

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
CARRERA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ



PROYECTO DE APLICACIÓN

***EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN  
ASISTIDA HIDRÁULICA Y ELÉCTRICAMENTE, MEDIANTE UN  
SIMULADOR DIDÁCTICO EPS***

Presentado por: Oscar Felipe Condori Cute.

La Paz – Bolivia

2015

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de aplicación va dedicado con mucho cariño a mis padres por su constante dedicación y esfuerzo, su amor y ejemplo, por su comprensión y por creer en todo lo bueno, el cual me han llevado a la culminación de esta carrera. Así también a mi único hermano Juan Freddy, a mis tres hermanas Mariana, Julia y María pilar por ser una razón muy importante en mi vida.

Este trabajo también va dedicado a los amigos y compañeros los cuales supieron darme su apoyo moral en momentos difíciles y también con conocimientos, los cuales han servido en la realización de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar el más sincero agradecimiento a compañeros de estudio, amigos, personal administrativo que en el transcurso de todos estos años me brindaron su más sincera amistad.

También dar un reconocimiento sincero a la Universidad Mayor de San Andrés, La Facultad de Tecnología. Que va formando profesionales responsables con valores éticos y morales.

Agradecer también a nuestros docentes de la carrea, con gran personalidad y el suficiente conocimiento en la materia, y con aquellos que contribuyeron en el desarrollo y culminación de este trabajo de aplicación.

## RESUMEN

En la realización de la evaluación y comparación del sistema de dirección asistida hidráulica y eléctricamente se realiza con la ayuda de recolección y análisis de los datos obtenidos, mediante un simulador didáctico construido, EPS (DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE) de un SUZUKI WAGON R+, y el manual del SUZUKI SQ 420 WAGON-D. Debido a la importancia que representa el sistema de dirección en el campo automotriz, y la necesidad de perfeccionar el mismo, hoy en nuestro medio vemos muchas direcciones asistidas hidráulicamente y direcciones asistidas eléctricamente donde cada una asiste al conductor de la mejor manera posible, cada una con diferentes características. Por esta razón, vemos la necesidad de profundizar nuestro conocimiento en el tema planteado, de una manera representativa y práctica, aplicando una evaluación técnica. ¿Cómo ayuda la dirección asistida eléctricamente, en relación a la dirección hidráulica demostrando la ventaja y desventaja en su evaluación y diagnóstico, con un simulador?

Así mismo se dará a conocer todos los elementos mecánicos, y electrónicos que integran el sistema de dirección asistida Eléctricamente, en una parte de la práctica se simulara la señal del sensor de velocidad, parte importante del sistema EPS ya que la EPS solo funciona cuando está en funcionamiento el motor.

El sistema EPS implementa elementos electrónicos que le ayudan a mejorar la parte de seguridad dentro del vehículo y también al conducir, para lo cual este sistema de dirección ha sido diseñado con una estabilidad rectilínea, una respuesta rápida y suave en situaciones de peligro a diferencia de otros tipos de asistencia.

## ÍNDICE

Pag.

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 2. ANTECEDENTES .....  | 1  |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                          | 2  |
| 3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....                        | 2  |
| 3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....         | 2  |
| 4. OBJETIVOS .....   | 2  |
| 4.1. OBJETIVO GENERAL .....                                  | 2  |
| 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                              | 3  |
| 5. JUSTIFICACIÓN .....                                       | 3  |
| 5.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA. ....                             | 3  |
| 5.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL O AMBIENTAL.....                   | 3  |
| 6. MARCO TEÓRICO .....                                       | 4  |
| 6.1. PRINCIPIO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....                 | 4  |
| 6.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN. ....                | 6  |
| 6.2.1. Volante de Dirección.....                             | 7  |
| 6.2.2. Columna de Dirección.....                             | 7  |
| 6.2.2.1. Columna de Dirección de Angulo Variable. ....       | 7  |
| 6.2.2.2. Columna de Dirección Desplazable.....               | 7  |
| 6.2.2.3. Columna de Dirección Enrejillada.....               | 8  |
| 6.2.3. Caja de Dirección. ....                               | 8  |
| 6.2.4. Biela.....  | 9  |
| 6.2.5. Barra de Mando. ....                                  | 9  |
| 6.2.6. Barra de Acoplamiento.....                            | 9  |
| 6.2.7. Terminales de la Dirección.....                       | 9  |
| 6.3. CUALIDADES QUE DEBE REUNIR UN SISTEMA DE DIRECCIÓN..... | 10 |
| 6.3.1. Seguridad.....  | 10 |
| 6.3.2. Facilidad de Manejo. ....                             | 10 |
| 6.3.3. Precisión. ....                                       | 10 |
| 6.3.4. Estabilidad.....                                      | 10 |
| 6.3.5. Suavidad. ....  | 11 |
| 6.3.6. Irreversibilidad. ....                                | 11 |
| 6.4. ÁNGULOS DE LA DIRECCIÓN.....                            | 11 |
| 6.4.1 Ángulo de Salida. ....                                 | 11 |
| 6.4.2 Ángulo de Caída.....                                   | 13 |
| 6.4.3 Ángulo de Avance. ....                                 | 14 |
| 6.4.4 Cotas Conjugadas.....                                  | 15 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 6.4.5    | Convergencia .....   | 15 |
| 6.5.     | TIPO DE DIRECCIONES .....  | 16 |
| 6.5.1    | Direcciones Mecánicas.....   | 16 |
| 6.5.1.1  | Mecanismos de Dirección de Tornillo Sin fin.....   | 17 |
| 6.5.1.2  | Mecanismo de Dirección de Cremallera.....  | 19 |
| 6.5.2    | Direcciones Asistidas .....  | 20 |
| 6.5.2.1. | Dirección con Asistencia Neumática.....  | 21 |
| 6.5.2.2. | Dirección Hidráulica.....  | 22 |
| 6.5.2.3  | Dirección Eléctrica (EPS).....   | 24 |
| 6.5.2.4. | Funcionamiento de la Dirección Asistida Eléctricamente.....                                  | 24 |
| 6.5.2.5  | Partes del Sistema de Dirección Eléctrica (EPS).....   | 26 |
| 6.5.2.6. | Aplicación de la Asistencia (EPS).....   | 34 |
| 7.       | MARCO PRÁCTICO .....   | 37 |
| 7.1.     | DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EVALUACIÓN.....   | 37 |
| 7.1.1.   | Parámetros Sujetos a Estudio .....   | 37 |
| 7.2.     | CONDICIONES PARA EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA EN EL SIMULADOR DIRECCIÓN<br>EPS.....            | 38 |
| 7.3.     | CIRCUITO PARA GENERAR PULSOS.....  | 38 |
| 7.3.1.   | Materiales.....  | 39 |
| 7.3.2.   | Procedimiento.....   | 39 |
| 7.3.2.1. | Calculo del Tiempo Teórico y Real.....   | 39 |
| 7.3.2.2. | Calculo de Resistencias y el Capacitor.....  | 40 |
| 7.3.3.   | Explicación del Procedimiento.....   | 41 |
| 7.4.     | ESTRUCTURA DEL SIMULADOR.....  | 43 |
| 7.4.1.   | Componentes del Sistema de Dirección en el Simulador.....                                    | 43 |
| 7.4.2.   | Componentes del Sistema EPS en el Simulador.....   | 44 |
| 7.5.     | UBICACIÓN Y MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN EL SIMULADOR.....                                  | 46 |
| 7.6.     | PRUEBAS EN EL SIMULADOR EPS.....   | 47 |
| 7.6.1.   | Pruebas en el Terminal B (Motor Eléctrico) en el Simulador EPS.....                          | 49 |
| 7.6.2.   | Funcionamiento del Simulador EPS Suzuki WagonR+ .....  | 51 |
| 7.7.     | INSPECCIÓN DE LA DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICAMENTE.....                                     | 52 |
| 7.7.1.   | Fugas de Fluido Hidráulico en el Circuito.....   | 52 |
| 7.7.2.   | Inspección y Ajuste de la Correa de la Dirección Hidráulica.....                             | 53 |
| 7.7.3.   | Inspección de Presión Hidráulica en el Circuito.....   | 54 |
| 7.7.3.1. | Procedimiento de la Purga de Aire en el Circuito.....  | 57 |
| 7.7.4.   | Inspección de la Bomba de la Dirección Asistida.....   | 58 |
| 7.8.     | PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LAS DIRECCIONES ASISTIDAS HIDRÁULICA Y<br>ELÉCTRICAMENTE..... | 60 |
| 7.8.1.   | Ventajas y Desventajas de la Dirección Asistida Eléctricamente EPS.....                      | 60 |
| 7.8.1.1. | Ventajas.....  | 60 |

|   |    |
|---|----|
| 7.8.1.2. Desventajas .....  | 60 |
| 7.8.2. Ventajas y Desventajas de la Dirección Asistida Hidráulicamente..... | 61 |
| 7.8.2.1. Ventajas .....   | 61 |
| 7.8.2.2. Desventajas.....   | 61 |
| 7.9 ALINEACIÓN DE LA DIRECCIÓN.....   | 62 |
| 7.9.1. Grandes Velocidades por Terreno Liso.....                            | 62 |
| 7.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....                                 | 63 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                     | 65 |
| 8.1. CONCLUSIONES.....  | 65 |
| 8.2. RECOMENDACIONES: .....   | 66 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA.....  | 66 |
| ANEXOS  |    |

## **1. INTRODUCCIÓN**

La función de un sistema de dirección es dirigir las ruedas delanteras en respuesta a las órdenes dadas por el conductor para conseguir un control direccional del vehículo. Constituye un campo muy importante cuando se habla de seguridad, ergonomía y placer al manejar, y un punto muy importante que se viene abarcando con más intensidad estos últimos años es la contaminación ambiental ya que muchas empresas automotrices, industriales, químicas, etc. Están tomando medidas de prevención para lo que sería la contaminación a futuro; hablando de la empresa automotriz en sí, desde mucho antes se ha tomado medidas de precaución contra eso, pero muchas de las veces la gente no sabe o no conoce pero los vehículos empezando desde el proceso de elaboración, hasta cuando el vehículo entra en marcha continua, están en continuo proceso de protección ambiental.

Aquí se pretende conseguir una visión general de qué es y cómo funciona un sistema de dirección normal para luego profundizar más detalladamente en los sistemas de dirección asistida. Los sistemas de dirección utilizados en automóviles varían ampliamente de acuerdo a la arquitectura en diseño del fabricante pero funcionalmente son parecidos.

## **2. ANTECEDENTES**

Desde el año 1950 la electrónica ha desarrollado e implementado varios sistemas de control electrónico cada vez más sofisticados y precisos con el objetivo principal de reducir la contaminación ambiental en todo el mundo debido al calentamiento global. Básicamente el EPS (dirección asistida eléctricamente) es un programa electrónico que ayuda al conductor en la conducción sobre carreteras difíciles y en situaciones críticas. Mediante el empleo de sensores electrónicos, conjuntos mecánicos y una unidad electrónica todos combinados entre ellos consiguen un aumento de la seguridad sobre el impredecible asfalto.

Los objetivos que englobaron este proyecto se basaron en general, en dar una explicación detallada y simplificada de lo que significa la dirección asistida eléctricamente, a través del diseño y construcción de un simulador EPS y una comparación con una dirección asistida hidráulicamente.

Con la implementación de este trabajo con un simulador de la dirección asistida eléctrica EPS para la carrera de mecánica Automotriz, servirá para que los estudiantes puedan

realizar las diferentes demostraciones de funcionamientos y pruebas similares al sistema que se encuentra dentro de un automóvil.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Identificación del Problema**

Debido la importancia que representa el sistema de dirección en el campo automotriz, y la necesidad de perfeccionar el mismo, hoy en nuestro medio vemos muchas direcciones asistidas hidráulicamente y direcciones asistidas eléctricamente donde cada una asiste al conductor de la mejor manera posible, cada una con diferentes características. Estas situaciones han llevado a que en los talleres donde se realiza mantenimiento o reparación automotriz vayan incorporando equipos y herramientas necesarias para el diagnóstico de averías de estos sistemas, y sobre todo los técnicos deben tener un conocimiento real y profundo sobre el funcionamiento y constitución de los sistemas y circuitos electrónicos del vehículo. Por esta razón, vemos la necesidad de profundizar nuestro conocimiento en el tema planteado, de una manera representativa y práctica, aplicando una evaluación técnica a la tecnología y a la mejor asistencia para los diferentes tipos de vehículo.

#### **3.2. Formulación del Problema de Investigación**

La situación descrita configura un problema de investigación que debe ser atendido desde un punto de vista técnico a fin de identificar las medidas que permitan revertir la situación problemática detectada, para cuyo efecto se formula la interrogante, que de hecho se constituye en el problema de investigación:

¿Cómo ayuda la dirección asistida eléctricamente, en relación a la dirección hidráulica demostrando la ventaja y desventaja en su evaluación y diagnóstico, con un simulador didáctico?

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo General**

Realizar una evaluación de diagnóstico y comparación del sistema de dirección asistida hidráulica y eléctricamente mediante un simulador didáctico.

## **4.2. Objetivos Específicos**

- Estudiar y comprender todos los sistemas de dirección existentes dentro de un automóvil.
- Conocer todos los elementos mecánicos, y electrónicos que integran el sistema de Dirección Asistida Eléctricamente EPS.
- Analizar mediante una comparación el sistema de dirección asistida hidráulicamente y eléctricamente EPS, su seguridad dentro del automóvil y protección que brinda al medio ambiente estas direcciones asistidas.
- Construir un simulador funcional del sistema de dirección asistida Eléctricamente EPS.
- Evaluar resultados de la demostración aplicada.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

### **5.1. Justificación Técnica.**

Desde un punto de vista técnico, el desarrollo del proyecto se justifica:

El sistema EPS implementa elementos electrónicos que le ayudan a mejorar la parte de seguridad dentro del vehículo y también al conducir, para lo cual este sistema de dirección ha sido diseñado con una estabilidad rectilínea y una respuesta rápida y suave en situaciones de peligro a diferencia de otros tipos de asistencia. Además con la implementación de este proyecto se podrá facilitar el estudio de dicho sistema mejorando su comprensión de los tipos de direcciones asistidas mediante un simulador de dirección asistida eléctricamente que servirá para la formación de los estudiantes de la carrera de mecánica automotriz, así el aprendizaje será teórico y práctico.

### **5.2. Justificación social o ambiental**

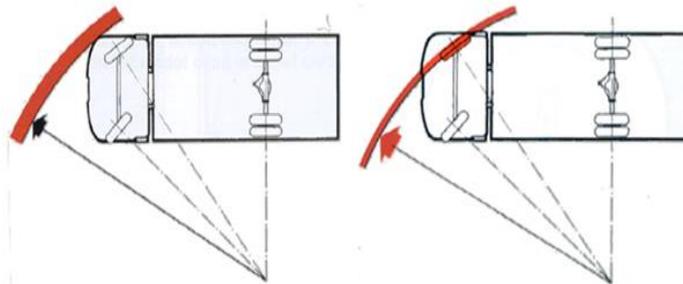
Con el desarrollo del proyecto se podrá contribuir a la comprensión de su uso en nuestro medio con sus características en la optimización del consumo de combustible y al reducir los gases contaminantes al medio ambiente, ya que esta la dirección asistida eléctricamente EPS reduce el consumo de combustible hasta un 0,2 litros de combustible cada 100 km lo cual representa un ahorro energético y menos contaminación por parte de los gases

productos de la combustión que salen al medio ambiente. Además, el sistema de dirección asistida eléctricamente EPS no utiliza un fluido hidráulico con lo cual reduce el consumo del mismo y a su vez la contaminación ambiental.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Principio del Sistema de Dirección

La dirección es el conjunto de elementos cuya misión es la de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor convirtiendo el movimiento de giro del volante en una desviación angular de las ruedas directrices.<sup>1</sup>



*Fig.1. La posición relativa que ocupa el sistema de dirección en el vehículo.*

Hasta comienzos del siglo pasado los vehículos de cuatro ruedas se direccionaban haciendo girar todo el eje delantero, el principal inconveniente es el enorme recorrido de barrido por el eje en la vía. Esto impedía la construcción de vehículos pequeños y compactos.



*Fig.2. Sistema de dirección de un solo eje.*

<sup>1</sup> Manual de Enseñanza Programada. (s.f.). *Mecánica de Vehículos Pesados*. Madrid, España: Pons p.249

Johann Georg Lankensperger (Baviera 1779-1847) inventó un sistema en el que las dos ruedas giraban en torno a pivotes independientes. Las ruedas estaban acopladas mediante una barra colocada delante del eje, a la cual se podía unir el tiro de los caballos en el caso de tracción animal.

El sistema fue patentado en Inglaterra por un socio de Lankensperger, Rudolf Ackermann en 1818 y desde entonces se conoce como el cuadrilátero de Ackermann.

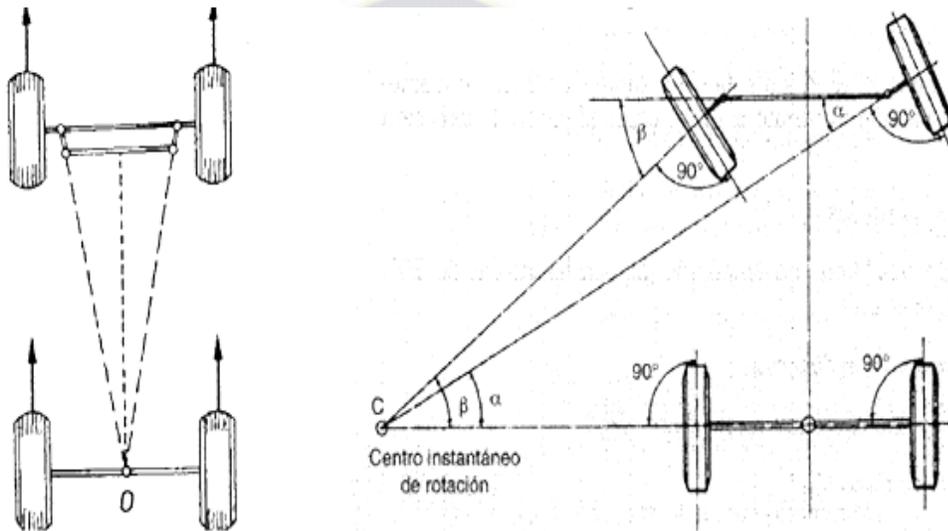


Fig.3. Cuadrilátero de ackermann y geometría de la dirección cuando gira a la izquierda.

