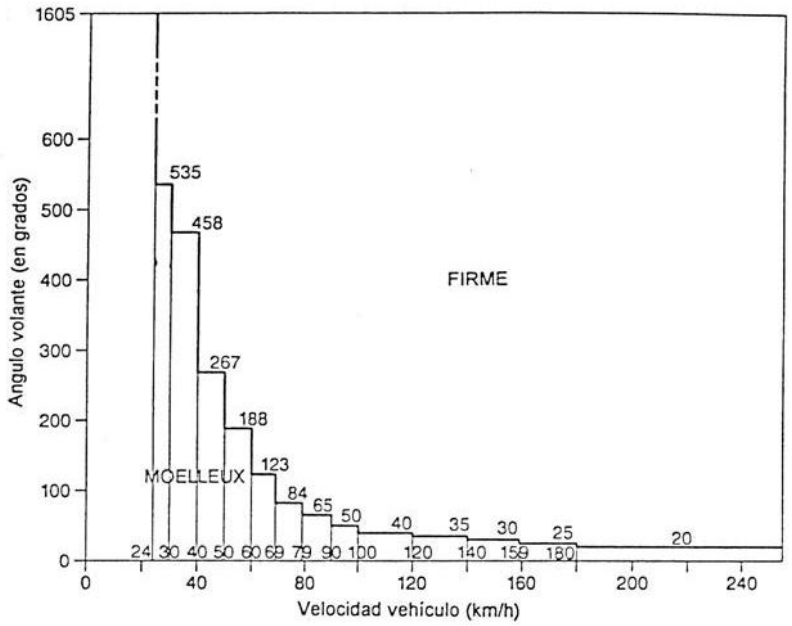
b) Por velocidad de rotación del volante.

La velocidad del vehículo deberá haber sobrepasado los 30 km/h una primera vez, y el ángulo tiene que ser superior a un umbral en función de la velocidad del vehículo.

El retorno de la suspensión al estado flexible tendrá lugar cuando el ángulo del volante adquiera un valor inferior al del umbral, y después de un período de temporización de 0.7 segundos.

Nota: en posición sport, cada umbral de paso al estado rígido se divide entre 1.4, y la temporización de retorno al estado flexible se multiplica por 1.2.

Gráficos 2- 3. Umbrales de velocidad de volante (posición normal)



Observemos que cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor umbral de paso al estado firme (evolución inversa)

c) Caso particular retorno de volante

Por experiencia sabemos que el retorno del volante a la línea recta se efectúa siempre con mayor rapidez que el giro, sin que sea necesario un paso al estado firme de la suspensión para estabilizar el vehículo. Asimismo, los umbrales de paso al estado firme en el retorno del volante son calculados con respecto al giro, y el sobrepaso de la línea recta, que se produce siempre, es igualmente filtrado.

Los umbrales de paso al estado firme en velocidad se multiplican por dos, mientras tiene lugar el retorno del volante a la línea recta y si se produce un sobre paso máximo eventual de ésta de 17º. Consideramos que existe sobrepaso cuando el volante franquea la posición línea recta con una velocidad superior a 13º por segundo. Si durante un retorno del volante a la posición línea recta, un umbral de paso al estado firme ha sido sobrepasado, la suspensión volverá al estado flexible cuando el ángulo sea inferior a dicho umbral, y después de un período de temporización de 0.6 segundos.

Nota: Si el tiempo de paso al estado firme en función del ángulo del volante es superior a 120 segundos, el calculador provocará un retorno al estado flexible, y reinicializará la línea recta. La línea recta no se reinicializará si es validado un defecto del captador de velocidad.

El paso al estado firme de la hidractiva en función de las informaciones sobre el volante no puede tener lugar, salvo que la velocidad del vehículo haya rebasado una primera vez los 30km/h.

- SC/CAR

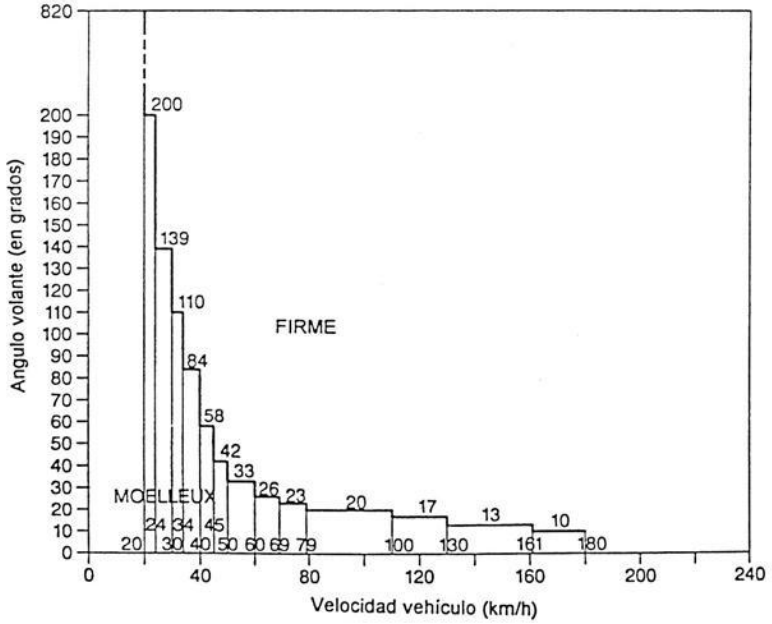
a) Por velocidad de ángulo.

La velocidad del vehículo tiene que haber sobrepasado los 30 km/h una primera vez. La línea recta deberá haber sido validada a los 50 metros recorridos, y el ángulo tiene que ser superior a un umbral en función de la velocidad del vehículo.

El retorno de la rigidez de las barras estabilizadoras al estado flexible tendrá lugar cuando el ángulo del volante adquiera un valor inferior al del umbral, y después de un período de temporización de 0.96 segundos.

Nota: En posición sport, cada umbral de paso al estado rígido se divide entre 1.4, y la temporización de retorno al estado flexible se multiplica por 1.2.

Gráficos 2- 4. SC/CAR umbrales de velocidad de volante



Observemos que cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor del umbral de paso al estado firme (evolución inversa).

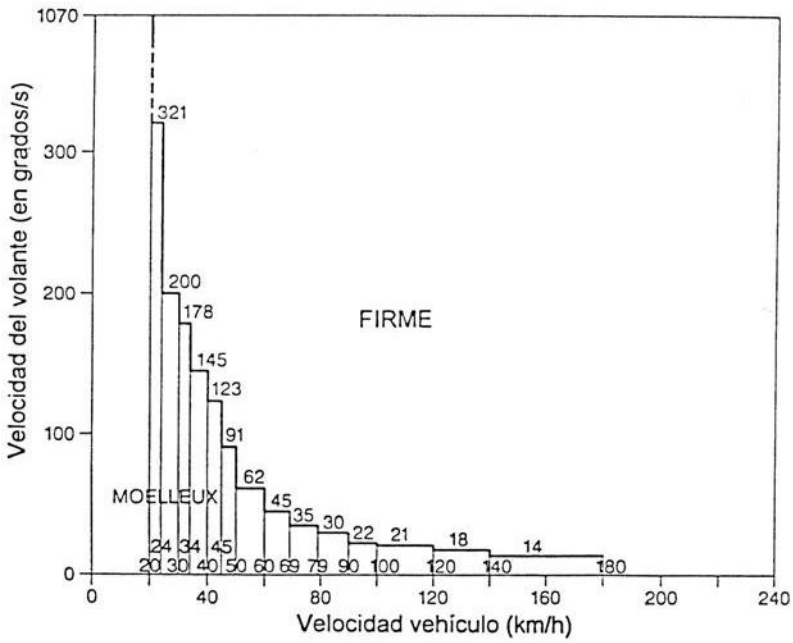
b) Por la velocidad de rotación del volante

La velocidad del vehículo tiene que haber sobrepasado los 30 km/h una primera vez. La línea recta deberá haber sido validada a los 50 metros recorridos, y el ángulo tiene que ser superior a un umbral en función de la velocidad del vehículo.