En los primeros vehículos a motor, el accionamiento de la dirección se hacía mediante una palanca o manubrio. Posteriormente por razones prácticas se adoptó el volante redondo que hasta hoy conocemos, además se hizo necesario darle firmeza al sistema logrando cierta irreversibilidad, sobre todo cuando las ruedas chocaban con algún objeto solido o ante irregularidades del camino, que repercutían con violencia.

Más tarde, en 1932, Adler en Alemania comenzó a usar, el de piñón y cremallera en vehículos de suspensión (delantera) independiente. Esta reducción es muy común en vehículos ligeros, ya que también puede utilizar asistencia.

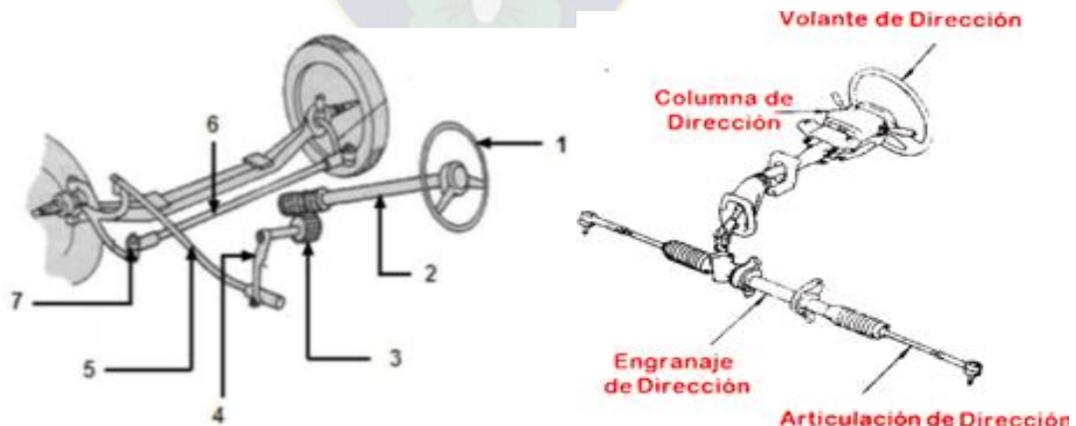


fig.4. Dirección con piñón y cremallera de suspensión independiente.

En los años 40 y 50 se comenzaron a utilizar en los Estados Unidos, sistemas de asistencia de dirección, que sumados a la desmultiplicación lograda, hacia muy peligroso conducir el vehículo ya que esta dirección quedaba suave a altas velocidades. Este problema motivó el desarrollo de dispositivos que endurecieran la dirección a medida que aumentaba la velocidad de desplazamiento del vehículo.<sup>2</sup>

## 6.2. Elementos del Sistema de Dirección.

Dentro del sistema de dirección, sus elementos principales para su accionamiento son los siguientes:



1 Volante; 2 Columna de la dirección; 3 Caja de dirección; 4 Biela; 5 Barra de mando; 6 Barra de acoplamiento; 7 Terminales de la dirección.

Fig.5. Elementos de la dirección.

<sup>2</sup> Peralta, R., Quino, G.,(2009).*Sistemas de Dirección Automotriz*. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecánicas de la Universidad mayor de San Andrés.

### 6.2.1. Volante de Dirección.

En este elemento se posa las manos del conductor para dirigir la trayectoria del vehículo. Además es donde se origina el movimiento circular, el cual a su vez es transformado en la caja de dirección a un movimiento lineal.

### 6.2.2. Columna de Dirección.

También llamado caña de dirección, une el volante con la caja de dirección, transmite el movimiento circular, antiguamente se constituía de un solo elemento, en la actualidad está compuesta en dos o más partes como mecanismo de seguridad en caso de una colisión y que dentro de las cuales existen diversos tipos de columnas.

#### 6.2.2.1. Columna de Dirección de Ángulo Variable.

Está compuesta por dos partes unidas por una junta universal que al momento del impacto cede su longitud absorbiendo el golpe, en este tipo de columna quien más daño sufre es la junta y su cruceta ya que en algunos casos se llegan a deformar o romper su base.



Fig.6. Columna de ángulo variable.

#### 6.2.2.2. Columna de Dirección Desplazable.

Para este caso podemos observar que la columna de la dirección está formada por dos partes, que en el momento del impacto, la columna inferior se desplaza a largo de la columna superior absorbiendo la energía del impacto.

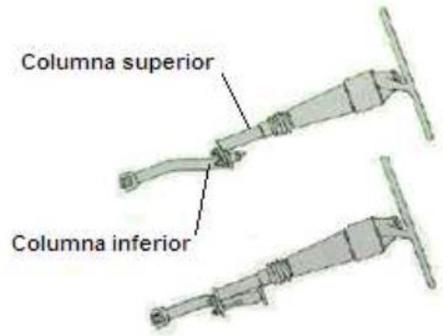


Fig.7. Columna de dirección desplazable.

### 6.2.2.3. Columna de Dirección Enrejillada.

Este tipo de columna de dirección varía su longitud en el momento del impacto debido a que tiene una región de rejilla en el medio, en el momento del impacto se comprime y amortigua el golpe.

De esta manera se garantiza la seguridad al conductor ante una colisión, evitando que el volante impacte de forma frontal en su pecho; además de esto las barras de dirección no sufrirá ningún tipo de daño ya que encoje sin ningún problema evitando que se rompan las juntas.



Fig. 8. Columna enrejillada.

### 6.2.3. Caja de Dirección.

Es donde se transforma el movimiento circular en un movimiento lineal, luego el movimiento lineal se transmite a la biela; en cuanto a su estructura interna existen diversos tipos de cajas de dirección, pero manteniendo el mismo principio de funcionamiento.

#### **6.2.4. Biela.**

Elemento ubicado a la salida de la caja de dirección, se encarga transmitir el movimiento lineal de la caja de dirección hacia la barra de mando, por tener un movimiento longitudinal (adelante y atrás) es una parte exclusiva de la caja de dirección de bolas recirculantes. Pero también hay otra disposición en la que el movimiento es transversal en el caso de suspensión independiente.

#### **6.2.5. Barra de Mando.**

Recibe el movimiento de la biela y lo transmite a los terminales de dirección y estas a su vez actúan sobre las manguetas.

Cuando se trata de una suspensión independiente, la palanca de ataque, se encuentra en la mitad del travesaño delantero girando sobre un punto fijo.

#### **6.2.6. Barra de Acoplamiento.**

Esta acoplada al brazo de acoplamiento y a la palanca de ataque por medio de las rotulas, tanto el brazo de acoplamiento como la misma barra de acoplamiento están calculados para que; al orientar una rueda, la otra venga obligada a seguir con exactitud la trayectoria. Como mencionamos anteriormente en la suspensión independiente delantera esta barra se encuentra dividida en dos secciones<sup>3</sup>.

#### **6.2.7. Terminales de la Dirección.**

Son uniones (tipo rótula) con cierta elasticidad para absorber las irregularidades del suelo, y tiene como función principal unirse con cada una de las ruedas directrices. La esfera de la rótula va alojada y engrasada en un casquillo de acero o plásticos pretensados.

Un fuelle a prueba de estanquidad evita la pérdida de lubricante. La esfera interior, va fija al brazo de mando o de acoplamiento y la esfera externa, encajada en el macho, oscila en ella, existen de dos tipos las permanentes herméticas que no requieren mantenimiento, y las abiertas que precisan ajuste y engrase periódico.

---

<sup>3</sup> Manual de Enseñanza Programada. (s.f.). *Mecánica de Vehículos Pesados*. Madrid, España: Pons p.251

### **6.3. Cualidades que debe reunir un sistema de dirección**

El sistema de dirección es muy importante dentro de la seguridad del vehículo, para lo cual el sistema debe de cumplir con algunas cualidades para el conductor, a continuación se menciona las siguientes cualidades que son:

#### **6.3.1. Seguridad.**

El sistema de dirección debe de ofrecer una total confianza al conducir, para lo cual depende de la fiabilidad del mecanismo y la calidad de los materiales empleados en su fabricación del mismo evitando deformaciones o fisuras cuando circule en carreteras con terrenos más exigentes ya que es donde soporta mayores impactos y vibraciones.

#### **6.3.2. Facilidad de Manejo.**

El volante debe quedar en una posición tal que el conductor pueda accionarlo desde una postura cómoda.

#### **6.3.3. Precisión.**

Se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser por alguna de las siguientes causas:

- Por excesivo juego en los órganos de dirección.
- El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
- Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.

#### **6.3.4. Estabilidad.**

El vehículo debe seguir una trayectoria recta sin necesidad de corregir la dirección y en las salidas de las curvas las ruedas deben recobrar su posición por si solas.

### **6.3.5. Suavidad.**

Se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase. La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar un neumático inadecuado o mal inflado, por un "avance" o "salida" exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o el chasis deformado.

### **6.3.6. Irreversibilidad.**

Consiste en que el volante debe mandar el giro a las bandas de rodadura, pero por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.<sup>4</sup>

## **6.4. Ángulos de la Dirección**

Los ángulos de la dirección o cotas de dirección son condiciones de funcionamiento para que la dirección funcione de la forma adecuada, de esta manera se logra que las ruedas obedezcan al volante de la dirección y no se altere su trayecto en línea recta o curvas debido a las irregularidades del terreno o a una aplicación del freno en forma progresiva o brusca. Además de esto la dirección, luego de salir de una curva, al soltar el volante debe de retornar a la línea recta y mantenerse en la misma. Los ángulos de la dirección son los siguientes:

- Ángulo de salida.
- Ángulo de caída.
- Ángulo de avance.
- Cotas conjugadas.
- Convergencia de las ruedas.<sup>5</sup>

### **6.4.1 Ángulo de Salida.**

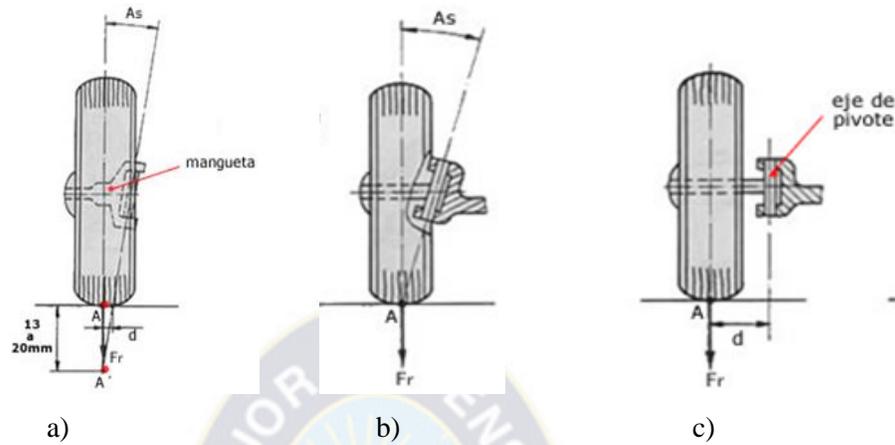
El ángulo de salida ( $A_s$ ) está formado por la prolongación del eje del pivote sobre el cual gira la rueda, este ángulo suele estar comprendido entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ , y siendo en la mayoría

---

<sup>4</sup> Gonzalez, S.,(1997). *Tecnología de la Automoción*.Barcelona,España:Edebe.P.103

<sup>5</sup> Gonzalez, S.,(1997). *Tecnología de la Automoción*.Barcelona,España:Edebe.P.123

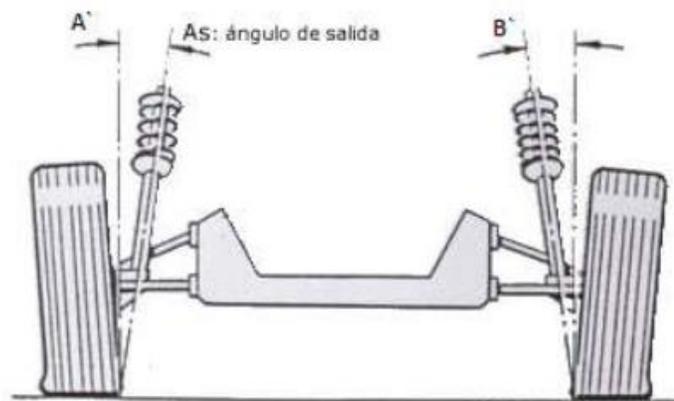
de los vehículos de  $6^\circ$  a  $7^\circ$ . Con esta disposición del pivote, en el cual se mueve la mangueta, reducimos el esfuerzo del volante para orientar las ruedas.



- a) Angulo de salida real.
- b) Sin Angulo de salida máximo esfuerzo para orientar las ruedas.
- c) Angulo de salida máximo mínimo esfuerzo para orientar las ruedas.

*Fig.9. Ángulo de salida de las ruedas.*

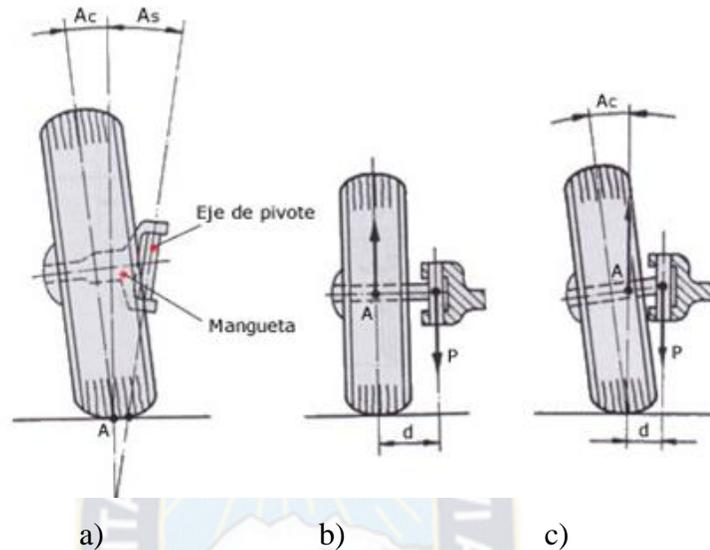
El esfuerzo será nulo cuando el eje del pivote pase por el punto A pero en la práctica no debería ser cero ya que la dirección sería inestable. De este ángulo resultan las fuerzas de retroceso el cual hace que la dirección tome la línea recta luego de salir de una curva. Para una suspensión delantera el ángulo de salida se formara entre el eje vertical  $A'$  y el eje vertical de la suspensión  $B'$ , en este caso los neumáticos se inclinan hacia afuera haciéndose más notorio el ángulo de salida  $As$ .



*Fig.10. Ángulo de salida de una suspensión delantera.*

### 6.4.2 Ángulo de Caída.

Este ángulo se forma debido a que las manguetas no son horizontales si no que forman un ángulo hacia abajo al cual se le denomina caída despunte o sopié, lo cual hace que la rueda este apretado hacia el eje dando cierta convergencia a las ruedas delanteras hacia el suelo.



- a) Ángulo de caída ( $A_c$ ) más el Ángulo de salida ( $A_s$ )
- b) sin Ángulo de caída
- c) Ángulo de caída

Fig.11. Ángulo de caída de las ruedas.

Con este ángulo de caída lo que se busca es, reducir el brazo de palanca o la distancia “d”, al inclinar la rueda el punto de reacción A se desplaza hacia el pivote reduciéndola cota “d” con lo cual reduce el esfuerzo al que está sometido los rodamientos de la mangueta.

El valor del ángulo de caída  $A_c$ , que suele estar comprendido entre  $1/4^\circ$  y  $2^\circ$ , hace disminuir el ángulo de salida  $A_s$ , aunque se mantiene dentro de unos límites suficientes.

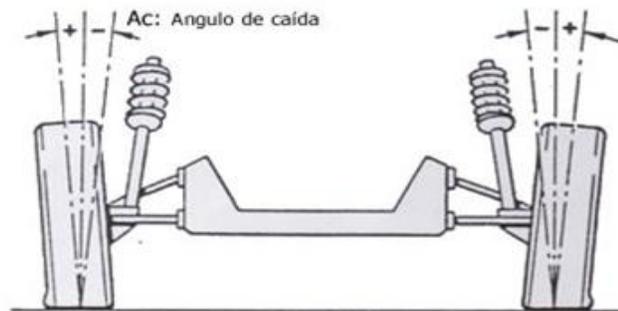


Fig.12. Ángulo de caída de la ruedas de una suspensión independiente.

En la suspensión independiente el ángulo de caída se forma entre B` y C` donde B` es el eje de simetría de la rueda y C` es el eje de simetría del pivote.

### 6.4.3 Ángulo de Avance.

El ángulo de avance  $Aa$  o caster se forma entre el eje vertical del centro de la rueda y la prolongación del eje del pivote; este ángulo variara según donde esté ubicado el motor por ejemplo el ángulo de avance suele estar comprendido entre  $0$  y  $4^\circ$  para vehículos con motor delantero y de  $6$  a  $12^\circ$  para vehículos con motor trasero.

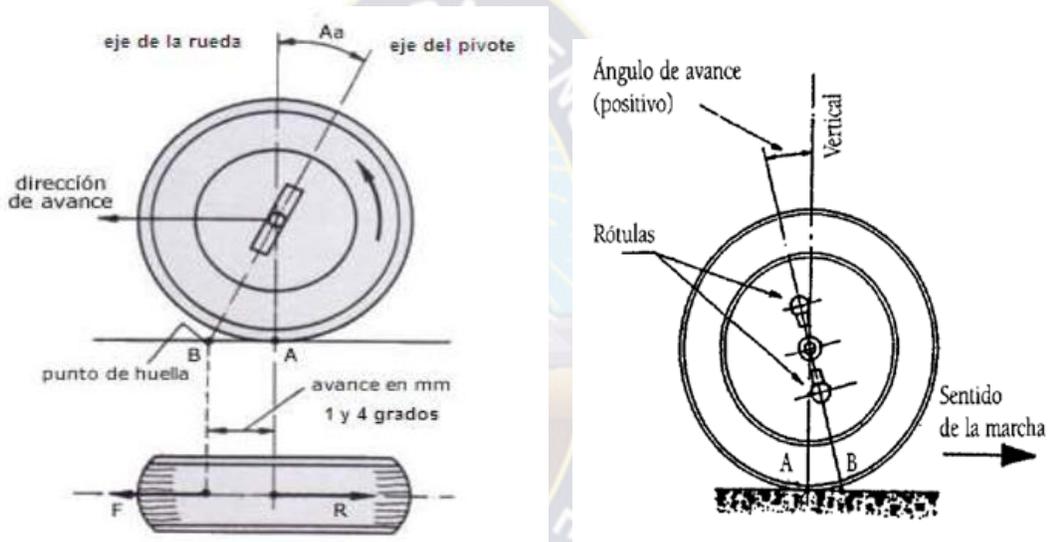


Fig.13. Ángulo de avance de las ruedas.

Este avance proporciona a la dirección estabilidad fija, si el avance es demasiado pequeño la dirección no tiene posición fija; si se invierte, la dirección reaccionara bruscamente y aparte de esto es dura y peligrosa, si el avance es demasiado excesivo puede dar un tirón constante a cualquier lado de la carretera.

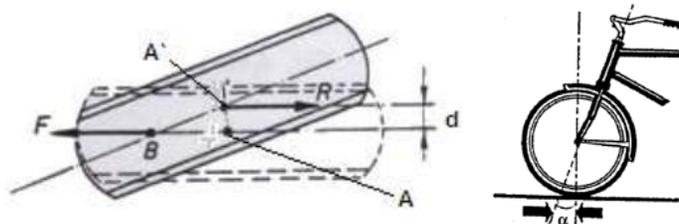


Fig.14. Efecto del ángulo de avance ( $Aa$ ).

Al girar la dirección para tomar una curva la rueda se orienta como se puede ver en la figura 14 sobre el punto B, fijado para el avance, esto hace que el punto A se desplace hasta A', creándose un par de fuerzas que tiende a volver a la rueda a su posición de línea recta ya que en esta posición, al ser "d" = 0, desaparece el par.

#### 6.4.4 Cotas Conjugadas.

El objetivo de las cotas conjugadas (de salida y caída) es que el avance corte la línea de desplazamiento por delante y hacia la derecha del punto A.

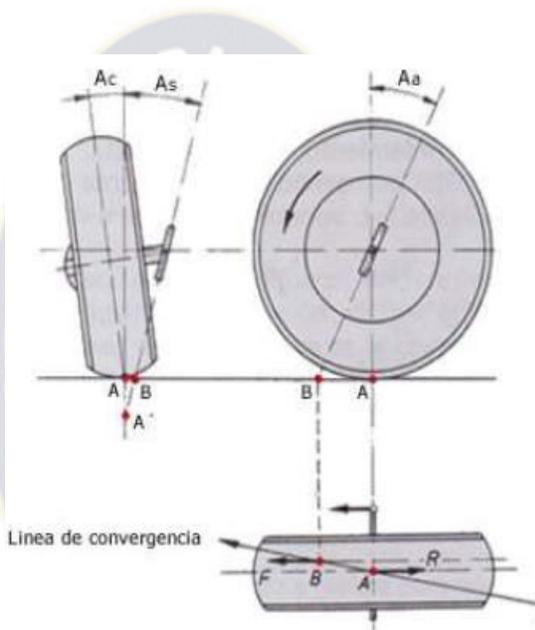


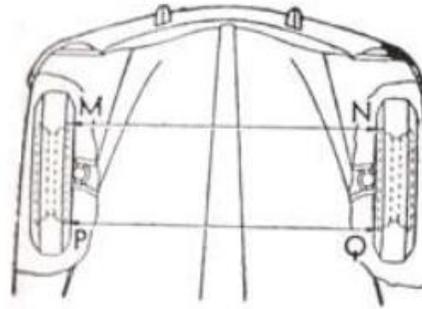
Fig.15. Cotas conjugadas de las ruedas.

Por esta razón podemos decir, que para vehículos con tracción trasera la fuerza de empuje se transmite desde la parte posterior, esta fuerza se transmite hacia las ruedas por medio del pivote para vencer la fuerza de rodadura, mientras que para vehículos con tracción delantera la fuerza de empuje está aplicada al mismo punto de apoyo de la rueda lo cual no ejerce ningún efecto en la dirección. Pero si deben de tener un pequeño avance para mantener estable la dirección junto con las cotas de salida y caída y de esta manera tener una convergencia positiva o negativa.

#### 6.4.5 Convergencia.

Se lo conoce también como paralelismo de las ruedas delanteras, visto al automóvil desde la parte superior se puede apreciar la convergencia de las ruedas, donde, las ruedas

delanteras se acercan por la parte delantera; es un valor que se mide en milímetros entre los puntos MN y PQ, donde hay una diferencia de 1 a 6 milímetros con propulsión delantera y de 0 a -2 milímetros con tracción trasera en este caso tendremos una divergencia.



*Fig.16. Convergencia de las ruedas delanteras.*

La convergencia tiene como función de compensar la tendencia de las ruedas a abrirse con la marcha y contrarrestar el esfuerzo que sufren los pivotes, se la determina en función del resto de las cotas de dirección.

Debe mantenerse dentro de los límites establecidos por el fabricante ya que, cualquier alteración produce la inestabilidad en la dirección. Una convergencia excesiva, produce un desgaste irregular en los neumáticos que se manifiesta por el desgaste lateral que se produce en su banda de rodadura.

Una excesiva convergencia respecto a la que nos da el fabricante, provoca un desgaste lateral en la zona exterior de los neumáticos. Una convergencia insuficiente provoca un desgaste lateral en el interior de los neumáticos.

## **6.5. Tipo de Direcciones.**

Existen varios tipos de direcciones del automóvil clasificándose en dos grupos que son:

- Direcciones mecánicas (simples).
- Direcciones asistidas.<sup>6</sup>

### **6.5.1 Direcciones Mecánicas.**

Como su nombre lo dice, la dirección mecánica no tiene ningún tipo de asistencia como puede ser la asistencia de aire, líquido hidráulico o asistencia eléctrica, está constituido por componentes totalmente mecánicos y simples.

<sup>6</sup> Gonzalez, S.,(1997). *Tecnología de la Automoción*.Barcelona,España:Edebe.P.107

La dirección mecánica se diferencia por sus mecanismos y arquitecturas. Al referirnos al mecanismo de dirección cabe mencionar que para girar las ruedas existen cajas de dirección que funcionan con diversos mecanismos. Podemos clasificar en dos grupos que son:

- Mecanismos de dirección de tornillo sin fin.
- Mecanismo de dirección de cremallera.

#### 6.5.1.1 Mecanismos de Dirección de Tornillo Sin fin.

Este mecanismo consiste de un tornillo que engrana constantemente con una rueda dentada, donde, el tornillo sin fin se acopla a la columna de la dirección, mientras que la rueda dentada se acopla al brazo de mando.

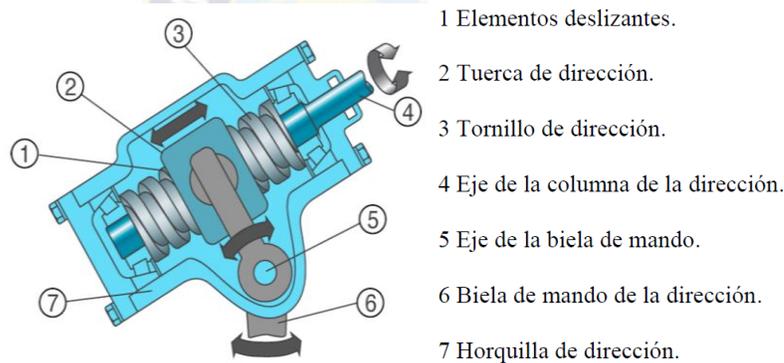


Fig.17. Mecanismo de tornillo sin fin.

De esta manera reducimos el esfuerzo que debe efectuar el conductor al momento de accionar el volante de la dirección, y dentro de este sistema existen algunos tipos de mecanismos que son:

- Sistema Ross por palanca y leva.
- Por tornillo y rodillo.
- Tornillo sinfín con bolas circulares.

#### a). Sistema Ross por Palanca y Leva.

Termina la columna de la dirección con un husillo en cuya ranura helicoidal se introduce el dedo cónico de la palanca que se mueve el brazo de mando, en este sistema todas las piezas se apoyan en cojinetes de bolas o rodillos el cual hace que el sistema se a suave al momento de accionar el volante.

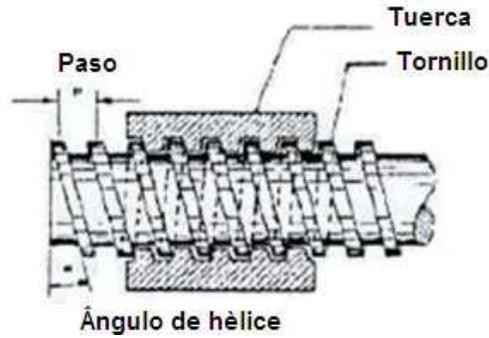


Fig.18. Mecanismo Ross de palanca y leva.

**b). Por Tornillo y Rodillo Oblicuo.**

Muy parecido al de tornillo sin fin y tuerca, la diferencia es que el rodillo oblicuo R bascula según un arco de giro, el cuerpo del tornillo T es más estrecho en su parte media para ajustar el contacto con el rodillo oblicuo.

Una de las ventajas de este sistema es que presenta un menor desgaste debido a que el tornillo oblicuo se guía en el sin fin.

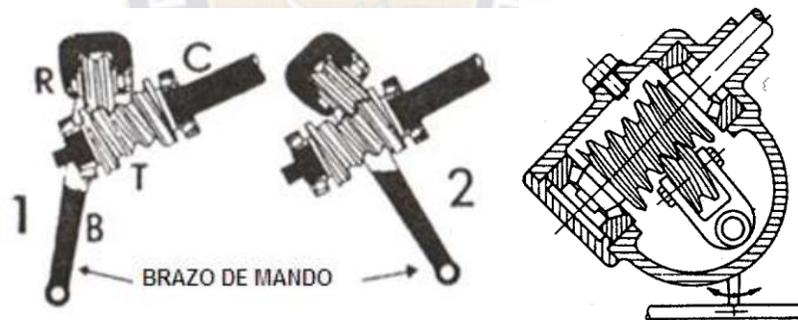


Fig.19. Mecanismo de tornillo y rodillo oblicuo.

**c).Tornillo Sin fin y Bolas Circulares.**

En este sistema se utiliza una hilera de bolas circulares en el acoplamiento del sin fin y la tuerca, el objetivo de las bolas circulares es de reducir el desgaste y mejorar el deslizamiento entre los dos elementos, además de esto reduce el esfuerzo al momento de girar el volante.

El sector dentado esta acoplado al brazo de mando mientras que el tornillo sin fin va acoplado a la columna de la dirección.

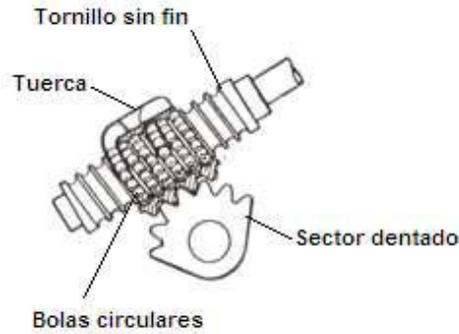


Fig. 20. Sistema sin fin y bolas circulares.

### 6.5.1.2 Mecanismo de Dirección de Cremallera.

Debido a los múltiples mecanismos, palancas, articulaciones e inconvenientes que presentan los sistemas de dirección tanto en su acople como en su adaptación; los fabricantes y constructores se vieron en la necesidad de crear una dirección simple en su mecanismo y su transmisión del movimiento del volante de dirección hacia las ruedas, para lo cual incorporaron el mecanismo de cremallera.

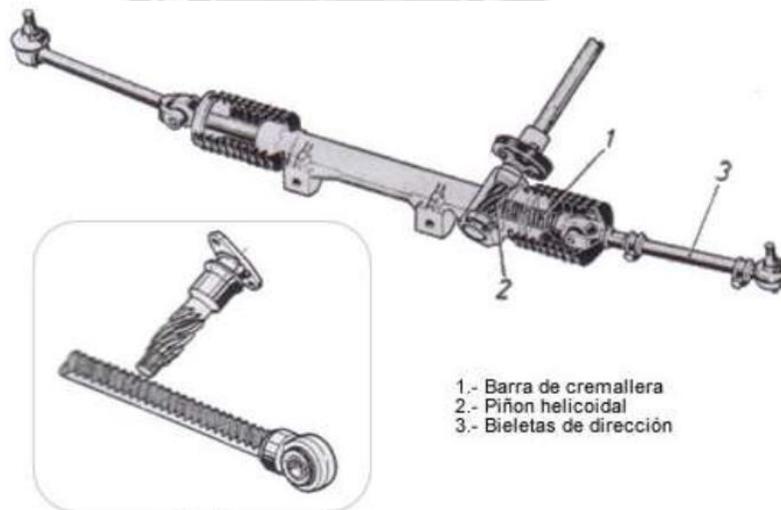


Fig.21. Mecanismo de dirección por cremallera.

Se caracteriza por su sencillez del mecanismo desmultiplicador, rendimiento mecánico y simplicidad de montaje ya que va directamente acoplado sobre los brazos de las ruedas. En la figura 22 podemos ver el despiece completo del sistema de dirección por cremallera.

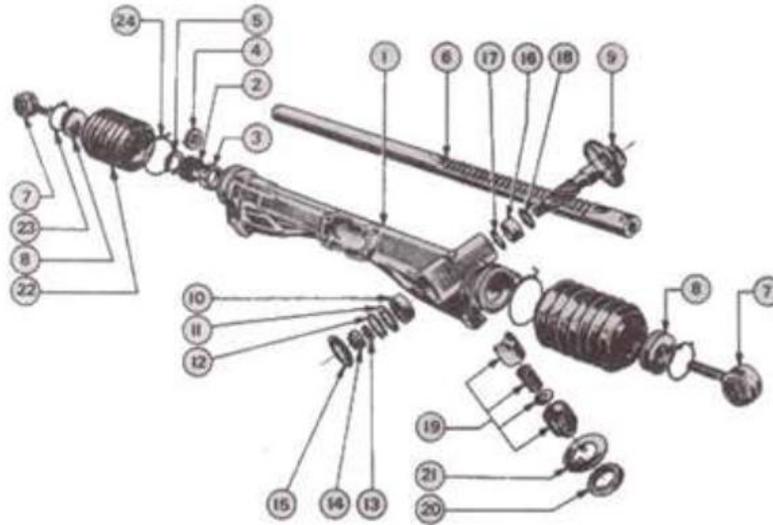


Fig. 22. Despiece del mecanismo por cremallera.

Consiste en una barra (6), donde hay labrada una cremallera en la que engrana el piñón (9), que se aloja en la caja de dirección (1), apoyado en los cojinetes (10 y 16). El piñón (9) se mantiene en posición por la tuerca (14) y la arandela (13); su reglaje se efectúa quitando o poniendo arandelas (11) hasta que el clip (12) se aloje en su lugar. La cremallera (6) se apoya en la caja de dirección (1) y recibe por sus dos extremos los soportes de la articulación (7), roscado en ella y que se fijan con las contratuercas (8). Aplicado contra la barra de cremallera (6) hay un dispositivo (19), de rectificación automática de la holgura que pueda existir entre la cremallera y el piñón (9). Este dispositivo queda fijado por la contratuerca (20).

### 6.5.2 Direcciones Asistidas

Debido a los esfuerzos que se realizan para maniobrar un vehículo en movimiento y mucho más cuando el mismo está parado o a bajas velocidades se ha pensado en una asistencia que ayude a la dirección a que no sea tan pesada al maniobrar, ya que por el contacto del neumático con el suelo; se vio que mientras más contacto exista más esfuerzo se necesitara para poder maniobrar el vehículo, para lo cual se implementado las direcciones asistidas por comodidad y respuesta rápida de la dirección.<sup>7</sup>

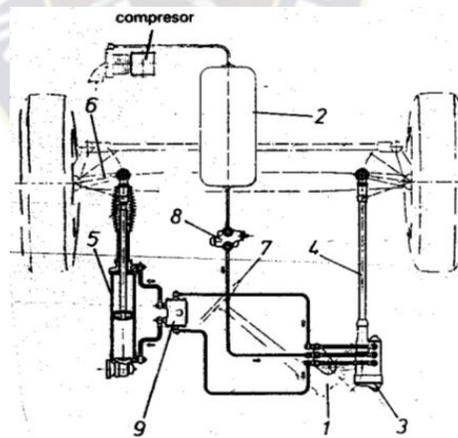
<sup>7</sup> Paz, M.A., (1940). *Manual de Automóviles.* (55ª Ed.). Madrid, España: Dossat. p.913.

Estas direcciones ocupan una fuente de energía que puede ser el vacío del motor, la energía eléctrica o la fuerza hidráulica, esta última es la más utilizada sobre todo en buses y camiones, entonces las direcciones asistidas se clasificarían en:

- Dirección con asistencia Neumática.
- Dirección con asistencia Hidráulica.
- Dirección con asistencia Eléctrica (EPS).

### 6.5.2.1. Dirección con Asistencia Neumática

Esta servo-dirección está constituida esencialmente por un mecanismo desmultiplicador convencional, generalmente del tipo sin fin, y un servomando que funciona mediante aire a presión procedente de la central neumática del que van dotados los vehículos con frenos de aire comprimido. El circuito de mando está formado por una válvula de control o distribuidora que va montada sobre la palanca de dirección y un cilindro de empuje de doble efecto que actúa sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas, haciéndolas girar hacia la derecha o hacia la izquierda, según el giro efectuado en el volante. Además, el sistema lleva intercalado un grifo para el paso automático del aire, una válvula doble de descarga rápida y las tuberías de unión entre los elementos.<sup>8</sup>



- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1: Mecanismo desmultiplicador convencional | 2: Central neumática o calderin |
| 3: Válvula de control o distribuidora      | 4: Palanca de dirección         |
| 5: Cilindro de doble efecto                | 6: Brazo de acoplamiento        |
| 7: Volante,                                | 8: Grifo,                       |
| 9: Válvula de descarga rápida.             |                                 |

Fig. 23. Circuito de mando de la servodirección neumática.