El retorno de la rigidez de las barras estabilizadoras al estado flexible tendrá lugar cuando el ángulo del volante adquiera un valor inferior al del umbral, y después de un período de temporización de 0.96 segundos.

Nota: En posición sport, cada umbral de paso al estado rígido se divide entre 1.4, y la temporización de retorno al estado flexible se multiplica por 1.2.

Gráficos 2- 5. SC/CAR umbrales de velocidad del volante (posición normal)



Observemos que cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor del umbral de paso al estado firme (evolución inversa).

c) Caso particular retorno de volante.

Por experiencia sabemos que el retorno del volante a la línea recta se efectúa siempre con mayor rapidez que el giro, sin que sea necesario un paso al estado firme de la

suspensión para estabilizar el vehículo. Asimismo, los umbrales de paso al estado firme en el retorno del volante son calculados con respecto al giro, y el sobrepaso de la línea recta, que se produce siempre, es igualmente filtrado.

Los umbrales de paso al estado firme en velocidad se multiplican por 2.2, mientras tiene lugar el retorno del volante a la línea recta y si se produce un sobre paso máximo eventual de ésta de 20º. Consideramos que existe sobrepaso cuando el volante franquea la posición línea recta con una velocidad superior a 13º por segundo. Si durante un retorno del volante a la posición línea recta, un umbral de paso al estado firme ha sido sobrepasado, la suspensión volverá al estado flexible cuando el ángulo sea inferior a dicho umbral, y después de un período de temporización de 0.9 segundos.

Nota: El retorno al estado flexible del balanceo es impuesto si la velocidad del vehículo es inferior a 20km/h.

2.8.4.3.2. Pedal de acelerador

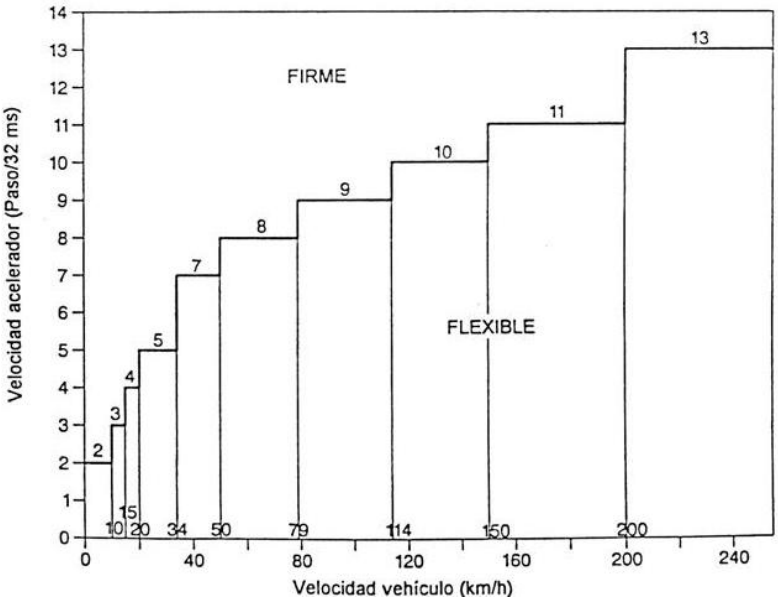
Es necesario que la velocidad del vehículo, después de poner el contacto, haya rebasado una vez el valor de 5 km/h para posibilitar el paso al estado firme.

Si la velocidad del desplazamiento del pedal acelerador es superior a un umbral que depende de la velocidad del vehículo, se produce el paso de la suspensión al estado firme.

Los umbrales de paso al estado firme son diferentes si el pedal acelerador está pisado o no.

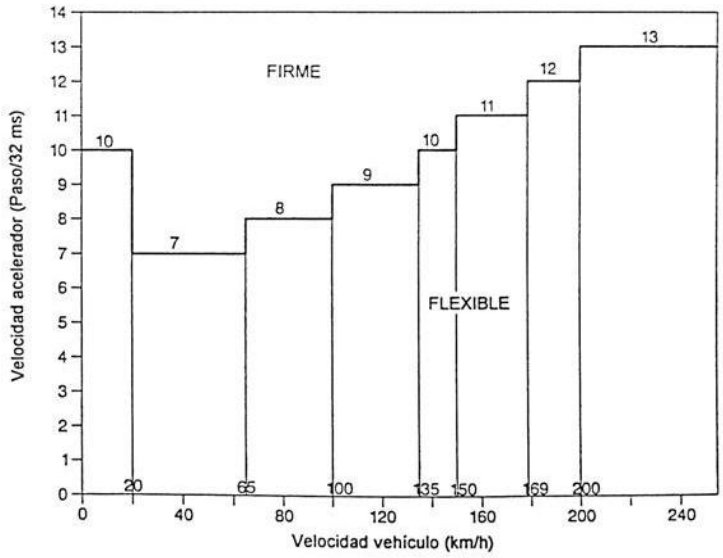
Nota: En posición sport, cada umbral de paso al estado rígido se divide entre 1.4, y la temporización de retorno al estado flexible se multiplica por 1.2.

Gráficos 2- 6. Umbrales acelerador (pedal pisado) (posición normal)



Observemos que cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor del umbral de paso al estado firme (evolución inversa).

Gráficos 2- 7. Umbrales acelerador (pedal pisado) (posición normal)



A partir de 34 km/h, observamos que, cuanto más elevada es la velocidad del vehículo, menor es el valor del umbral de paso al estado firme (evolución paralela).

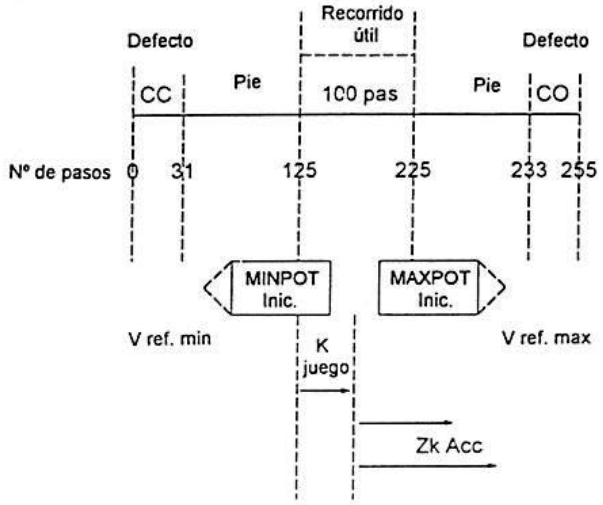
a) Influencia de la aceleración del vehículo.