<sup>8</sup> Manual de Enseñanza Programada. (s.f.). *Mecánica de Vehículos Pesados*. Madrid, España: Pons p.254

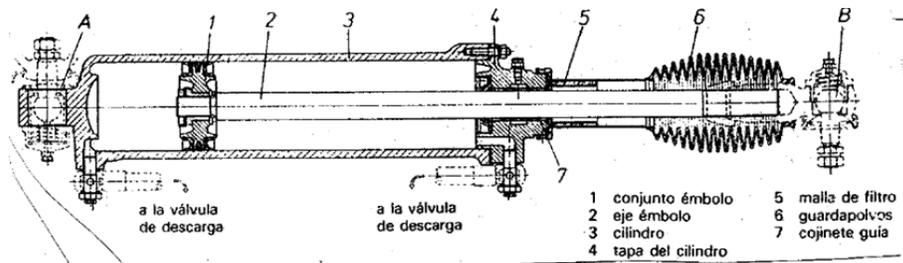


Fig.24. Cilindro de mando de una dirección neumática.

### 6.5.2.2. Dirección Hidráulica.

Este sistema consiste en acoplar a un mecanismo de dirección simple (dirección mecánica) un circuito hidráulico el cual a su vez va ser accionado por una fuerza hidráulica que es proporcionada por una bomba hidráulica.

En la fig. 25 podemos observar las partes principales de una dirección hidráulica las cuales son una bomba de alta presión con su regulador de presión, distribuidor o válvula rotativa, cilindro impulsor o gato de doble efecto y cañerías hidráulicas. Dentro de los vehículos pequeños medianos y pesados; este sistema de dirección es quien ha remplazado al sistema de dirección mecánica hasta el día de hoy debido a su efectividad.

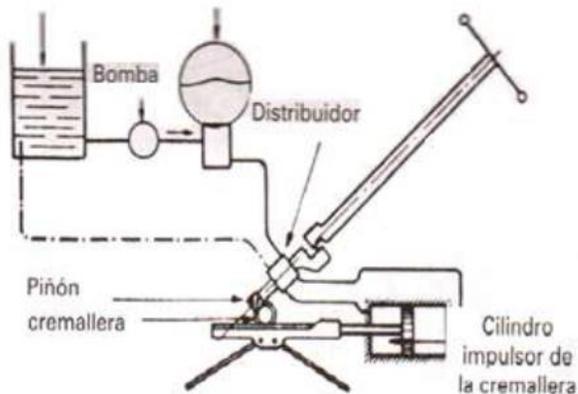


Fig.25. Sistema de dirección hidráulica.

#### a). Depósito.

Es donde se encuentra el líquido hidráulico con el cual funciona todo el sistema, dentro del vehículo es más visible ya se encuentra en la parte delantera del motor; por lo general el depósito está unido a la bomba por medio de una cañería flexible la cual a su vez suministra

líquido hidráulico a la bomba. Existe otra cañería que es de retorno que viene desde el distribuidor.

**b). Bomba de Alta Presión.**

Es la que suministra líquido hidráulico a presión a todo el sistema y puede ser de tipo paletas o engranajes con doble entrada y salida, es accionada por la polea del motor a través de una banda, está a su vez mueve la polea de la bomba de alta presión; puede proporcionar un caudal de 10 litros por minuto independientemente de la velocidad de rotación y una presión de 100 bares. En algunos casos la bomba de alta presión puede ser accionada por un motor eléctrico que está unido junto con la bomba que este caso es de engranajes. Cualquiera que sea el tipo de bomba siempre tendrá un regulador de presión.

**c). Regulador de Presión.**

Su función es de establecer la presión adecuada de mando. En condiciones de ralentí y bajas velocidades el regulador de presión permite el paso de toda la presión y caudal que es generada por la bomba, la velocidad de rotación de la bomba es baja, de esta manera se obtiene la mayor asistencia a la dirección. Mientras que en condiciones de línea recta y diferentes velocidades el regulador de presión reducirá el paso de presión y caudal ya que en estos casos aumenta la velocidad de rotación de la bomba y el sistema de dirección no se necesita mayor asistencia.

**d). Distribuidor o Válvula Rotativa.**

Está ubicada dentro de un cuerpo o carcasa, entre la columna de la dirección y el piñón de cremallera, de esta manera el volante de la dirección acciona simultáneamente.

En su cuerpo o carcasa existen dos cañerías que comunican con el retorno o con el gato hidráulico. En condiciones de línea recta la válvula rotativa no es accionada ya que sobre el volante no se aplica un esfuerzo, de esta manera el gato hidráulico queda alimentado en sus dos caras ya que es de doble efecto y parte del líquido regresa al depósito por la cañería de retorno. Y en condiciones de que se gire la rueda a cualquier lado la válvula rotativa corta la alimentación en una de las caras del gato hidráulico o cilindro impulsor dependiendo a qué lado se haya girado el volante.

**e). Cilindro Impulsor o Gato de Doble Efecto.**

Su forma se asemeja a un amortiguador, es un cilindro en el cual se desplaza un pistón, tiene un vástago el cual está unido a uno de los extremos de la cremallera.

Su función es de ayudar a mover las ruedas dependiendo del accionamiento del volante ya que recibe una fuerza hidráulica en sus dos caras del pistón.

### 6.5.2.3 Dirección Eléctrica (EPS).

El sistema de dirección de asistencia eléctrica es ligero y compacto, en nuestro país existen vehículos que poseen este tipo de sistema por ser en la actualidad el más usado a nivel mundial por ser una tecnología limpia.<sup>9</sup>



Fig. 26. Sistema de dirección electrónica EPS.

Sus partes son un motor eléctrico 1, sensor de par de dirección 2, rotulas de la dirección quienes van a direccionar los neumáticos 3, caja de dirección 4, una unidad de control para la dirección asistida 5, columna de la dirección 6, sensor de ángulo de la dirección 7 y por último el volante de la dirección 8.

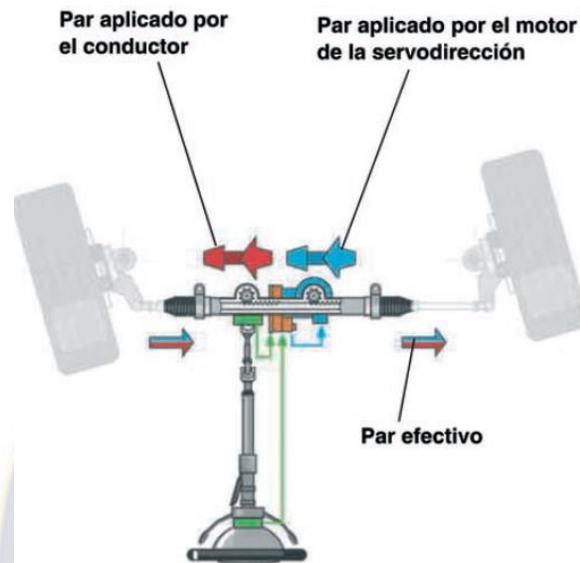
Es un sistema que a diferencia del sistema de dirección hidráulica y mecánica elimina algunos elementos para la reducción de peso y disponer de más espacio y a su vez reducir cargas al motor.

### 6.5.2.4. Funcionamiento de la Dirección Asistida Eléctricamente

Este sistema ofrece las mismas características de una dirección convencional o hidráulica como son la fácil maniobrabilidad de la dirección y comodidad también protege el medio

<sup>9</sup> Peralta, R., Quino, G.,(2009).*Sistemas de Dirección Automotriz*. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecánicas de la Universidad mayor de San Andrés.P.89

ambiente ya que la fuerza de asistencia lo realiza un motor eléctrico con esto eliminamos es uso de líquido hidráulico.



*Fig. 27. Funcionamiento de la dirección eléctrica.*

De acuerdo con el gráfico el sistema de dirección eléctrica consta de un motor eléctrico el cual suministra el par de asistencia necesaria a la dirección por medio de un piñón de accionamiento dependiendo de las condiciones de manejo, el motor a su vez está controlado por una unidad de control quien se encarga de controlar el par de asistencia que entrega el motor, para lo cual esta unidad de control electrónico toma señales de referencia del sensor de par de la dirección, sensor de ángulo de la dirección, sensor de régimen del motor de combustión (CKP) y del sensor de velocidad del vehículo (VSS); además de esto en la unidad de control está incorporado las curvas características de asistencia.

Entonces en el momento que el conductor gira el volante a la derecha o izquierda la unidad de control toma todas las señales las compara con sus datos almacenados y curvas características para excitar correctamente al motor y este a su vez pueda dar asistencia adecuada a la dirección dependiendo de las condiciones de manejo.

### 6.5.2.5 Partes del Sistema de Dirección Eléctrica (EPS).

Las partes principales que conforman este sistema son los siguientes:

- Sensor de ángulo de dirección.
- Sensor de par de dirección.
- Sensor de régimen del rotor del motor eléctrico.
- Sensor de velocidad de marcha del vehículo.
- Sensor de régimen del motor.
- Motor eléctrico.
- Unidad de control para la dirección.
- Testigo luminoso de averías.

#### a). Sensor de Angulo de Dirección.

El sensor de ángulo de dirección va situado detrás del anillo retractor con el anillo colector para el sistema airbag. Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante.

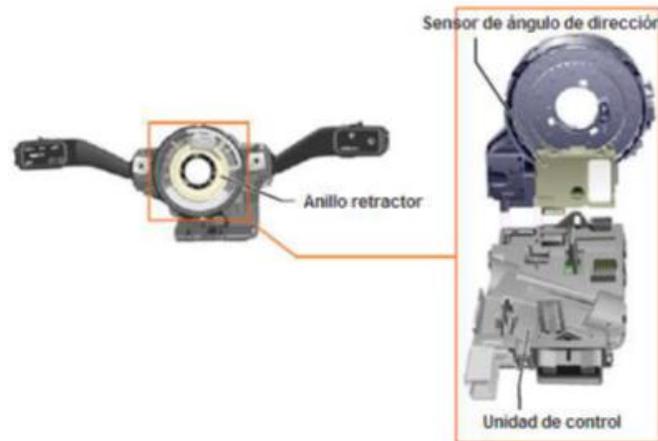


Fig. 28. Sensor de ángulo de dirección.

Envía la señal para la determinación del ángulo de dirección, destinándola a la unidad de control de dirección, que puede y no ser a través del CAN-Bus de datos. En la unidad de control de dirección se encuentra el analizador electrónico para estas señales.<sup>10</sup>

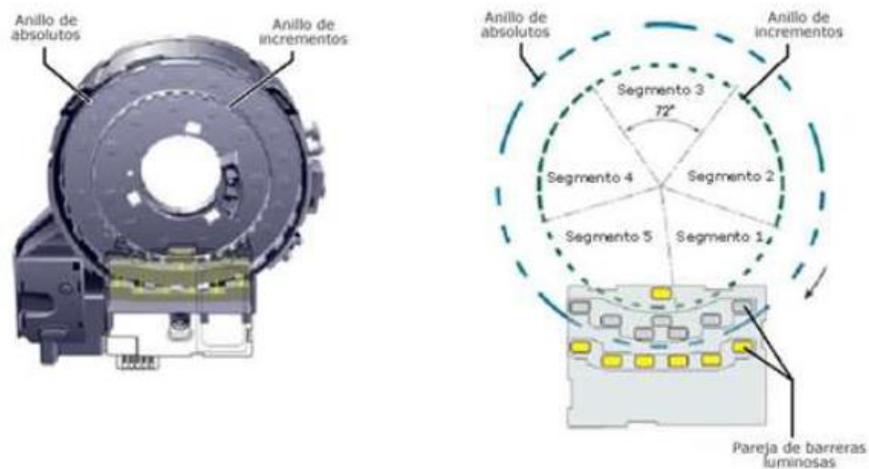
<sup>10</sup> Peralta, R., Quino, G., (2009). *Sistemas de Dirección Automotriz*. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecánicas de la Universidad Mayor de San Andrés. P.99

Si se avería el sensor, se pone en vigor un programa de emergencia. La señal faltante se sustituye por un valor almacenado dentro de la unidad de control. La fuerza de asistencia para la dirección se conserva plenamente. La avería se indica encendiéndose el testigo de averías del cuadro de instrumentos.

Los componentes básicos del sensor de ángulo de dirección son:

- Un disco de codificación con dos anillos
- Parejas de barreras luminosas con una fuente de luz y un sensor óptico cada una.

El disco de codificación consta de dos anillos, el anillo exterior de valores absolutos y el anillo interior de valores incrementales. El anillo de incrementos está dividido en 5 segmentos de  $72^\circ$  cada uno y es explorado por una pareja de barreras luminosas. El anillo de absolutos viene a determinar el ángulo, es explorado por 6 parejas de barreras luminosas. El sensor de ángulo de dirección puede detectar  $1044^\circ$  de ángulo (casi 3 vueltas de volante). Se dedica a sumar los grados angulares. De esa forma, al sobrepasar la marca de los  $360^\circ$  reconoce que se ha ejecutado una vuelta completa del volante.



*Fig.29. Esquema del sensor de ángulo de la dirección.*

Para simplificar la explicación en la figura inferior tenemos un anillo de incrementos, el sensor óptico y una fuente luminosa la cual funciona con el principio de barrera luminosa, entonces cuando la luz incide en el sensor al pasar por una almena del anillo se engendra una señal de tensión.

Al cubrirse la fuente luminosa se vuelve a interrumpir la tensión de la señal. Al mover ahora el anillo de incrementos se produce una secuencia de señales de tensión.



Fig. 30. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo.

### b). Sensor de Par de Dirección.

El par de mando a la dirección se mide con ayuda del sensor de par de dirección directamente en el piñón de dirección o en la columna de la dirección esto depende de la configuración que tenga el sistema de dirección, trabaja según el principio magnetorresistivo. Está configurado de forma redundante, para establecer el mayor nivel de fiabilidad posible.<sup>11</sup>



Fig. 31. Sensor de par de dirección.

El sensor del par acopla la columna y la caja de dirección a través de una barra de torsión, posee una rueda polar magnética, en la que se alternan 24 zonas de diferente polaridad magnética; en este caso tenemos dos polos diferentes. La contrapieza es un elemento sensor magnetorresistivo, que va fijado a la pieza de conexión hacia la caja de la dirección.

Al ser movido el volante se decalan ambas piezas de conexión entre sí en función del par que interviene. En virtud de que con ello también se decala la rueda polar magnética con

<sup>11</sup> Peralta, R., Quino, G.,(2009).*Sistemas de Dirección Automotriz*. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecánicas de la Universidad mayor de San Andrés.P.100

respecto al elemento sensor, resulta posible medir el par aplicado a la dirección de esa forma y se lo puede transmitir a la unidad de control en forma de señal.

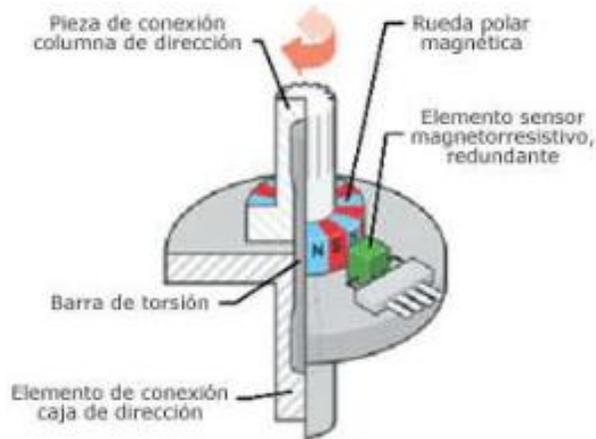


Fig. 32. Esquema de un sensor de par.

Si existe una avería el sensor de par de dirección se tiene que sustituir la caja de la dirección. Si se detecta un defecto se desactiva la fuerza de asistencia de manera suave.

#### **c). Sensor de Régimen del Rotor del Motor Eléctrico.**

El sensor de régimen del rotor es parte integrante del motor para la dirección asistida. No es accesible por fuera. El sensor de régimen del rotor trabaja según el principio magnetorresistivo, su diseño es igual que el del sensor del par de dirección. Detecta el régimen de revoluciones del rotor del motor eléctrico; este dato se necesita para poder excitar el motor con la debida precisión.

En caso de que el sensor tenga una avería se emplea la señal de la velocidad de ángulo de dirección. La asistencia a la dirección se reduce de forma segura. De esta manera se evita que se interrumpa la asistencia en caso de averiarse el sensor

#### **d). Sensor de Velocidad de Marcha del Vehículo**

La señal de la velocidad de marcha del vehículo es suministrada por la unidad de control para ABS más específicamente por el sensor VSS, que en el caso de tener ABS este sensor se encuentra detrás de la punta eje de cada rueda, mientras que si no cuenta con el sistema ABS este sensor se encuentra en la caja de cambios sobre el eje secundario o salida.

Si se ausenta la señal de velocidad de marcha del vehículo se pone en vigor un programa de marcha de emergencia.

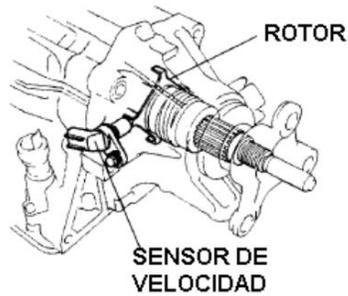


Fig.33. Ubicación del sensor VSS en la caja de cambios.

**e). Sensor de régimen del motor.**

El sensor de régimen del motor es un sensor de efecto Hall, va atornillado a la carcasa de la brida del cigüeñal, está sobre el volante de inercia del motor. También se lo conoce como CKP.

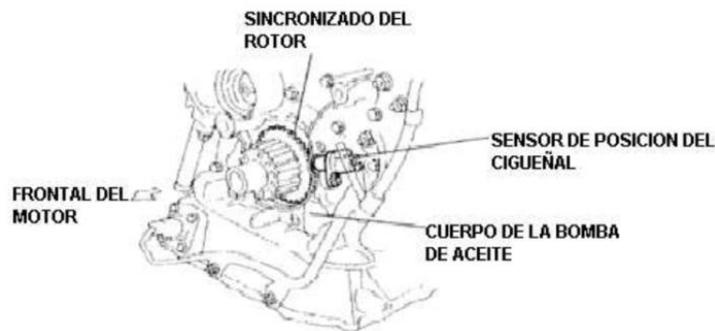


Fig. 34. Ubicación del sensor CKP en el vehículo.