Si después de un paso al estado firme provocado por el calculador, la aceleración o deceleración del vehículo produce más de 4 señales en 512 milisegundos (FÓRMULA), la posición firme se mantiene mientras el umbral es rebasado (4 señales en 512 milisegundos) con una duración mínima de 0.8 segundos.

Ejemplo: El vehículo circula a 36 km/h, correspondiente a 50 señales por segundo y 25 señales/500 ms. Si durante los 500 ms siguientes el captador envía 29 señales (4 suplementarias), el

vehículo rodará entonces a $\frac{36 \cdot 29}{25}$ km/h = 41.76 km/h, es decir, a 5.7 km/h más que antes. Así pues, en un segundo, el vehículo habrá aumentado su velocidad en 5.7·2 = 11.4 km/h. Esto, sin embargo, no es suficiente para mantener la posición firme, sería preciso que el calculador recibiera más de 29 señales en los 500 ms siguientes.

Recordatorio: Una señal por segundo => 0.72 km/h, o sea, ½ señal en 500 ms.
En consecuencia, una señal en 500 ms => 2·0.72 = 1.44 km/h.



- No se produce el paso al estado firme en hidractiva si el recorrido del pedal se sitúa en la zona de posición mínima pedal - posición mínima del pedal + 15 pasos para compensar las diferentes holguras mecánicas.
- Los umbrales de paso al estado firme se multiplican por 5 al pisar o soltar el pedal, desde que el recorrido del pedal se sitúa en la zona correspondiente al 20% del recorrido mecánico.
- La función antisalto no existe en el calculador (Hidractiva II + SC/CAR).

2.8.4.4. Selección de la posición sport

La posición sport no impone la posición firme de manera permanente.

- Umbrales menores: se dividen por:
    - 1.3 para velocidad acelerador.
    - 1.4 para ángulo y velocidad volante en hidractiva.
    - 1.2 para ángulo y velocidad volante en SC/CAR
- Temporizaciones prolongadas: se multiplican por:
    - 1.3 para el freno
    - 1.2 para la velocidad acelerador
    - 1.2 para ángulo y velocidad volante en hidractiva
    - 1.1 para ángulo y velocidad en SC/CAR
- La estrategia “carretera irregular” ha sido anulada (captador de desplazamiento de la carrocería).

CAPITULO 3: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Para lograr un buen funcionamiento del sistema se debe de cumplir estrictamente el programa de mantenimiento, de esta forma se lograra mantener el buen estado y la comodidad de la suspensión.

3.1. MANTENIMIENTO NORMAL

Tabla 3-1. Mantenimiento normal de la suspensión

Versiones de gasolina y diesel de inyección directa										
Frecuencias kilométricas (x 1000)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Nivel líquido “LHM verde”	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Sustitución líquido “LHM verde”						x				
Limpieza filtro retorno hidráulico LHM (verde)						x				
Control de estanqueidad de los amortiguadores			x			x			x	
Lectura de los códigos de defectos en memorias de autodiagnosis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reinicialización del indicador de mantenimiento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prueba en carretera con el vehículo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

3.2. CONDICIONES PARTICULARES DE UTILIZACIÓN (MANTENIMIENTO SEVERO)

Esencialmente urbanas (puerta a puerta, taxi). Atmosferas muy polvorientas (canteras).

Tabla 3-2. Mantenimiento severo de la suspensión

Versiones de gasolina y diesel de inyección directa								
Frecuencias kilométricas (x1000)	**15**	**30**	**45**	**60**	**75**	**90**	**105**	**120**
Nivel líquido “LHM verde”	x	x	x	x	x		x	x
Sustitución líquido “LHM verde”						x		
Limpieza filtro retorno hidra. LHM (verde)						x		
Control de estanqueidad de amortiguadores			x			x		
Lectura de memorias de autodiagnosis	x	x	x	x	x	x	x	x
Reinicialización de indicador de mantenimiento	x	x	x	x	x	x	x	x
Prueba en carretera con el vehículo	x	x	x	x	x	x	x	x

3.3. CONDICIONES PARTICULARES DE UTILIZACIÓN (KILOMETRAJE ANUAL REDUCIDO)

Cuando el kilometraje anual es inferior a:

- 20.000 Km: vehículos gasolina – diesel de inyección directa.
- 15.000 km: vehículos diesel de inyección indirecta

Es conveniente realizar las operaciones de mantenimiento indicadas a continuación.

3.3.1. Cada año:

- Controlar todos los niveles.
- Controlar la estanqueidad y estado de tuberías

- Efectuar una prueba en carretera.

3.3.2. Cada cuatro años:

- Controlar la estanquidad de los amortiguadores.

3.3.3. Cada cinco años:

- Vaciar y enjuagar el circuito hidráulico “LHM” (liquido LHM verde).
- Limpiar los filtros de retorno hidráulico.

3.4. AUTODIAGNOSIS

3.4.1. Generalidades

La autodiagnosis ha sido concebida con el fin de mejorar la fiabilidad, y preservar el funcionamiento automático el máximo tiempo posible.

Ante la imposibilidad de controlar las electroválvulas (calculador fuera de servicio, conector de electroválvulas desconectado, tensión de alimentación insuficiente), la suspensión se sitúa en estado firme hidráulicamente, y el balanceo en estado flexible, también hidráulicamente.

Si el captador de volante, en particular, está defectuoso, el balanceo será siempre de carácter flexible.

3.4.2. Detección

a) Captadores volante, acelerador, electroválvulas, calculador.

Hay dos tipos de diagnosis:

1. Por coherencia de las señales entre sí.

2. Por medición eléctrica, la cual permite una detección rápida de los defectos relativos a alimentación de los captadores y de los accionadores, sobre todo de los conectores desconectados y de los micro-cortes.

b) Captadores de desplazamiento de la carrocería y de velocidad del vehículo, manocontacto de frenos.

Solamente se aplica el diagnóstico por coherencia.

3.4.3. Modos de emergencia

a) Captadores de volante, desplazamiento carrocería, acelerador y manocontacto de frenos.

El captador que falla es excluido del sistema, pero se mantiene el funcionamiento automático del mismo. De esta manera se concede prioridad al confort.

b) Captador de velocidad.

La estrategia de emergencia velocidad = 100 km/h se establece a la validación del defecto.

Si el captador HS (fuera de servicio) -> funcionamiento con la última línea recta adquirida.

Si el captador está en cortocircuito (CC) o en circuito abierto (CO) -> impedimento de la estrategia captador volante.

c) Electroválvulas.

Las dos electroválvulas de hidractiva pasan a la posición “firme”.

La electroválvula SC/CAR permanece en posición “flexible”.

d) Memorización de los códigos defectos.

Los defectos son almacenados en una memoria no volátil EEPROM (los defectos no se borran aunque se desconecte la batería).

e) Control del sistema.

La comunicación establecida entre el calculador de suspensión y un aparato de comprobación post-venta sólo puede efectuarse de una manera:

- Trama rápida por conexión en serie con ELIT.

3.5. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA SUSPENSIÓN

Con el mantenimiento correcto se consigue un buen comportamiento en seguridad activa. La suspensión interviene directamente en el comportamiento dinámico del vehículo.

Para el correcto funcionamiento hay que realizar la sustitución del líquido del circuito hidráulico y de las esferas con los intervalos que indique el fabricante.