La señal del sensor de régimen del motor es utilizada por la unidad de control del motor para detectar el número de vueltas del motor y la posición exacta del cigüeñal.

Puede darnos dos tipos de ondas como son una onda cuadrada o senoidal. Si se daña el sensor de régimen del motor (CKP), la dirección pasa a funcionar en un estado de falla. La avería hace que el testigo luminoso se encienda.

**f). Motor Eléctrico.**

El motor eléctrico desarrolla un par máximo para entregar la fuerza de asistencia a la dirección. No poseen campo magnético permanente ni excitación eléctrica por ser un motor asíncrono.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Peralta, R., Quino, G.,(2009).Sistemas de Dirección Automotriz. La Paz, Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecánicas de la Universidad mayor de San Andrés.P.101.

La característica que les da el nombre reside en una diferencia entre la frecuencia de la tensión aplicada y la frecuencia de giro del motor. Estas dos frecuencias no son iguales, en virtud de lo cual se trata de un fenómeno de asincronía. Los motores asíncronos son de construcción sencilla (sin escobillas), lo cual los hace muy fiables en su funcionamiento.

Tienen una respuesta muy breve, con lo cual resultan adecuados para movimientos muy rápidos de la dirección. El motor eléctrico va integrado en una carcasa de aluminio. A través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento ataca contra la cremallera y transmite así la fuerza de asistencia para la dirección.

En el extremo del eje por el lado de control va instalado un imán, al cual recurre la unidad de control para detectar el régimen del rotor. La unidad de control utiliza esta señal para determinar la velocidad de mando de la dirección.



*Fig.35. Motor eléctrico.*

#### **g). Unidad de Control Para la Dirección.**

La unidad de control para dirección asistida va fijada directamente al motor eléctrico, con lo cual se suprime un cableado complejo hacia los componentes de la servodirección. Su funcionamiento se basa en las señales de entrada, tales como:

- La señal del sensor de ángulo de dirección.
- La señal del sensor de régimen del motor.
- El par de dirección y el régimen del rotor.
- La señal de velocidad de marcha del vehículo.
- La señal de que se identificó la llave de contacto en la unidad de control.

La unidad de control calcula las necesidades momentáneas de la fuerza de asistencia para la dirección y excita correspondientemente el motor eléctrico. No todas las unidades de control pueden venir juntas al motor eléctrico, ya que depende del tipo de arquitectura o construcción que posea el sistema de dirección.



Fig.36. Unidad de control.

La regulación de la servoasistencia para la dirección se lleva a cabo recurriendo a una familia de curvas características almacenada en la memoria de la unidad de control permanente. Esta memoria abarca hasta 16 familias diferentes de curvas características. Una familia contiene cinco diferentes curvas asignadas a diferentes velocidades del vehículo (por ejemplo 0 km/h, 15 km/h, 50 km/h, 100 km/h y 250 km/h). Una curva característica de la familia expresa el par de dirección, debido a esto el motor eléctrico aporta más o menos fuerza de asistencia para hacer más fácil y preciso el manejo de la dirección teniendo en cuenta variables como por ejemplo: el peso del vehículo.

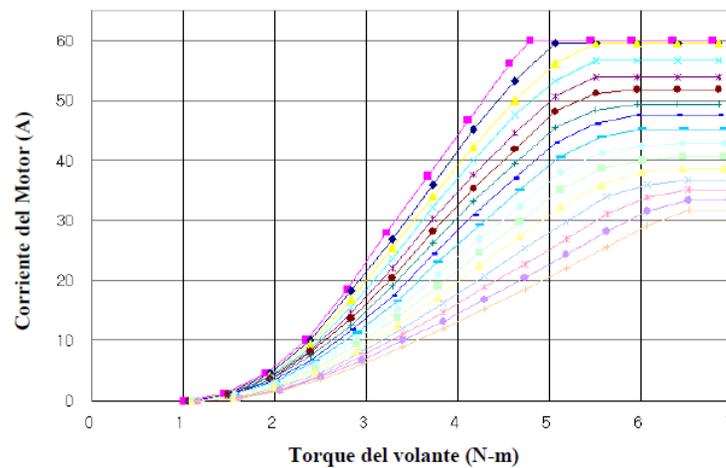


Fig.37. Relación: corriente y torque, curva característica de la fuerza de asistencia.

Si tiene una avería la unidad de control de la dirección asistida se la puede sustituir en algunos casos cuando la misma no se encuentre junto al sistema; si esta junto al sistema deberá remplazarse con todo.

#### **h). Testigo Luminoso de Averías.**

El testigo luminoso se encuentra en el cuadro de instrumentos del vehículo. Se utiliza para avisar sobre funciones anómalas o fallos en la dirección asistida electrónicamente. El testigo luminoso puede adoptar dos diferentes colores para indicar funciones anómalas.

Si se enciende en amarillo, significa un aviso de menor importancia. Si el testigo luminoso se enciende en rojo hay que acudir de inmediato a un taller.

Cuando el testigo luminoso se enciende en rojo suena al mismo tiempo una señal de aviso acústico.



*Fig.38. Testigo de averías.*

Al conectar el encendido, el testigo se enciende en rojo, porque el sistema de la dirección asistida electromecánica lleva a cabo un ciclo de auto-chequeo. Sólo a partir del momento en que llega la señal procedente de la unidad de control para dirección asistida, según la cual el sistema trabaja de forma correcta, es cuando el testigo se apaga.

Este ciclo de auto chequeo tarda unos dos segundos luego el testigo se apaga de inmediato en cuanto se arranca el motor.

En vehículos modernos toda la información se intercambia a través de dos cables como máximo, que constituyen el CAN-Bus entre las unidades de control.

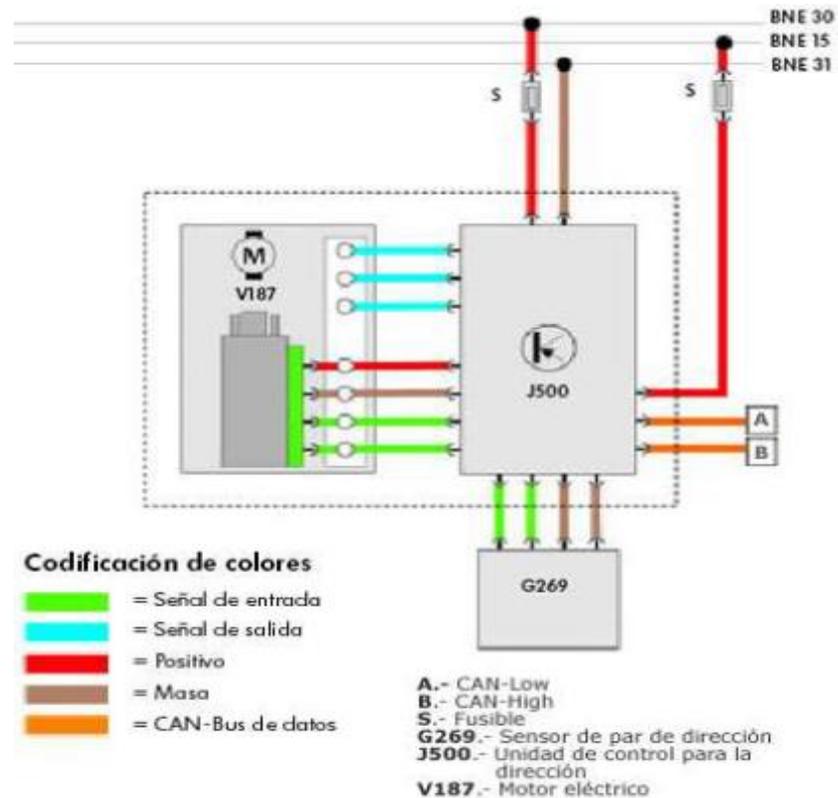


Fig.39. Esquema eléctrico del sistema de dirección eléctrica con Can Bus.

#### 6.5.2.6. Aplicación de la Asistencia (EPS).

Así como existen diferentes tipos de direcciones tanto mecánicas como hidráulicas la dirección electrónica no es la excepción, también existen diferentes tipos o arquitecturas de direcciones eléctricas y se clasifican por su aplicación o lugar de asistencia en el siguiente grupo:

- En la columna de dirección.
- En el piñón de la cremallera.
- Directamente en la cremallera.<sup>13</sup>

##### a). En la columna de dirección.

En este sistema de dirección electrónica la asistencia se aplica en la columna de la dirección el sector dentado está acoplado al motor eléctrico.

<sup>13</sup> <http://www.mecanica-automotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-esp>

Este tipo de sistema es el más seguro ya que se encuentra debajo del habitáculo de la carrocería para proteger de las altas temperaturas, golpes y suciedad tanto al motor y a la unidad de control.



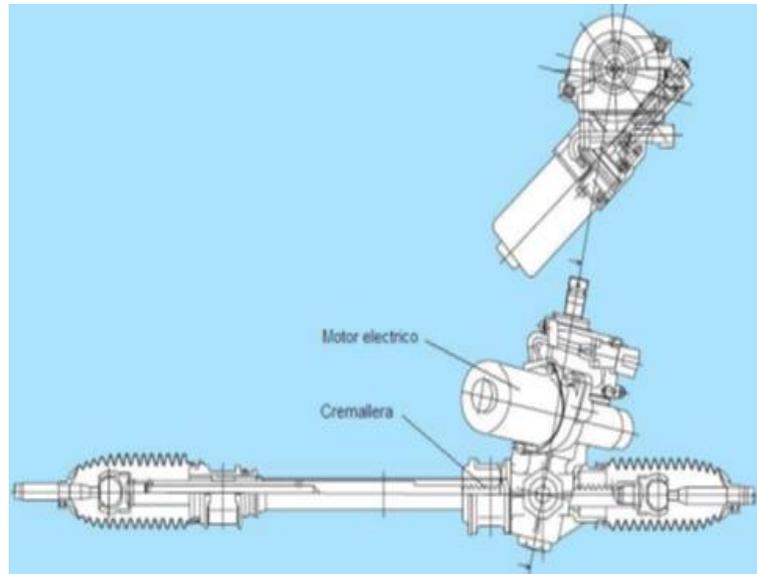
*Fig.40. En la columna de dirección.*

Sus características son:

- Par de asistencia en la columna es de 3.2 a 4.2 N/m o 8500N.
- El ruido en la columna es mínimo.
- Como el motor y la unidad de control están juntos se evita cableado extenso.
- Peso mínimo de 7 kg.

**b). En el piñón de la cremallera.**

Este tipo de asistencia se lo realiza directamente al piñón de la cremallera parecido al sistema al de la columna de dirección pero en este caso el motor eléctrico está en el pie de la dirección.



*Fig.41. En el piñón de la cremallera.*

En este sistema el módulo de control electrónico se encuentra dentro del automóvil (en el habitáculo) ya que todo el sistema está expuesto al calor el golpe y la suciedad, en cuanto a costo se refiere es costoso debido a que este tipo de dirección es resistente a golpes leves o caídas no muy fuertes, uno de los inconvenientes son el extenso cableado desde el módulo de control electrónico hacia el motor eléctrico; la características de este sistema son:

- Se puede usar columnas de dirección, de cualquier tipo, que absorben el impacto en el caso de una colisión.
- El par de asistencia en la columna es de 6.5N/m.
- Peso de 11 kg.
- Existen varios tipos de motores eléctricos dependiendo del tipo de vehículo.
- Se puede utilizar en vehículos hasta los 1500 kg del peso propio.

**c). directamente en la cremallera.**

Este tipo de asistencia se ocupa en vehículos de gama alta, la asistencia se lo realiza directamente en la cremallera de la dirección, entonces tendríamos un sistema de doble piñón el cual eleva su costo, el módulo de control electrónico se encuentra dentro del vehículo como en el caso del piñón drive para protegerlo.



Fig. 42. Directamente en la cremallera..

Estos sistemas no pueden ser sometidos a caminos rigurosos o muy extremos, el sistema se encuentra en la cremallera por lo cual es muy sensible al sucio, lodo o agua.

Sus principales características son:

- Par de asistencia en la cremallera es de 7.7 Nm.
- Peso de este sistema es de 16kg.

## 7. MARCO PRÁCTICO

El procedimiento práctico estará enfocado en la correcta distribución de los elementos del simulador, de manera que facilite el estudio de cada uno de los mismos en condiciones de funcionamiento y evaluación de una comparación de las direcciones asistidas hidráulicamente y eléctricamente y que esto permita la apreciación de sus atribuciones

### 7.1. Diseño del Procedimiento de Prueba y Evaluación.

El procedimiento de prueba y evaluación estarán sujetos a parámetros de estudio, de manera que facilite el estudio de cada uno de los mismos.

#### 7.1.1. Parámetros Sujetos a Estudio

Con el simulador del sistema de dirección se estudiarán:

- La simulación de las señales del sensor de velocidad del motor para que funcione el sistema EPS.

- Demostración de la asistencia a la dirección del vehículo Suzuki Wagon R+, en el funcionamiento del simulador.
- La asistencia al virar el volante a la derecha o izquierda, se determinara mediante pruebas de diagnóstico, a la asistencia del par del motor, que asiste a la dirección comparando con los datos técnicos del fabricante.
- La variación de velocidad en el vehículo, como EPS llega a asistir a la dirección llegando a formar parte de la seguridad activa.
- Evaluación de comparación técnica de la asistencia hidráulica y electrónica.

### 7.2. Condiciones para el procedimiento de prueba en el simulador dirección EPS.

Para el procedimiento de prueba en el simulador de dirección EPS, no se toma en cuenta el peso del vehículo, ya que el simulador solo actuara directamente con su asistencia hacia las ruedas. Además como el sistema de dirección EPS solo funciona, cuando funciona el motor combustión interna, se procederá a realizar un generador de pulsos, por lo tanto se tiene un pequeño circuito que nos ayudara a simular los pulsos que necesita el sistema para saber que funciona el motor de combustión interna.

Por último el simulador del sistema EPS trabaja cuando el vehículo está en ralentí o estacionado, para tal efecto no se necesita el sensor de velocidad del vehículo.

### 7.3. Circuito para Generar Pulsos.

Se construye en un circuito oscilador variable que represente su estado por medio de dos luces y al variar la frecuencia de oscilación del circuito integrado 555.

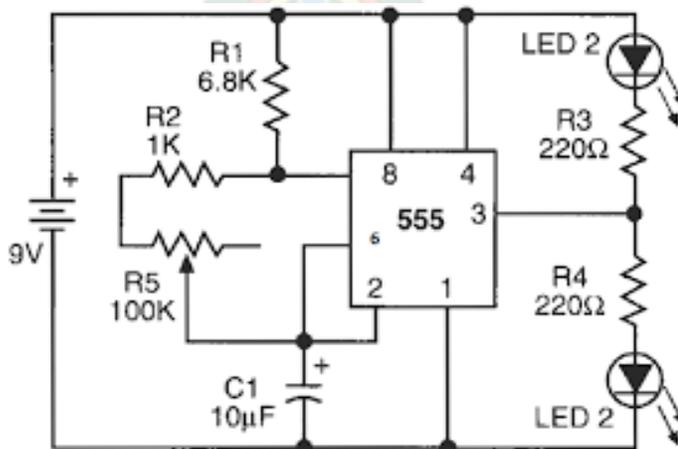


Fig.43. Circuito oscilador variable que genera pulsos.

### 7.3.1. Materiales.

Los materiales que utilizaremos para el circuito que nos ayudara a generar pulsos son:

- Batería
- 2 Diodos LED (D1, D2).
- 1 Circuito integrado 555.
- 2 Resistencias de 220 ohmios (rojo, rojo, café, dorado).
- 1 Resistencia de 6.8 K $\Omega$  (Kilohmios) (azul, gris, rojo, dorado).
- 1 Resistencia de 1K $\Omega$  (café, negro, rojo, dorado).
- 1 Potenciómetro de 100 K $\Omega$  (Kilohmios.)
- 1 Condensador de 10 uf.
- 1 Resistencia de 56  $\Omega$  (ohmios) (verde, azul, negro, dorado).

### 7.3.2. Procedimiento.

La variación de los elementos R1, R2 y C1 en el circuito implementado hace que el período de oscilación sea más corto o más largo dependiendo de los valores de estos tres elementos.

#### 7.3.2.1. Calculo del Tiempo Teórico y Real

Datos:

$$R1 = 6.8K\Omega = 6.8 \times 10^3 \Omega$$

$$R2 = 1K\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$$

$$C1 = 10 \mu F$$

El período de oscilación está dado por la siguiente expresión:

$$TT = 0.693 (R1 + 2R2) C1$$

Entonces:

$$TT = 0.693 [6800\Omega + 2 (1000\Omega)] 1 \times 10^{-5} F$$

$$TT = 0.060984 \text{ Segundos.}$$

El período de oscilación real:

$$TE = \text{Tiempo Encendido} + \text{Tiempo Apagado.}$$

$$TE = 0.01 \text{ Segundos} + 0.05 \text{ Segundos.}$$

$$TE = 0.06 \text{ Segundos.}$$

### 7.3.2.2. Calculo de Resistencias y el Capacitor.

Datos:

$$C1 = 10 \mu\text{F.}$$

$$R1 = 6.8\text{K}\Omega = 68 \times 10^3 \Omega$$

$$R2 = 1 \text{ K}\Omega = 1 \times 10^3 \Omega.$$

$$T1 = 0.66 \text{ Seg.}$$

$$T2 = 0.70 \text{ Seg.}$$

$$K = 0.693.$$

Para R2:

$$R2 = \frac{T2}{K \times C1}$$

$$R2 = \frac{0.01 \text{ Seg.}}{0.693 \times 10^{-6} \text{ F}}$$

$$R2 = 1243.0014 \Omega \div 1000$$

$$R2 = 1.2\text{K}\Omega \cong 1\text{K}\Omega$$

Para R1:

$$R1 = \frac{T1}{K \times C1} - R2$$

$$R2 = \frac{0.05 \text{ Seg.}}{0.693 \times 10^{-6} \text{ F}} = 1243.0014 \ \Omega$$

$$R2 = 5872.005815 \ \Omega \div 1000$$

$$R2 = 6.0 \text{ K}\Omega \cong 6.8 \text{ K}\Omega$$

### 7.3.3. Explicación del Procedimiento.

Se arma en el protoboard el circuito que aparece en el diagrama esquemático. Los componentes se pueden montar en cualquier orden a excepción de la batería, la cual debe dejarse para lo último. Revisando la orientación del circuito integrado, de tal modo que sus pines no queden invertidos.

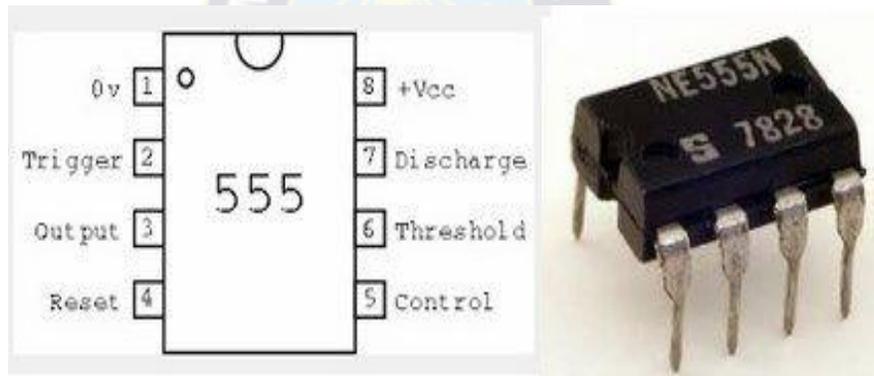
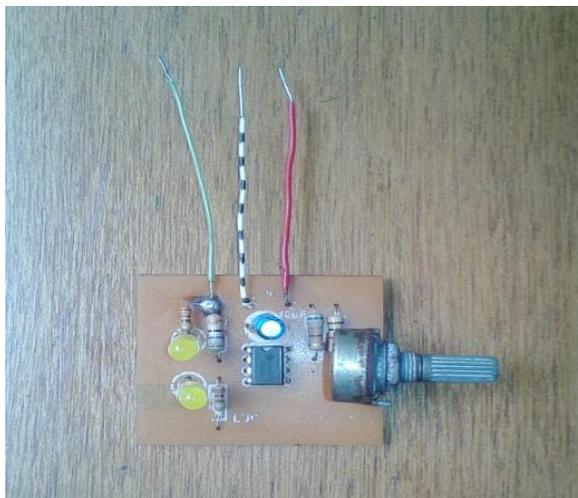


Fig.44. Orientación de los pines del circuito integrado 555.

Se conecta la batería y se observa el comportamiento de las luces. Al mover el potenciómetro R5 de un lado hacia el otro se observara las luces, que a velocidad variable de acuerdo a la posición que tenga el eje del potenciómetro R5 será más lento o rápido.

El circuito generador de pulsos combina los destellos de un par de LEDs (diodos emisores de luz) a una frecuencia que puede ser ajustada a través de un potenciómetro, produciendo un efecto luminoso que genera pulsos. Para operar este circuito, solo se conecta la batería al conector y se ajusta la velocidad de destello de las luces girando el potenciómetro R5.



*Fig.45. Circuito generador de pulsos en placa.*

El circuito generador de pulsos de velocidad variable esta echo básicamente con el temporizador 555, puede ser ajustada con el potenciómetro R5. Los dos LEDs en polaridad opuesta, se conectan a la salida del potenciómetro que combina su iluminación alternada.



*Fig.46. Ubicación del circuito en el simulador.*

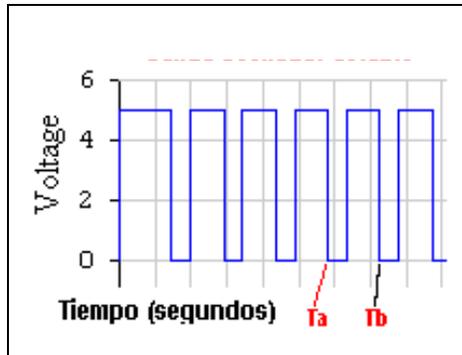


Fig.47. Señales digitales del circuito generador de pulsos.

#### 7.4. Estructura del Simulador

El simulador de la dirección está conformado de las partes correspondientes de un sistema con asistencia electrónica EPS y consta de los siguientes componentes.

- Componentes del sistema de dirección.
- Componentes del sistema EPS.

##### 7.4.1. Componentes del Sistema de Dirección en el Simulador.

###### ➤ Componentes del Conjunto de Tren Delantero.

Del Conjunto de un tren delantero, utilizamos las manguetas, el disco, mordaza (caliper), amortiguadores de tipo telescópico, soporte delantero y juntas. Cabe señalar que este conjunto está adaptado para un simulador con dirección asistida EPS.



Fig.48. Tren delantero de un sistema de dirección asistido electrónicamente incorporado al simulador.

#### 7.4.2. Componentes del Sistema EPS en el Simulador.

##### ➤ Sensor de Par de Dirección

Viene incorporado dentro del conjunto de dirección entre la columna y el volante.



*Fig.49. Sensor de par de dirección.*

##### ➤ Motor Eléctrico.

Viene incorporado dentro del conjunto de la dirección y se ubica a un costado de la columna de dirección.



*Fig.50. Motor eléctrico separado de la columna para poder apreciar la asistencia.*

##### ➤ Unidad de Control Para la Dirección.

Viene incorporado dentro del conjunto de la dirección y se ubica al lado del motor eléctrico.



*Fig. 51. Unidad de control para la dirección Electrical Powered Steering (EPSCM).*

➤ **Sensor de Ángulo de Dirección.**

Viene incorporado dentro del conjunto de la dirección entre la columna y el volante, y en alguno no se encuentra el sensor del ángulo de dirección.

➤ **Sensor de Velocidad de Marcha del Vehículo.**

Para el simulador de EPS. se está considerando que el vehículo está estacionado (sin movimiento) pero con el motor encendido o en ralentí, por esta razón no estamos utilizando el sensor de velocidad.

➤ **Sensor de Régimen del Motor.**

Para nuestro simulador del sistema EPS usaremos el generador de pulsos ya fabricado anteriormente, con esta finalidad que ayude a simular que el vehículo está en funcionamiento, ya que esto es muy importante.



*Fig.52. Generador de pulsos para el funcionamiento dela dirección.*

## 7.5. Ubicación y Montaje de los Componentes en el Simulador.

La maqueta didáctica consta de partes mecánicas y electrónicas como ya se ha mencionado y se centrará en analizar los puntos de prueba y comparación entre el sistema con dirección asistida hidráulicamente, la idea principal del simulador es tratar de dejar a la vista todas las partes funcionales ya sean mecánicas o electrónicas.



Fig. 53. Estructura del simulador de dirección EPS.



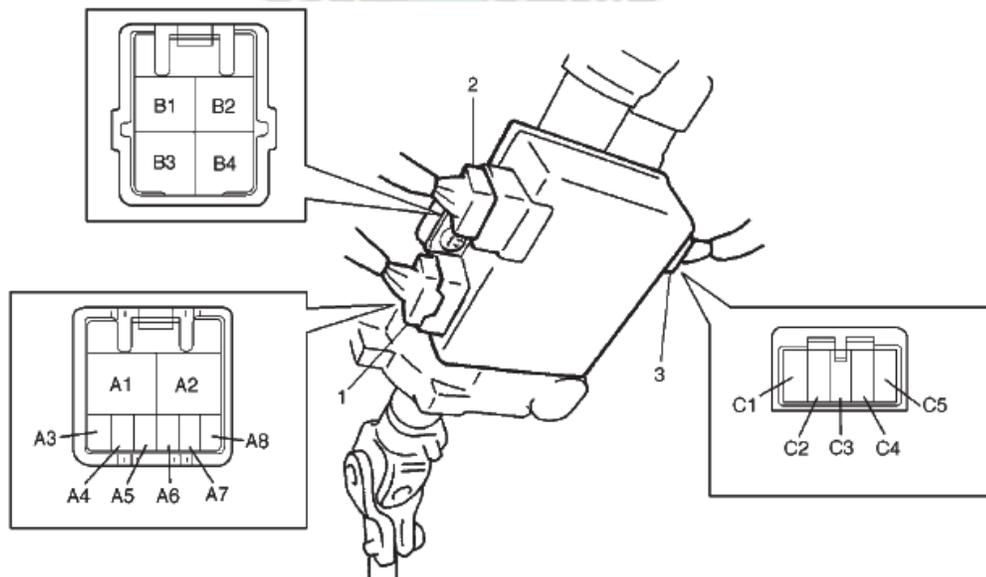
Fig. 54. Montaje de la parte mecánica y electrónica en el simulador de dirección EPS.



Fig.55. Cableado del sistema de dirección en el simulador EPS.

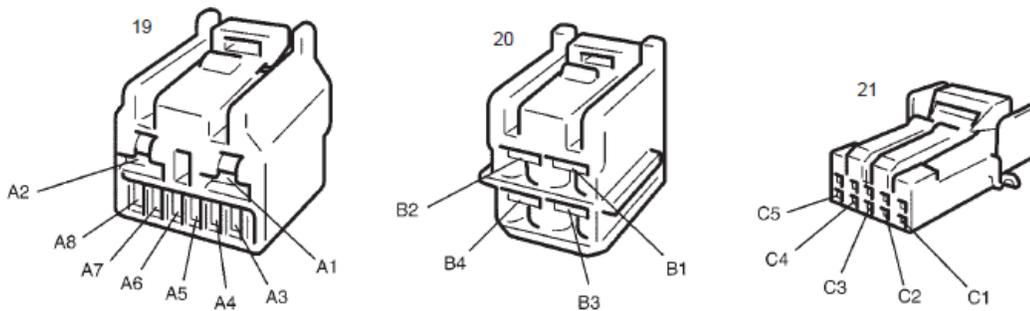
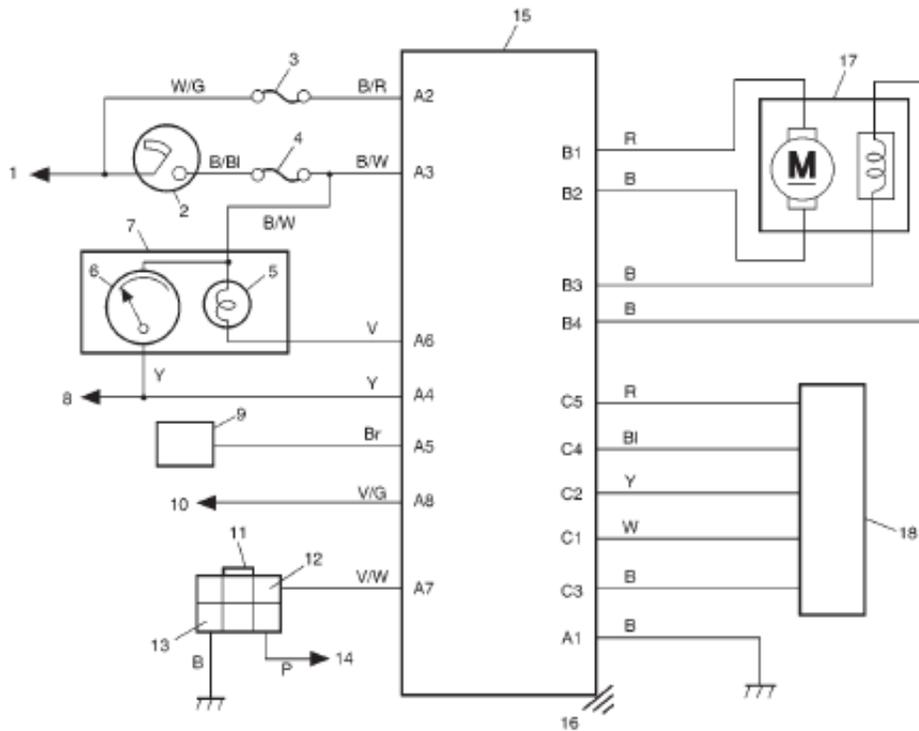
### 7.6. Pruebas en el Simulador EPS.

El simulador del EPS que se tiene, es de la marca s Suzuki modelo wagon R+ y se realiza algunas pruebas de acuerdo al manual técnico del fabricante.



1. Conector "A", 2. Conector "B", 3. Conector "C".

Fig.56. Disposición de terminales de los acopladores del módulo de control (visto desde el cableado).

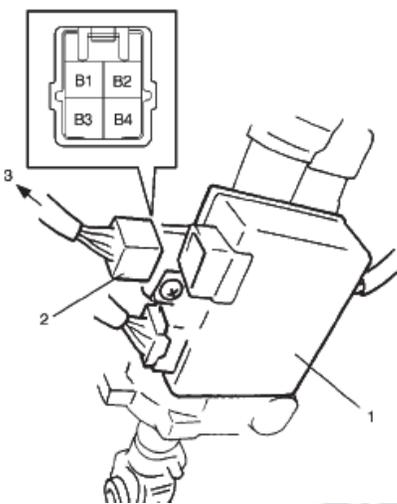


1. Al fusible principal
2. Interruptor de encendido
3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
5. Luz indicadora de mal funcionamiento (MIL) (Luz "EPS")
6. Velocímetro
7. Medidor combinado

8. Al sensor de velocidad del vehículo (VSS)
9. ECM
10. Conector de enlace de datos (DLC)
11. Acoplador del monitor
12. Terminal del interruptor de diagnóstico (para el sistema P/S)
13. Terminal a tierra
14. Al módulo de control ABS (si está instalado)

15. Módulo de control P/S
16. Tierra del cuerpo del módulo de control P/S
17. Motor y embrague
18. Sensor de torsión
19. Conector "A"
20. Conector "B"
21. Conector "C"

Fig. 57. Diagrama del cableado manual de Suzuki Wagon R+.



### MOTOR Y EMBRAGUE

#### INSPECCION EN EL VEHICULO

- 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección.
- 2) Desconecte el motor y el acoplador del embrague del módulo de control P/S con el interruptor de encendido en OFF.
- 3) Inspeccione la resistencia entre terminales del motor y el acoplador del embrague.

|                                |                             |
|--------------------------------|-----------------------------|
| "B1" y "B2" (Para el motor)    | Aprox. 1 $\Omega$           |
| "B3" y "B4" (Para el embrague) | Aprox. 12 $\Omega$ (a 20°C) |

Si el resultado de la inspección no es satisfactorio, cambie el conjunto de la columna de la dirección.

- 4) Inspeccione la continuidad entre el terminal del acoplador del motor y embrague y la tierra de la carrocería.

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| "B1" y tierra de la carrocería | No hay continuidad |
| "B3" y tierra de la carrocería | No hay continuidad |

Si el resultado de la inspección no es satisfactorio, cambie el conjunto de la columna de la dirección.

Fig.58. Pruebas de diagnostico en el motor y el embrague con el terminal "B" en el sistema EPS.

#### 7.6.1. Pruebas en el Terminal B (Motor Eléctrico) en el Simulador EPS.



Fig.59. Prueba con la resistencia en B1 y B2 en ohmios del motor electrico según el manual.



Fig.60. Pruebas con la resistencia en B3 y B4 en ohmios del embrague según el manual.



Fig.61. Continuidad entre el terminal del acoplador del motor y embrague y la tierra de la carrocería B1 y B3

Estas pruebas realizadas coinciden con las pruebas de diagnóstico del manual. ver fig.58.



|                               |              |  |
|-------------------------------|--------------|--|
| Sensor de torsión (principal) | Aprox. 2,5 V | Interrupción de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto<br>Inspeccione el voltaje entre los terminales "C1" y "C3". |
|-------------------------------|--------------|--|

Fig.63. Prueba en el terminal C.



| CIRCUITO   | VOLTAJE NORMAL | CONDICION                      |
|--|----------------|--------------------------------|
| Tierra   | -              | -                              |
| Alimentación eléctrica de módulo de control P/S de la batería                | 10 – 14 V      | Interruptor de encendido en ON |
| Alimentación eléctrica de módulo de control P/S del interruptor de encendido | 10 – 14 V      | Interruptor de encendido en ON |

*Fig.62. Prueba en el terminal A.*

### 7.6.2. Funcionamiento del Simulador EPS Suzuki WagonR+



*Fig.64. Asistencia del motor al volante de dirección.*

La dirección asistida es un sistema mediante el cual se reduce la fuerza (par de giro) que ha de efectuar el conductor sobre el volante de un automóvil para accionar la dirección, mediante este concepto se va evaluando y estudiando a la dirección, y como tal mostraremos en una tabla No 1 comparativa, la asistencia a diferentes velocidades según el fabricante.

A 0 km/h de velocidad y 0 rpm del motor el volante será fácil de maniobrar.

A partir de 0 a 80km/h de velocidad y 700 rpm a más del motor habrá dificultad de mover el volante y esto aumentara su rigidez si aumenta la velocidad.

*Tabla N°1. Asistencia a diferentes condiciones de manejo.*

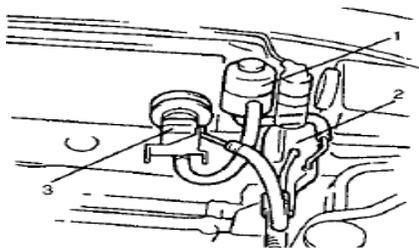
| CONDICIONES |      | ASISTENCIA |     |     | RESULTADOS  |
|-------------|------|------------|-----|-----|---|
| Km/h        | RPM  | MIN        | MED | MAX |   |
| 0           | 0    |            |     | X   | <i>Ralentí. Volante fácil de maniobrar</i>  |
| 0           | 200  |            |     | X   | <i>El volante va hacer fácil de maniobrar mientras no se detecte régimen de velocidad</i> |
| 80          | 700  |            | X   |     | <i>al aumentar la velocidad, la dificultad de mover el volante aumenta</i>                |
| 140         | 5000 | X          |     |     | <i>El volante se vuelve rígido de maniobrara altas velocidades</i>                        |
| 180         | 6000 | X          |     |     | <i>El volante se vuelve rígido de maniobrara altas velocidades</i>                        |
| 200         | 7000 | X          |     |     | <i>El volante se vuelve rígido de maniobrara altas velocidades</i>                        |
| 0           | 7000 | X          |     |     | <i>El volante se vuelve más ligero mientras no detecte régimen de velocidad</i>           |

### **7.7. Inspección de la Dirección Asistida Hidráulicamente.**

Siguiendo la evaluación comparativa dentro de la dirección asistida hidráulicamente, se realizara las siguientes pruebas pertinentes.