3.5.1. Precauciones

El funcionamiento correcto de toda la instalación hidráulica exige una limpieza perfecta de los elementos hidráulicos. Por tanto, es necesario tomar precauciones meticulosas durante el trabajo y antes de cualquier intervención en el circuito hidráulico: limpiar cuidadosamente la zona de trabajo, los órganos y las canalizaciones sobre los cuales vamos a intervenir.

3.5.2. Verificación del nivel hidráulico

El nivel hidráulico se controla con el motor en marcha y la palanca de mando manual de alturas en posición alta. En estas condiciones, la referencia debe situarse entre las marcas mínimo y máximo.

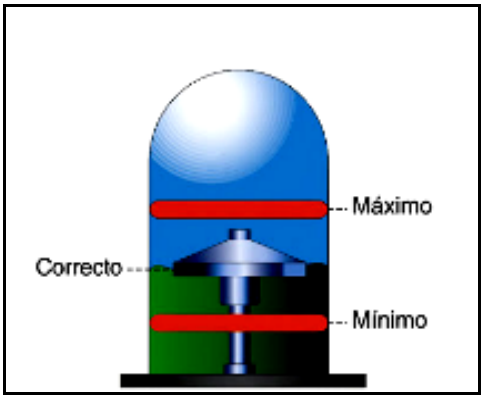


Figura 3-1. Marcas de verificación del nivel de líquido hidráulico

3.5.3. Localización de averías

Si la lámpara testigo permanece encendida se deberá seguramente a la falta de presión o a la falta de líquido. Se debe verificar la bomba o pérdida por algún órgano o tubería. Colocar el vehículo en un elevador y proceder a la localización de fugas.

3.5.4. Forma en la que se manifiesta el desgaste de la suspensión

Después de un largo periodo de funcionamiento, se produce un envejecimiento de las membranas de las esferas que conlleva a una pérdida de gas y por consiguiente una pérdida de presión. Por lo tanto, la suspensión se queda sin resorte neumático que pueda absorber las irregularidades del pavimento manifestándose con gran dureza.

Al empujar hacia abajo la carrocería en las cuatro esquinas, esta debe de subir y bajar de forma suave. Si esta condición no se cumple, se debe sustituir las esferas (comprobar la presión en un banco hidráulico).

3.5.5. Forma de revisar o comprobar si hay desgaste en algún elemento

Con el motor en marcha observar los conductos de fugas que llegan al depósito. Por estos conductos solamente deben llegar gotas de líquido. Si a través de alguno de los conductos de fuga llega líquido de forma contínua, verificar de qué órgano procede y comprobar dicho órgano.

3.5.6. Revisión a una suspensión que no sube ni baja

- Verificar el varillaje de accionamiento del corrector de altura.
- Comprobar que no exista agarrotamiento en el eje del corrector.
- Colocar el vehículo con las cuatro ruedas suspendidas y mover cada una de ellas hacia arriba y abajo para comprobar que no existe agarrotamiento en los elementos de suspensión.

En la suspensión hidractiva que utiliza el Citroën Xantia, el mantenimiento se limita a la sustitución del líquido del circuito hidráulico cuando se especifica en el manual del coche.

3.6. QUITAR PRESIÓN Y PURGADO DEL CIRCUITO DE SUSPENSIÓN

3.6.1. Descripción de los puntos de suspensión

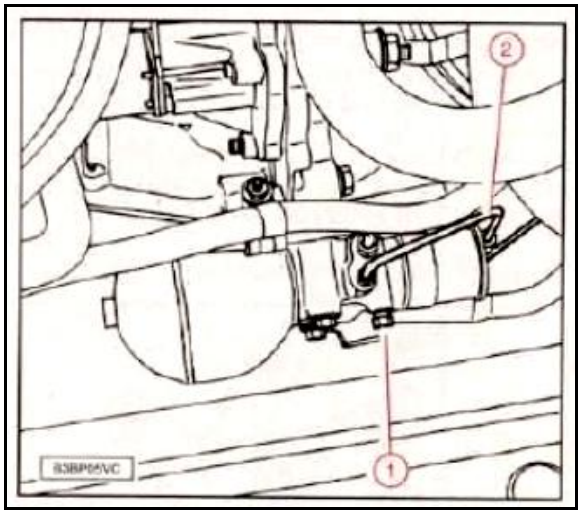


Figura 3-2. Conjuntor-disyuntor

1. Tornillo de purga del conjuntor-disyuntor.
2. Tubo de alimentación general del conjuntor-disyuntor.

NOTA: Al reapretar el tornillo de purga (1) del conjuntor-disyuntor, el paso del líquido hacia el depósito se detecta por un silbido.

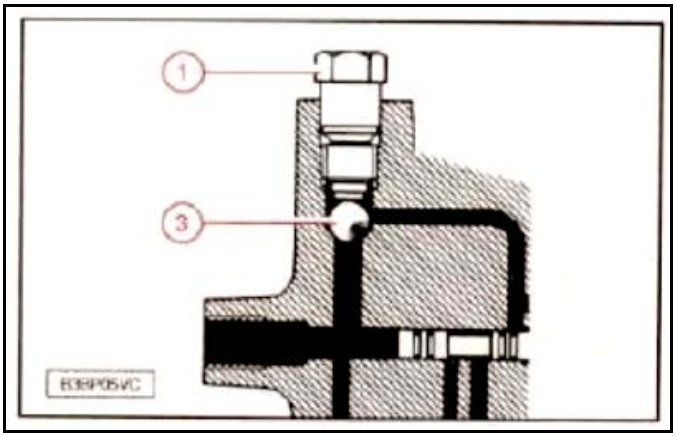


Figura 3-3. Tornillo de purga y bola de conjuntor-disyuntor

NOTA: No quitar el tornillo de purga (1), existe el riesgo de pérdida de la bola de estanqueidad (3).