#### **7.7.1. Fugas de Fluido Hidráulico en el Circuito.**

La inspección se la realiza a un vehículo de la marca Suzuki Wagon con dirección asistida hidráulicamente con los datos técnicos del fabricante y que resalta algunos de los puntos de diagnóstico.

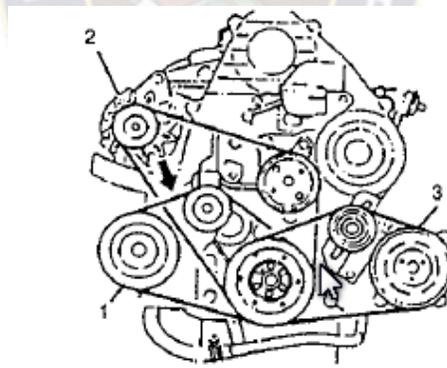


1. Tanque de aceite.
2. Caja de engranajes
3. Bomba de dirección asistida

*Fig.65. Conductos del sistema de dirección asistido hidráulicamente.*

Al poner en marcha el motor se gira el volante de la dirección hasta el tope en ambos sentidos para proporcionar una máxima presión hidráulica. Inspeccionar visualmente por fugas en cada mecanismo. Bomba y tanque de aceite en sí y cada junta de sus tubos de conexión por fugas. En la prueba no mantener el volante de la dirección girando hasta el tope durante más de 10 segundos.

#### **7.7.2. Inspección y Ajuste de la Correa de la Dirección Hidráulica.**



1. Bomba de la dirección asistida.
2. Generador.
3. Compresor.

*Fig.66. Disposición de la correa en la dirección asistida hidráulicamente.*

Se deberá inspeccionar la correa por daños y anclaje correcto en la ranura de la polea, también la tensión de la correa midiendo la deflexión cuando se presiona en un punto intermedio la deflexión cuando se presiona en un punto intermedio entre la polea con una fuerza de 10 Kgf. La deflexión de la correa de la dirección asistida será: 6-7 mm. y se deberá aflojar el perno de ajuste de la deflexión de la correa deslizando el ajustador.

### 7.7.3. Inspección de Presión Hidráulica en el Circuito.

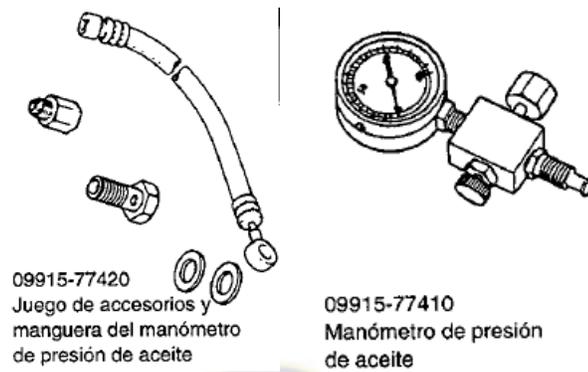
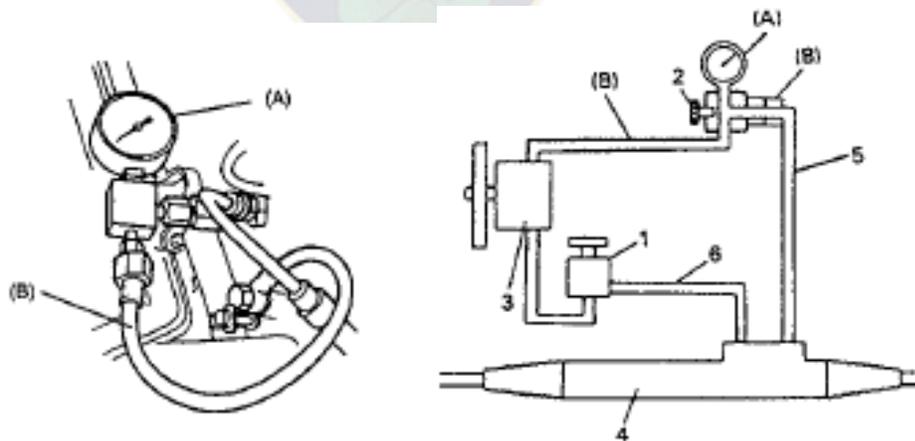


Fig.67. Herramientas especiales para la inspección de presión hidráulica en el circuito.

TABLA N° 2. Materiales requeridos para el servicio de mantenimiento.

| MATERIALES                      | PRODUCTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE           | USO   |
|---------------------------------|--|---|
| Fluido de la dirección asistida | Equivalente a DEXRON-II, DEXRON-II o DEXRON -III | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para llenar el tanque de aceite.</li> <li>• Lubricación de piezas al instalar</li> </ul> |

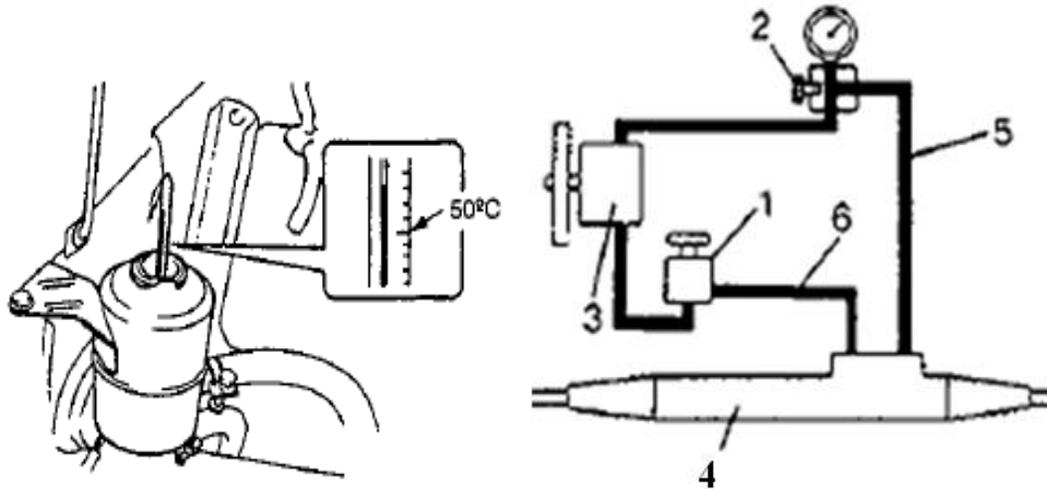


1. Tanque de aceite, 2. Válvula del manómetro (abierta),
3. Bomba P/S, 4. Caja de mecanismo P/S.
5. lado de alta presión, 6. Lado baja presión.

Fig. 68. Circuito de dirección asistida hidráulicamente.

Después de limpiar completamente la junta de la manguera de alta presión y la bomba se deberá desconectar la manguera de la bomba y con las herramientas especiales (manómetro de presión de aceite, sus fijaciones y la manguera).

Se realiza el apriete de cada tuerca abocinada al para especificado. Inspeccionar cada conexión por fugas de fluido y proceder a la purga de aire que será más adelante detallado.



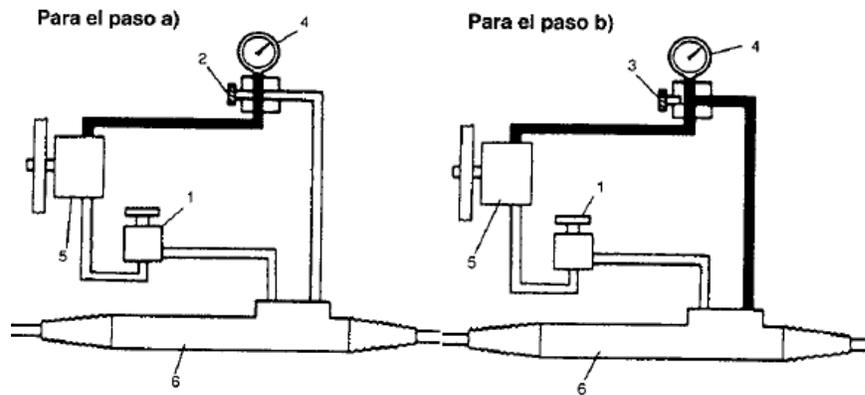
1. Tanque de aceite; 2. Valvula del manometro (abierta).
3. Bomba; 4. Caja del mecanismo.
5. Lado de alta presion; 6. Lado de baja presion.

*Fig.69. Medicion de temperatura del fluido en el tanque y circuito con presion en el sistema de direccion.*

Con el motor en ralenti, girar el volante de la direccion y calentar el motor hasta que la temperatura del fluido en el tanque suba a 50-60 °C.

Inspeccionar la presion de la linea midiendo la presion hidraulica con el motor en ralenti y soltando las manos del volante de la direccion. presion en la linea: menor de 1000 KPa (10Kg/cm<sup>2</sup>).

Cuando la presion de la linea es mayor que los valores especificados, inspeccionar la valvula de control y la tuberia por obstruccion.



1. Tanque de aceite.
2. Válvula del manómetro (cerrada).
3. Válvula del manómetro (abierta).
4. Manómetro de aceite.
5. Bomba.
6. Caja del mecanismo.

*Fig. 70. Inspección para la presión de alivio.*

Para la inspección de la presión de alivio se realiza en dos pasos:

- a) Aumentar la velocidad del motor a 1500 r.p.m. cerrar gradualmente la válvula del manómetro y vaya observando el aumento de presión indicado en el manómetro, tomar la lectura de la presión de alivio (presión hidráulica máxima). Presión de alivio: 7000-8000 KPa. (70-80 Kg/cm<sup>2</sup>).

Cuando supera los valores especificados, una causa posible es una avería de la válvula de alivio.

Cuando no llega a los valores especificados, una causa posible es una avería de la bomba o ajuste del muelle de la válvula de alivio. No cerrar la válvula del manómetro durante más de 10 segundos.

- b) A continuación, abra completamente la válvula del manómetro y aumente la velocidad del motor a unas 1500 r.p.m. girar el volante de la dirección hacia la izquierda o derecha hasta su tope y haga una medición de la presión de alivio.

La presión de alivio: 7000-8000 KPa. (70-80 Kg/cm<sup>2</sup>).

Cuando supera los valores especificados, una causa posible es una avería de la válvula de alivio.

Cuando no llega a los valores especificados, una causa posible es una avería de la caja de mecanismo de la dirección, cambiar la caja del mecanismo. No dejar el volante de la dirección girado hasta su tope durante más de 10 segundos.

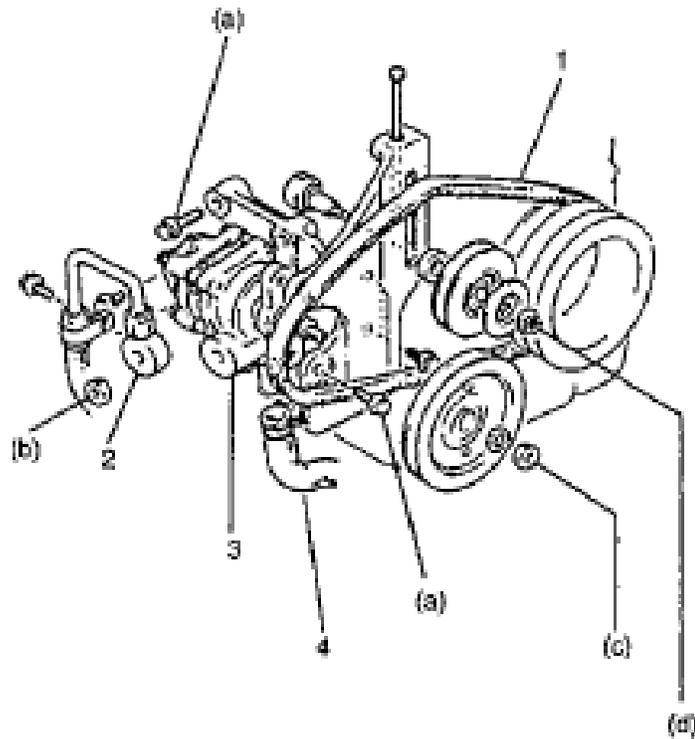
#### **7.7.3.1. Procedimiento de la Purga de Aire en el Circuito.**

- 1) Se levanta el extremo delantero del vehículo con el gato y colocar soportes de seguridad.
- 2) Llenar el tanque de aceite con fluido hasta el nivel especificado. antes de poner el motor en marcha, colocar la palanca de cambios en neutro o palanca selectora hacia “P” para modelos con transmisión automática y poner el freno de mano.
- 3) Después de hacer funcionar el motor en ralentí durante 3 a 5 segundos, parar y agregar fluido hasta el nivel especificado.
- 4) Con el motor parado girar varias veces el volante en ambos sentidos hasta sus respectivos topes, repita varias veces y añada fluido hasta el nivel especificado.
- 5) Con el motor en ralentí, repita el giro de tope a tope el volante de la dirección hasta que desaparezca toda la espuma del tanque de aceite. Se deberá purgar completamente el aire, si queda aire en el fluido, la bomba puede hacer ruidos de zumbido o el volante de la dirección puede sentirse duro.
- 6) Para terminar, compruebe que el fluido está al nivel especificado.

Para desmontar la bomba primero:

- Desmontar la correa de la dirección asistida.
- Desconectar la manguera de alta presión y la manguera de baja presión.

#### 7.7.4. Inspección de la Bomba de la Dirección Asistida.



1. Correa de dirección asistida
  2. Manguera de presión
  3. Bomba de dirección
  4. Manguera de baja presión
- Par de apriete
- (a): 43 Nm (4,3 Kg-m)
  - (b): 20 Nm (2,0 Kg-m)
  - (c): 50 Nm (5,0 Kg-m)
  - (d): 34 Nm (3,4 Kg-m).

*Fig.71. Disposición de la bomba de dirección y par de apriete en los puntos de sujeción de los componentes.*

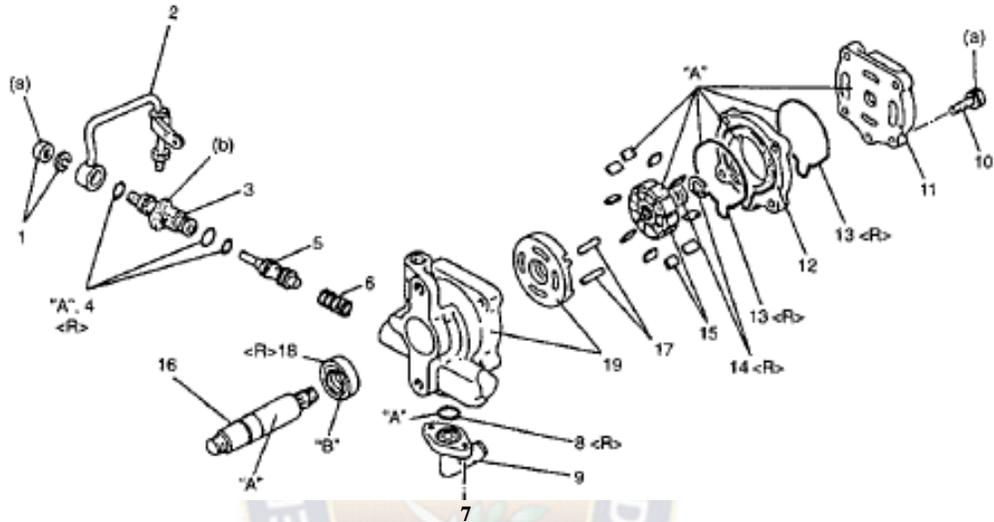
Antes de desconectar la manguera de alta presión y la manguera de baja presión, limpiar completamente.

Después del desmontaje de la bomba de dirección asistida, tape los orificios para evitar que se puedan penetrar el polvo y otros objetos extraños.

- Desconectar el cableado y aflojar los pernos de fijación de la bomba de aceite.

Para la instalación:

- Instalar en el orden inverso del desmontaje.
- Después de la instalación, llene con fluido de transmisión automática (DEXRON -I DEXRON-IIIE y DEXRON -III) y purgar el aire del sistema con el procedimiento de purga de aire.



1. Tuerca y arandela.
2. Tubo (salida).
3. Perno de conexión.
4. Anillo en O.
5. Válvula de control.
6. Resorte.
7. Perno (2 piezas).

8. Anillo en "O".
9. Tubo (entrada).
10. Perno.
11. Cuerpo (tracero).
12. Anillo de leva.
13. Sello de aceite.
14. Colla de anillo de aceite.

15. Rotor y aleta.
16. Eje.
17. Pasador de detonación.
18. Sello de aceite.
19. Cuerpo (delantero)

Par de apriete:

- (a) 20Nm (2.0 Kg-m).  
 (b):50Km (5,0 Kg-m).

"A" aplique fluido de transmisión automática.

"B" aplique grasa a base de litio.

<R> Remplace.

Fig. 72. Desmontaje de la bomba y puntos de par de apriete.

Para el desarmado: desarmar en el orden indicado en la figura N°72.

Para el armado, sera en el orden inverso del desarmado, teniendo cuidado de lo siguiente.

Sello de aceite colocar el cuerpo por encima de un paño suave .

Aplicar ATF al nuevo sello de aceite y presione el sello de aceite en el cuerpo utilizando un tubo apropiado.

Para el rotor aleta comprobar el sentido de la aleta (el lado redondeado mira hacia el anillo de leva). Comprobar que la aleta gira suavemente. Aplicar ATF en la aleta.  
Comprobar el sentido del anillo de leva, alinear los orificios e instalar pasadores de detonación. Aplicar ATF en el nuevo anillo en “O” e instalar.

## **7.8. Procedimiento de Evaluación de las Direcciones Asistidas Hidráulica y Eléctricamente.**

Los procedimientos para la evaluación estarán basados en estos dos tipos de direcciones asistidas más conocidas y utilizadas en nuestro medio.

### **7.8.1. Ventajas y Desventajas de la Dirección Asistida Eléctricamente EPS.**

La EPS. utiliza un motor para generar el par de asistencia para el funcionamiento de la dirección y reducir el esfuerzo de dirección en la asistencia al conductor.

#### **7.8.1.1. Ventajas.**

- la EPS. utiliza un motor propio para la asistencia, por lo que no requiere la potencia del motor de combustión interna.
- Mejora la economía del combustible.
- Utiliza energía eléctrica.
- Forma parte vital del sistema de seguridad activa del vehículo
- Proporciona mayor estabilidad al conducir
- Utiliza elementos que avisan al conductor en todo momento de su asistencia ya que trabaja con la ECU.
- En caso de emergencia la dirección puede convertirse en dirección mecánica.