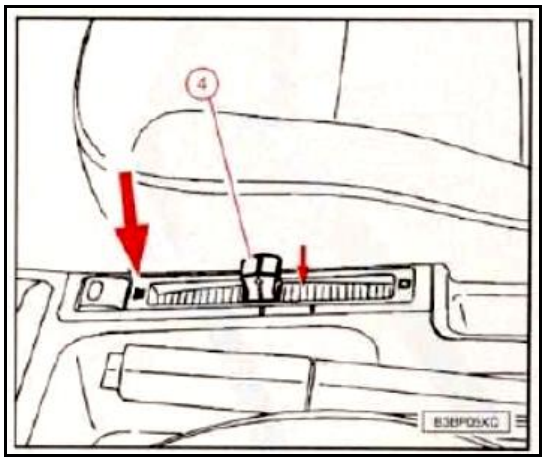


Figura 3-4. Mando de altura

4. Mando de altura.

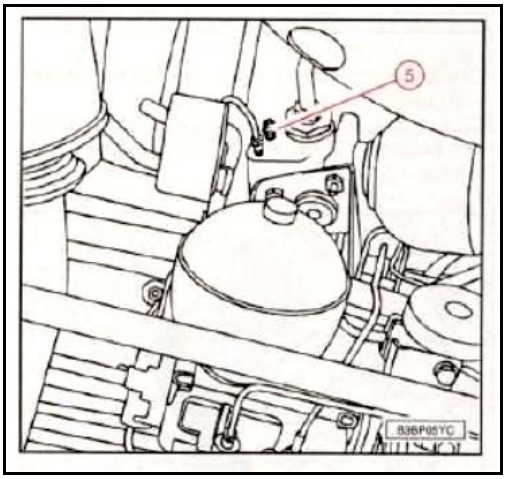


Figura 3-5. Tornillo de purga del regulador SC/CAR

5. Tornillo de purga del regulador SC/CAR.

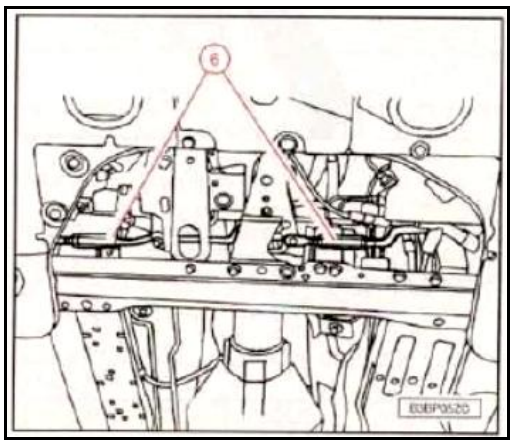


Figura 3-6. Bieletas

6. Bieletas de mando del corrector SC/CAR.

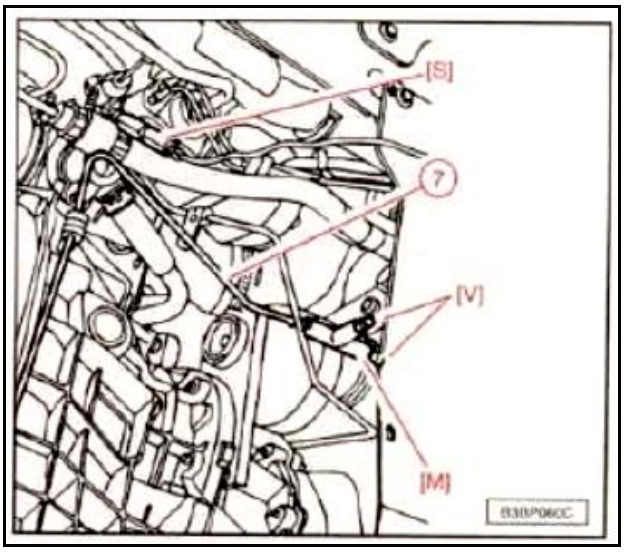


Figura 3-7. Tubo de alimentación del acumulador SC/CAR

7. Tubo de alimentación, acumulador SC/CAR.

[M]. Racor hidráulico.

[S]. Racor hidráulico.

[V]. Obturador.

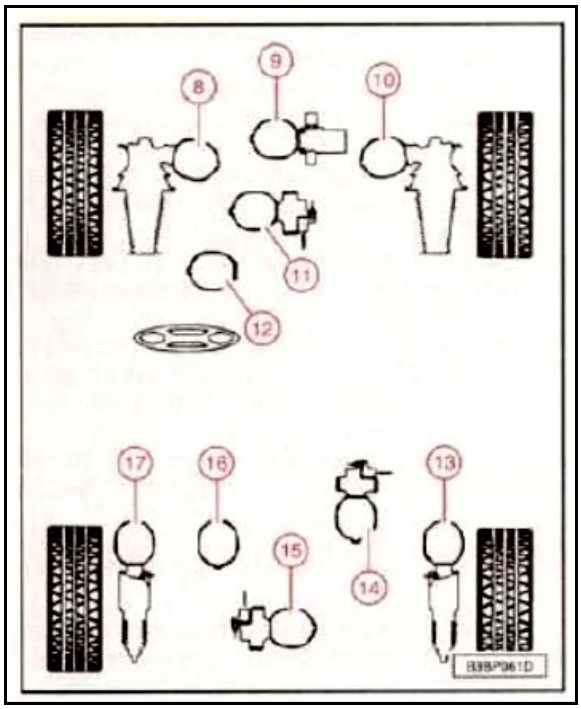


Figura 3-8. Esferas y acumuladores de suspensión

1. Esfera de suspensión.
2. Acumulador principal.
3. Esfera de suspensión.
4. Acumulador regulador hidractiva (delantero).
5. Acumulador SC/CAR.
6. Esfera de suspensión.
7. Acumulador regulador hidractiva (trasero).
8. Acumulador de regulador SC/CAR.
9. Acumulador SC/MAC.
10. Esfera de suspensión.

3.6.2. Quitar presión

Vehículo con Sistema Citroën de Control Activo de Balanceo, SC/CAR.

3.6.2.1. Vehículo en estado de marcha

1. Tornillo de purga (1) del conjuntor-disyuntor apretado: poner el motor en marcha.
    - Alimentación de las electroválvulas: reguladores hidractiva (11), (14).
    - Apertura de las válvulas SC/MAC
2. Situar el mando de las alturas (4) en posición “BAJA”.
    - Quitar la presión: esfera de suspensión (8), (10), (13), (17). Acumulador del regulador hidractiva (11), (14). Acumulador SC/MAC (16)
3. Esperar que baje totalmente la suspensión del vehículo.
    - Descargar, en el depósito, del líquido LHM de los elementos de suspensión afectados.
4. Parar el motor.
5. Aflojar una vuelta el tornillo de expansión del conjuntor-disyuntor.
    - Quitar la presión: acumulador principal (9).
6. Con ayuda de un tubo, unir el tornillo de purga (5) a un recipiente.
7. Abrir el tornillo de purga (5).
    - Quitar la presión: acumulador de regulador SC/CAR (15).

8. Accionar alternativamente de 4 a 5 veces las dos bieletas (6) de mando del corrector SC/CAR.

    - Quitar la presión: acumulador SC/CAR (12).

3.6.2.2. Vehículo detenido

1. Aflojar una vuelta el tornillo de expansión del conjunto-disyuntor.

    - Quitar la presión: acumulador principal (9).

2. Situar el mando de alturas (4) en posición “BAJA”.

    - Quitar la presión: acumulador SC/MAC (16).

3. Con ayuda de un tubo, unir el tornillo de purga (5) a un recipiente.

4. Abrir el tornillo de purga (5).

    - Quitar la presión: acumulador de regulador SC/CAR (15).

5. Accionar alternativamente de 4 a 5 veces las dos bieletas (6) de mando del corrector SC/CAR.

    - Quitar la presión: acumulador SC/CAR (12).

6. Desacoplar el tubo (7) del acumulador SC/CAR (12).

7. Obturar el tubo (7) con los racores [M, V].

8. Desacoplar el tubo (2) del conjuntor-disyuntor.

9. Con un racor [S] del cofre hidráulico [2], acoplar la bomba hidráulica [1] al tubo (2). Con la bomba hidráulica 4034-T, utilizar el racor [O].

10. Poner el contacto.

- Alimentación de las electroválvulas: reguladores hidractiva (11, 14).

11. Con una bomba hidráulica [1], establecer una presión de 150 a 180 bar.

    - Quitar la presión: esfera de suspensión (8), (10), (13), (17): acumulador del regulador hidractiva (11), (14).

12. Esperar que baje totalmente la suspensión del vehículo.

    - Descarga, en el depósito, del líquido LHM de los elementos de suspensión afectados.

13. Abrir el tornillo de purga de la bomba hidráulica [1].

    - Caída de la presión en el circuito de alimentación.

14. Desacoplar la bomba hidráulica [1].

15. Acoplar el tubo (2) al conjuntor-disyuntor.

16. Desmontar los racores [M, V].

17. Acoplar el tubo (7) al acumulador SC/CAR (12).

3.6.3. Purgado

La purga de un circuito hidráulico se efectúa siempre de la misma forma, no importa el tipo de circuito.

1. Efectuar el llenado (y hacer el nivel) utilizar exclusivamente líquido LHM.
    - Puesta a nivel del líquido LHM.
2. Poner el motor en marcha.
3. Aflojar y apretar el tornillo de purga del conjuntor-disyuntor varias veces.
    - Cebado de la bomba alta presión (HP).
4. Colocar el mando de alturas en posición “ALTA”.
    - Llenado del circuito hidráulico con líquido LHM.
5. Verificar el nivel de líquido LHM (efectuar el rellenado).
    - La cantidad del líquido LHM del circuito hidráulico es correcta.
6. Esperar que el vehículo suba completamente.
7. Completar el nivel; motor en marcha.
    - Puesta a nivel del líquido LHM.
8. Parar el motor.

3.7. EXTRACCIÓN Y REPOSICIÓN DEL BLOQUE NEUMÁTICO

La extracción y reposición del bloque neumático no se encuentra dentro del programa de mantenimiento que se dicta en el manual, pero se integra en este trabajo como información adicional.

La extracción o cambio del bloque neumático solo se realiza cuando se encuentra roto o esté golpeado de tal forma que produzca alguna fuga.

3.7.1. Extracción del bloque neumático

NOTA: Después de desbloquear ¼ de vuelta, debe poderse aflojar fácilmente a mano. En caso contrario, la esfera está todavía bajo presión: verificar que la descompresión de los circuitos hidráulicos esta correctamente efectuada.

Quitar la presión a los circuitos hidráulicos.

Desbloquear la esfera con el útil 4129-T.

Desmontar el bloque neumático.

En el caso de una esfera roscada en un soporte de chapa (3):

- Esfera SC/MAC; (eje trasero).
- Bloque neumático SC/CAR; (bajo la caja de velocidades).

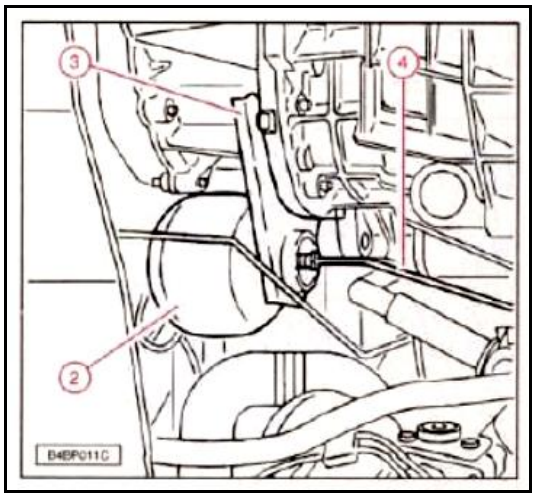


Figura 3-9. Esfera roscada en un soporte de chapa

Quitar la presión a los circuitos hidráulicos.

Descargar el tubo de alimentación (4) del bloque neumático (2).

Desbloquear la esfera con el útil 4129-T.

Desmontar el bloque neumático.

3.7.2. Reposición.

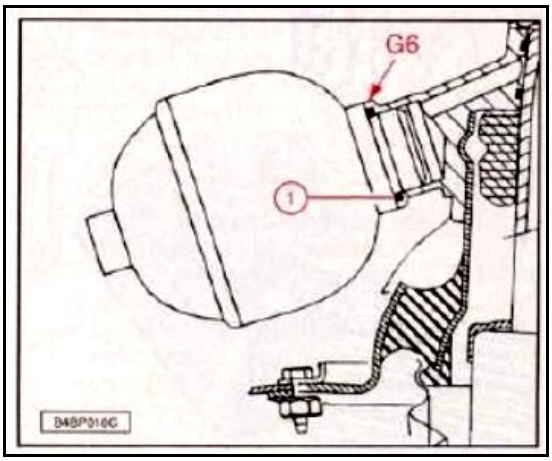


Figura 3-10. Esfera

NOTA: las juntas y piezas internas deben ser humedecidas con LHM antes de su montaje.

Es necesario sustituir las juntas hidráulicas.

Colocar la junta (1) en su alojamiento.

Engrasar ligeramente la superficie de apoyo de la esfera, utilizar exclusivamente grasa mineral “G6”.

NOTA: Apretar la esfera a mano.

En el caso de una esfera roscada en un soporte de chapa: acoplar el tubo (4).

3.7.3. Herramienta especial para extraer la esfera

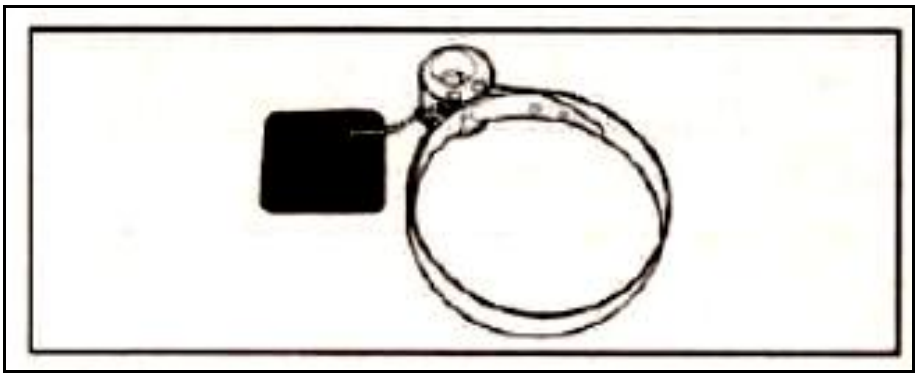


Figura 3-11. Llave para esfera 4129-T

CAPITULO 4: COSTOS DE MANTENCIÓN A LA SUSPENSIÓN

4. COSTOS DE MANTENIMIENTO A LA SUSPENSIÓN

4.1. COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO

El costo total de la mantención a la suspensión del Citroën Xantia es el resultado de la suma de valores de repuestos, el valor de la mano de obra y el valor por la lectura de los códigos de defectos en la memoria de autodiagnosis. Por lo tanto incluye el costo de los 4 litros de LHM "verde", la mano de obra de 4 horas de trabajo y el valor por realizarle un scanner al sistema. Este sería el valor del mantenimiento que se debe realizar como lo indica el manual, cada 120.000 kilómetros.

El resultado de tal operación es 180.000 pesos, lo que se desglosa en:

Tabla 4-1. Costo de mantenimiento

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO
Liquido hidráulico LHM "verde" (repuesto)	4 litros	40.000
Scanner	1	20.000
Mano de obra	4 horas	120.000
TOTAL		**180.000**

CONCLUSIÓN

Como se ha visto en el trabajo el sistema de suspensión hidroneumática activa en Citroën Xantia sin duda alguna es excelente al momento de adaptarse a múltiples situaciones y terrenos, teniendo la capacidad de seleccionar entre tres niveles de altura y también puede regular la dureza de la suspensión poniéndola en “confort” o en “sport”, estas particulares características le hace al Citroën Xantia muy diferente al común de los vehículos además le da una gran ventaja, por ejemplo al conducir por un terreno en mal estado el conductor puede escoger la altura que más le convenga, además el sistema hidractiva le permite al conductor elegir el modo de “confort” donde es alta la flexibilidad y la amortiguación es suave logrando una mayor comodidad lo que permite que el conductor se sienta cómodo al momento de conducir y que los demás ocupantes también tengan un viaje más grato.

Esta suspensión del citroën Xantia además está equipada con el dispositivo SC/CAR (Sistema Citroën/Corrección Activa del Balanceo), este dispositivo le permite obtener una altura idéntica a ambos lados. Y también adapta la elasticidad de la barra estabilizadora, en línea recta le da prioridad al confort y conserva una buena elasticidad en el dispositivo SC/CAR disponiendo para este momento de dos barras estabilizadoras flexibles, cuando el dispositivo detecta una curva inmediatamente en menos de cuatro centésimas de segundo se aumenta al doble la rigidez de las barras estabilizadoras y por ultimo en el caso de una curva muy pronunciada y la inclinación sufrida por la carrocería del vehículo supera los

0,3° se produce la acción de corrección de balanceo y restablece el equilibrio del vehículo. Conservando una muy buena estabilidad en el vehículo.

La suspensión de Xantia logra una gran seguridad activa gracias a que entrega un contacto máximo con la carretera en las curvas, conservando en todo momento una adherencia excepcional, este vehículo gira totalmente horizontal y conserva una direccionalidad excelente en cualquier situación, y una perfecta trayectoria cualquiera que sea el entorno más inmediato. El vehículo es totalmente “tolerante”, ya que realmente corrige los errores eventuales.

La suspensión de este vehículo puede perfectamente actuar como si fuese un vehículo con suspensión diseñada y acompañada con una barra estabilizadora con alta flexibilidad. O también puede comportarse como si fuese un vehículo con suspensión diseñada con una gran rigidez, lo que brinda una magnifica seguridad al momento de tomar una curva. Por esto el citroën Xantia gracias a su suspensión logra obtener lo mejor de dichos vehículos teniendo la posibilidad de variar entre una suspensión flexible que es confortable y agradable para todos los pasajeros, y una suspensión rígida altamente segura y muy confiable en circunstancias de curvas y de algún obstáculo inesperado. Logra transportar con mucha seguridad a sus ocupantes.

De manera que al ver la gran eficacia de este tipo de suspensión nos damos cuenta que las tecnologías introducidas en el mercado invitan a una preparación técnica más adecuada para el control y mantenimiento de los diversos sistemas automotrices.

REFERENCIAS

Barroso, M. (2002). Evolución de la suspensión de los vehículos citroën. Escuela técnica superior de ingenieros industriales. Valladolid.

Gabriel Colombia S.A. (2014). Manual técnico de suspensión. Recuperado de https://issuu.com/grupo-a/docs/manual_tecnico_suspension-gabriel

GuerreroCard concecionario y servicios oficiales. (2016). Historia de Citroën. Málaga, España. Recuperado de https://guerrerocar.com/historia-de-citroen/

Motor.es. (2017). La suspensión de nuestros coches (III): Suspensión hidroneumática. Murcia, España. Recuperado de https://www.google.cl/search?q=murcia&rlz=1C1CHJL_esCL423CL423&oq=murcia&aqs=chrome..69i57j0l5.4697j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Alfistas.com. (2013). Coche del año. Recuperado de https://www.alfistas.es/foro-alfistas/otras-marcas/coche-del-ano-en-europa/

La escudería. (3013). Citroën GS, el mejor coche del año de la historia. Recuperado de https://www.escuderia.com/citroen-gs-mejor-coche-del-ano-de-la-historia/2/

Love Car World. (2012). Citroën Xantia. Recuperado de http://lovemundocoches.blogspot.com/2012/08/n-20-citroen-xantia-finales-de-los-anos.html

Autodoc. Recuperado de https://www.autodoc.es/recambios/citroen/xantia

Citroën España. La historia de Citroën. Recuperado de https://www.citroen.es/conocenos/la-historia-citroen.html

12 Cilindros. (2017). Citroën XM. Recuperado de http://www.12cilindros.es/citroen-xm-autre-temps-autres-moeurs/

Inversión & finanzas.com. (2014). El Citroën CX de 1975 gana el "Golden Car of the Year". Recuperado de http://www.finanzas.com/noticias/empresas/20140225/citroen-1975-gana-golden-2614179.html

Motorgiga. Camber – Definición – Significado. Recuperado de https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/camber-definicion-significado/gmx-niv15-con193355.htm

Motorpasión. Especial mantenimiento: suspensión. Recuperado de https://www.motorpasion.com/otros/especial-mantenimiento-suspension-parte-2

Actualidad Motor. (2012). La suspensión McPherson. Recuperado de https://www.actualidadmotor.com/la-suspension-mcpherson/

Aficionados a la Mecánica. Suspensión. Recuperado de http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Daniel M. (2011). Simulación Virtual de una Suspensión McPherson en Entorno VRML. Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11786/PROYECTO%20FIN%20DE%20CARRERA-DANIEL_MESA_FDEZ.pdf;jsessionid=3E4F8456CB30DA1FDCB1A80E898C17D9?sequence=1

Km77. Glosario McPherson. Recuperado de https://www.km77.com/glosario/mcpherson ;

Juan P. (2016). Km77. Tipos de suspensión independiente. Recuperado de https://www.km77.com/tecnica/bastidor/clasificacion-suspension/t05.asp

Manual unidad formativa. 2017. Diagnosis preventiva del vehículo y mantenimiento de su dotación material. Recuperado de https://books.google.cl/books?id=fcU-DwAAQBAJ&pg=PA89&lpg=PA89&dq=Como+elementos+de+uni%C3%B3n+entre+rueda+y+bastidor,+la+suspensi%C3%B3n+McPherson+necesita+adem%C3%A1s+del+amortiguador,+articulaciones+en+la+parte+inferior+del+buje.+La+versi%C3%B3n+original+ten%C3%ADa+un+brazo+transversal+y+la+barra+estabilizadora+en+funci%C3%B3n+de+tir

ante+longitudinal.+En+versiones+posteriores+se+reemplaza+la+estabilizadora+por+otro+brazo,+o+ambos+brazos+por+un+triangulo.+En+ruedas+que+no+son+motrices+hay+versiones+de+la+suspensi%C3%B3n+McPherson+con+dos+brazos+transversales+y+uno+oblicuo+o+longitudinal&source=bl&ots=d-ziYY-PrG&sig=FRagjzroIudA0AGM483GLV-izcQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjtkvDB_rvcAhUCgZAKHcr_A88Q6AEwB3oECAAQAQ#v=onepage&q&f=false

EcuRed. McPherson. Recuperado de https://www.ecured.cu/McPherson

José Cantero Castillo. Manual de Taller Citroën Xantia. Recuperado de https://es.scribd.com/document/343098735/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Hugo L. Agüero Alva. El sistema de suspensión. Recuperado de https://es.scribd.com/presentation/25480847/S16-Sistema-de-suspension

SlideShare. (2017). Diagnostico de balanceo de ruedas – suspensión McPherson. Recuperado de https://www.slideshare.net/dockardus/diagnostico-de-balanceo-de-ruedas

Academic. Enciclopedia Universal. (2012). Suspensión McPherson. Recuperado de http://enciclopedia_universal.esacademic.com/41022

LINKOGRAFÍA DE IMÁGENES

Muelle de hojas múltiples, (1-1), https://www.motoryracing.com/coches/noticias/la-suspension-automotriz-y-su-funcion/

Muelle de una sola hoja, (1-2), https://mbha.com/productos

Muelle en espiral, (1-3), https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html

Camber, (1-4), https://www.ozzytyres.com.au/news/wheel-alignment-101-lets-talk-camber-caster-toe/

Ángulo del camber, (1-5), https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/camber-definicion-significado/gmx-niv15-con193355.htm

Convergencia, (1-6), https://www.motorpasion.com/otros/especial-mantenimiento-suspension-parte-2

Convergencia, (1-7), https://drive.google.com/file/d/0B4ZdZNbynX3PM2trZFhNbGY4VjA/view

Caster, (1-8), https://www.ozzytyres.com.au/news/wheel-alignment-101-lets-talk-camber-caster-toe/

Suspensión rígida, (1-9), http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2301/1/65T00054.pdf

Suspensión semi-rígida con eje de Dion, (1-10), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Suspensión independiente, (1-11), http://centralderepuestostr.com/tag/suspension-independiente/

Suspensión de eje oscilante, (1-12), http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/03/suspension-de-eje-oscilante.html

Sistema de brazos arrastrados y semi-arrastrados, (1-13), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Suspensión de brazo largo o brazo corto, (1-14), http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2301/1/65T00054.pdf

Suspensión de doble viga en I, (1-15), http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2301/1/65T00054.pdf

Suspensión McPherson eje trasero, (1-16), https://issuu.com/grupo-a/docs/manual_tecnico_suspension-gabriel

Suspensión McPherson, (1-17), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Esquema de la suspensión McPherson, (1-18), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Despiece de la suspensión McPherson, (1-19), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm

Elementos básicos de la suspensión hidroneumática, (1-20), http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension4.htm

Esquema de un distribuidor de presión, (1-21), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Esquema de un regulador de presión, (1-22), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Citroën GS, (1-23), https://pz01-gestoraderecurso.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2013/09/citroen_gs_17.jpg

Citroën CX, (1-24), http://zonderpump.com/image-post/719-offroad-driving-with-a-car-for-vips-citroen-cx3.jpg.html#gal_post_719_offroad-driving-with-a-car-for-vips-citroen-cx3.jpg

Citroën XM, (1-25), https://es.autodata24.com/citroen/xm/xm-y3/details

Citroën Xantia, (1-26), https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-434049713-manual-de-taller-citron-xantia-1993-1998-envio-gratis-_JM

Ejes Gx, Gy, Gz, (2-1), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Movimiento de balanceo, (2-2), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Suspensión hidroneumática clásica, (2-3), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Suspensión hidractiva en estado elástico, (2-4), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Suspensión hidractiva en estado firme, (2-5), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Esquema de los conductos hidráulicos de la suspensión, (2-6), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte delantera con sistema antibalanceo, (2-7), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte delantera con cilindro antibalanceo, (2-8), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte trasera con cilindro antibalanceo, (2-9), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Comparación de balanceo entre suspensión clásica y suspensión Xantia Activa, (2-10), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Esquema del sistema SC/CAR, (2-11), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Configuración clásica de barra estabilizadora, (2-12), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Barra flexible, (2-13), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Barra rígida, (2-14), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Suspensión con SC/CAR, (2-15), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Mando mecánico del corrector de balanceo, (2-16), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Eje del corrector, (2-17), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Mando mecánico del corrector de balanceo, (2-18), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte delantera con balanceo a la derecha, (2-19), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte trasera con balaceo a la derecha, (2-20), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte delantera con balanceo a la izquierda, (2-21), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Parte trasera con balanceo a la izquierda, (2-22), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Electroválvula de balanceo, (2-23), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Electroválvula de balanceo en posición de reposo, (2-24), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Electroválvula de balanceo en posición activada, (2-25), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Regulador de balanceo, (2-26), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Partes del regulador de balanceo en reposo, (2-27), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado elástico, (2-28), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Esquema de conexiones al regulador de balanceo en estado firme, (2-29), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Corrector de balanceo, (2-30), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Eje del corrector en posición de escape y admisión, (2-31), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección a la izquierda, (2-32), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Sistema regulador de balanceo, sometido a una curva en dirección a la derecha, (2-33), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Cilindro antitorsión activo delantero, (2-34), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Cilindro antitorsión activo trasero, (2-35), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Marcas de verificación del nivel de líquido hidráulico, (3-1), https://books.google.cl/books?id=0VkpDwAAQBAJ&pg=PA201&lpg=PA201&dq=El+nivel+hidr%C3%A1ulico+se+controla+con+el+motor+en+marcha+y+la+palanca+de+mando+manual+de+alturas+en+posici%C3%B3n+alta.+En+estas+condiciones,+la+referencia+debe+situarse+entre+las+marcas+m%C3%ADnimo+y+m%C3%A1ximo.&source=bl&ots=pNN_Bt2aEV&sig=qTsB5E0ihVfuDLq9Gc4wQM3IHbY&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiAp

5SLgOrfAhWkA9QKHYGkAQcQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q=El%20nivel%20hidr%C3%A1ulico%20se%20controla%20con%20el%20motor%20en%20marcha%20y%20la%20palanca%20de%20mando%20manual%20de%20alturas%20en%20posici%C3%B3n%20alta.%20En%20estas%20condiciones%2C%20la%20referencia%20debe%20situarse%20entre%20las%20marcas%20m%C3%ADnimo%20y%20m%C3%A1ximo.&f=false

Conjuntor-disyuntor, (3-2), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Tornillo de purga y bola de conjuntor-disyuntor, (3-3), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Mando de altura, (3-4), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Tornillo de purga del regulador SC/CAR, (3-5), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Bieletas, (3-6), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Tubo de alimentación del acumulador SC/CAR, (3-7), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Esferas y acumuladores de suspensión, (3-8), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Esfera roscada en un soporte de chapa, (3-9), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Esfera, (3-10), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Llave para esfera 4129-T, (3-11), https://es.scribd.com/document/357234202/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

LINKOGRAFÍA DE TABLAS

Características sobresalientes del amortiguador tubular de acción directa, (1-1), https://issuu.com/grupo-a/docs/manual_tecnico_suspension-gabriel

Mantenimiento normal de la suspensión, (3-1), https://es.scribd.com/document/343098735/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Mantenimiento severo de la suspensión, (3-2), https://es.scribd.com/document/343098735/Manual-de-Taller-Citroen-Xantia

Costos de mantenimiento, (4-1), la información de esta tabla fue extraída de talleres automotrices y de locales de ventas de repuestos.

LINKOGRAFÍA DE GRÁFICOS

Simulación en curva, (2-1), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Umbrales de ángulo de volante (posición normal), (2-2), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Umbrales de velocidad de volante (posición normal), (2-3), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

SC/CAR umbrales de velocidad de volante, (2-4), https://es.scribd.com/document/231553543/Susp0ension-Citroen-pdf

SC/CAR umbrales de velocidad de volante (posición normal), (2-5), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf

Umbrales acelerador (pedal pisado) (posición normal), (2-6), https://es.scribd.com/document/231553543/Suspension-Citroen-pdf