#### **7.8.1.2. Desventajas**

- Necesita de un mantenimiento especializado.
- No se utiliza en vehículos pesados.
- La temperatura, el polvo y el traqueteo son los peores enemigos de estos sistemas.
- El costo de mantenimiento es muy elevado.
- la EPS. solo funciona cuando el vehículo esta encendido.

Los componentes del sistema de la dirección asistida electrónicamente son susceptibles de diagnóstico.

Básicamente la EPS. es un programa electrónico que ayuda al conductor en la conducción sobre carreteras difíciles y en situaciones críticas.

### **7.8.2. Ventajas y Desventajas de la Dirección Asistida Hidráulicamente.**

El sistema de servodirección hidráulica utiliza la potencia del motor para accionar la bomba de paletas que genera la presión hidráulica. Cuando se gira el volante, se activa un circuito de aceite en la válvula reguladora.

A medida que se aplica presión de aceite al pistón mecánico del cilindro mecánico, se reduce la potencia necesaria para accionar el volante. Cabe mencionar que la presión suministrada por la bomba varía entre 3,5 bares (línea recta) y 8.5 bares (giro máximo), el caudal de la bomba es aproximadamente entre 8 a 9 litros / min.

#### **7.8.2.1. Ventajas**

- Son los más usados y su mantenimiento no es muy complicado
- Se pueden adaptar a los mecanismos simples de dirección.
- Se puede utilizar en vehículos livianos y pesados.
- La asistencia es proporcionada por un circuito en el cual el líquido esta siempre circulando.
- En caso de emergencia la dirección puede convertirse en dirección mecánica.

#### **7.8.2.2. Desventajas.**

Al estar conectado por una correa, quita la potencia al motor.

- Necesita de un líquido hidráulico de dirección para su funcionamiento y esto significa que se deberá cambiar periódicamente todo el líquido hidráulico.
- Al estar unido mediante una correa al motor de combustión interna, le resta potencia.
- Las fallas más comunes son: Ruidos extraños, el vehículo tiende a girar a un lado, holguras en el volante, dirección muy dura.

## **7.9 Alineación de la Dirección.**

Cuando se detecte un anormal comportamiento de la dirección del vehículo (Vibraciones, inestabilidad, etc.), o cuando se produzca un desgaste irregular de los neumáticos, deberá procederse a la operación de alineado de trenes, para lo cual existen máquinas apropiadas, cuyo manejo no difiere mucho unas de otras y con las cuales puede determinarse, si las cotas de la dirección son las adecuadas. La variación de las mismas se realiza quitando o poniendo arandelas en diversos puntos o mediante tirantes regulables.

Si la asistencia es eléctrica se deberá realizar un alineado mecánico y luego un alineado electrónico mediante un escáner. Antes de usar el vehículo se debería revisar:

- 1) Presión de inflado, estado y dimensiones de los neumáticos.
- 2) Alabeo y alineación de las llantas.
- 3) Estado y apriete de articulaciones de los brazos de suspensión.
- 4) Estado y apriete de las juntas elásticas de la dirección.
- 5) Estado de las ballestas, los amortiguadores y los muelles de suspensión.
- 6) Posibles holguras de los rodamientos de buje de rueda.

### **7.9.1. Grandes Velocidades por Terreno Liso.**

Cualquiera sea la asistencia puede llegar a producir trepidaciones en el volante. Este fenómeno también se llama “Shimmy”. Las causas más frecuentes son:

- Presión de inflado incorrecta en los neumáticos.
- Excesiva holgura en los elementos de mando.
- Ruedas desequilibradas.
- Cubiertas con desgaste desigual en su banda de rodadura.
- Ángulos de caída o avance con un valor excesivo.
- Huelgo en los cojinetes del cubo de rueda.
- Mala regulación de las cotas de la dirección.

### 7.10. Análisis de Resultados Obtenidos.

Los resultados obtenidos en el simulador EPS. es una tecnología novedosa, a que no contaminar el medio ambiente y ayuda simplificar el diseño del sistema de dirección, pero exclusivamente para vehículos pequeños y medianos y no así para los vehículos pesados, ya que estos necesitarían componentes de mayor tamaño y capacidad en su motor eléctrico, esto implica mayores cálculos en diseño.

Tabla N° 3. Comparación de las dos direcciones asistidas hidráulica y electrónicamente,

| <b>DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE</b>           | <b>EVALUACIÓN</b>                       | <b>DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICAMENTE</b>    | <b>EVALUACIÓN</b>   |
|--|---|--|---|
| Potencia del motor                                 | 420 W                                   | Caudal de la bomba                           | Varía entre 8 a 9 lt /min.  |
| Par de asistencia                                  | Apoya con 3.4 a 4.1 Nm.                 | Presión de la bomba                          | Varía entre 3,5 bares (línea recta) y 85 bares (giro máximo).                 |
| Fuerza de aplicación al par                        | Aprox. Apoya con 8500 N.                | Fuerza de presión de fluido                  | Presión de descarga 6500-7000 KPa. (65-70 Kg/cm <sup>2</sup> )                |
| Tensión y corriente máxima para que trabaje la EPS | Necesita trabajar con 12 voltios y 65 A | Cantidad de líquido para el tanque de aceite | Necesita que siempre este por lo menos en la mitad del depósito 0.70- 0.75 L. |
| Peso del motor , modulo, piñon y su carcasa        | 7 Kg.                                   | Peso de la bomba y las cañerías              | Aproximadamente 10 a 15 Kg.   |
| Costo de mantenimiento                             | Especializado (mayor costo)             | Costo de mantenimiento                       | Moderado  |

| <b>DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE</b> | <b>EVALUACIÓN</b>   | <b>DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICAMENTE</b> | <b>EVALUACIÓN</b>   |
|--|---|---|---|
| Seguridad al conductor                   | Muy buena   | Seguridad al conductor                    | Buena   |
| Protección al medio ambiente             | Muy buena   | Protección al medio ambiente              | Mala  |
| Asistencia para la operación             | Muy buena (para vehículos pequeños)   | Asistencia para la operación              | Muy buena (para vehículos pesados)  |
| Juego libre del volante                  | 30 mm   | Juego libre del volante                   | 30 mm   |
| Dimensión y espacio ocupado.             | Se acopla directamente al sistema de dirección. Motor diámetro 6mm, largo 125mm. Módulo es de 110 x 110 mm. | Dimensión y espacio ocupado.              | Parte de este sistema, le quita espacio al motor, lleva cañerías en el sistema y la bomba tiene un diámetro Aprox. 150 mm. y es 120 x 170 mm. en dimensión. |
| Fuerza de dirección                      | Menos de 35 N o 3.5 Kgf.  | Fuerza de dirección                       | Menos de 50 N o 5.0 Kgf.  |

La EPS., nació gracias a la seguridad activa en el vehículo, que tiene como finalidad de evitar los accidentes, y esto a dado paso a la tecnología con direcciones puras, que son dos motores uno a cada lado de las ruedas delanteras y en vez de una columna y un elemento desmultiplicador se encuentran solo cables.

Hoy en día se sigue innovando en el campo de la electrónica y será el momento en que se deberá estar a la par de las exigencias de la tecnología.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. CONCLUSIONES

- Se construyó una maqueta de un sistema de dirección electrónica EPS, para identificar componentes tanto mecánicos como electrónicos y su funcionamiento en el sistema.
- Los sistemas de dirección para los vehículos han evolucionado desde la aparición de los mismos, desde manubrios mecánicos, pasando por desmultiplicaciones por tirantearía, sistemas hidráulicos, hasta llegar a los sistemas electrónicos que actualmente se utilizan en los vehículos más modernos.
- Con respecto al medio ambiente este sistema permite al vehículo disminuir las emisiones contaminantes, suprime la utilización de aceite hidráulico, el sistema EPS es más preciso pues este funciona de acuerdo al régimen de trabajo del vehículo y por ser de naturaleza electrónica el sistema funciona con un calculador que hace que la asistencia sea exacta.
- El nivel de asistencia en la EPS varía según varios parámetros, particularmente en función de la velocidad del vehículo, es decir máxima asistencia a bajas velocidades como para parquear el vehículo y una mínima asistencia a altas velocidades esto asegura que el conductor no pierda sensibilidad en el volante a una velocidad elevada. La EPS. utiliza la corriente de la batería como energía de trabajo y solo funciona si el motor del vehículo está en funcionamiento.
- La frecuencia de los pulsos producidos por el temporizador, depende de los valores de las resistencias R1 y R2 y del capacitor C1. A mayores valores de los resistores y del capacitor, menor es la frecuencia de los pulsos. De otro lado, los valores mínimos de R1, R2 y C1, dan a la más alta frecuencia de pulsos.
- El sistema de asistencia EPS es más inteligente, más compacta y más fiable, estas son razones que hacen pensar que la solución eléctrica constituye el futuro de la dirección asistida.

## 8.2. RECOMENDACIONES:

- Para una mejor comprensión del tema y después de analizar el manual de funcionamiento y partes, se debe realizar pruebas en la maqueta funcional.
- Para la conservación del trabajo práctico (Simulador) se debe realizar un chequeo de las partes y componentes, ya que por ser un trabajo didáctico está expuesto a desconexiones y desensamblaje de sus elementos y a conexiones erróneas.
- En la conexión de la alimentación del prototipo, tener cuidado con la polaridad de los cables, para evitar cortocircuitos o daños a la placa de control.
- Al terminar la utilización del simulador, dejar la posición de la cremallera en el centro para evitar sobre esfuerzo del motor eléctrico y posibles fallas que se puedan dar en este.
- Este trabajo es un pequeño paso al interminable mundo de la tecnología automotriz instalada en cada circuito y/o sistema del vehículo, pero esperamos y estamos seguros que será de gran ayuda para la solución de los problemas más comunes en este sistema y a la mejor comprensión.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

*mecanicoautomotriz.org*. (5 de junio de 2013). Recuperado el 7 de noviembre de 2015, de [www.mecanicoautomotriz.org](http://www.mecanicoautomotriz.org): <http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-esp>

Alvarez, D. (2004). *Ingeniería Del Automovil Sistemas y Comportamiento Dinamico*. Madrid España: Paraninfo, S.A.

Gonzalez, a. S. (1997). *Tecnologia de la Automocion*. Barcelona: Edebe.

Paz, M. A. (1940). *Manual de Automoviles*. España: DOSSAT 2000.

Uria, R. P. (2009). *Sistemas de Direccion Automotriz*. la paz Bolivia: Instituto de Investigaciones Mecanicas de la Universidad Mayor de San Andres.

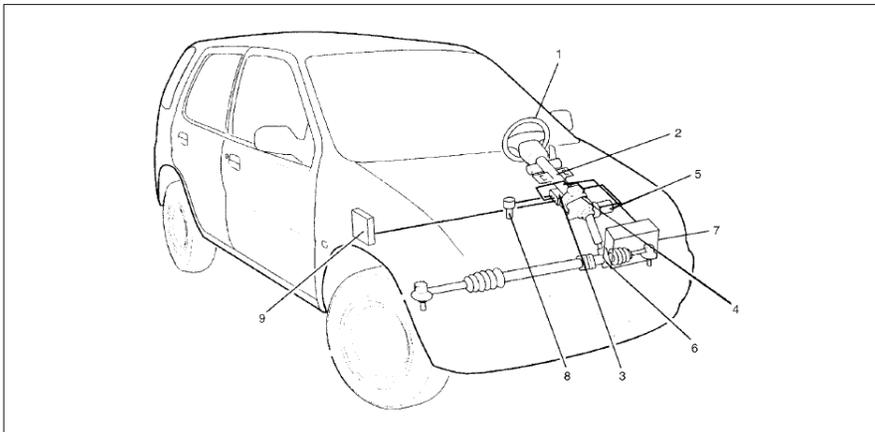


# ANEXOS

## DESCRIPCION GENERAL DEL VEHICULO-General Description P/S System

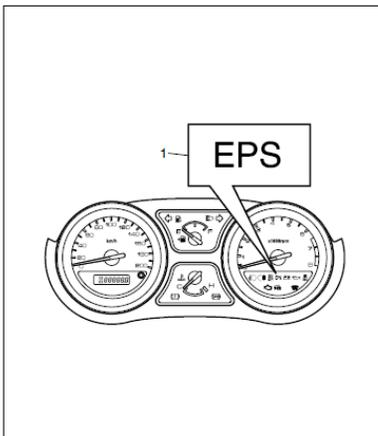
**Construction.** When the P/S control module detects any malfunction, it stops the motor and clutch operation.

- Torque sensor
- Vehicle speed sensor (VSS) circuit
- Engine speed signal circuit
- Motor
- Clutch
- P/S control module



|                             |                      |                               |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1. Steering wheel           | 4. Torque sensor     | 7. Battery                    |
| 2. Steering column assembly | 5. Motor and clutch  | 8. Vehicle speed sensor (VSS) |
| 3. P/S control module       | 6. Steering gear box | 9. ECM                        |

### On-Board Diagnostic System Description

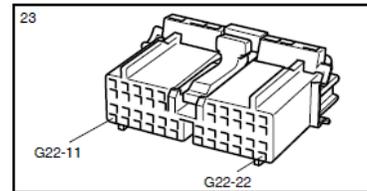
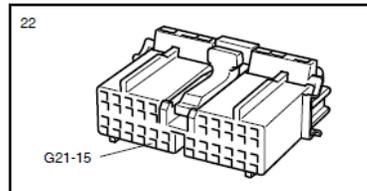
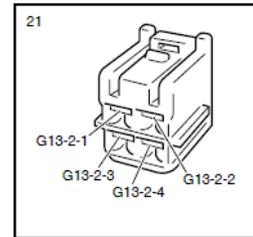
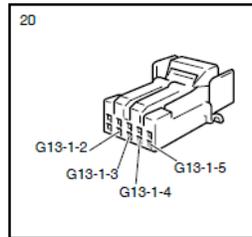
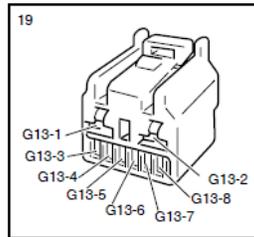
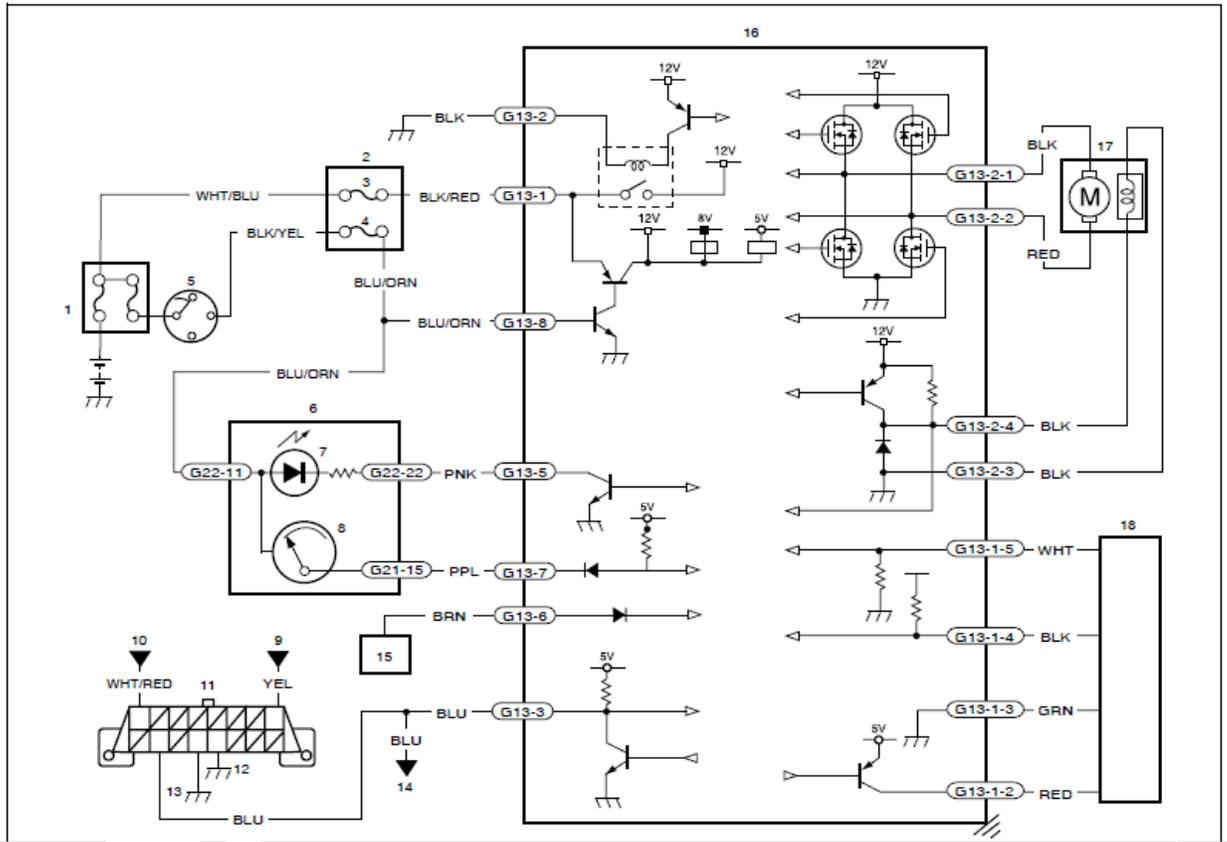


The P/S control module performs the on-board diagnosis (self-diagnosis) on the system and operates the “EPS” warning lamp (1) as follows.

- The “EPS” warning lamp lights when the ignition switch is turned to ON position (but the engine at stop) regardless of the condition of the P/S control system. This is only to check if the “EPS” warning lamp is operated properly.
- If the areas monitored by the P/S control module is free from any trouble after the engine start (while engine is running), the “EPS” warning lamp turns OFF.
- When the P/S control module detects a trouble which has occurred in the monitored areas the “EPS” warning lamp flashes ON and OFF while the engine is running to warn the driver of such occurrence of the trouble and at the same time it stores the exact trouble area in memory inside of the P/S control module.

Luz de diagnóstico del EPS en el tablero de control on-board diagnostic system  
SUZUKI WAGON R+ MODELO 2000

## EPS System Wiring Circuit Diagram

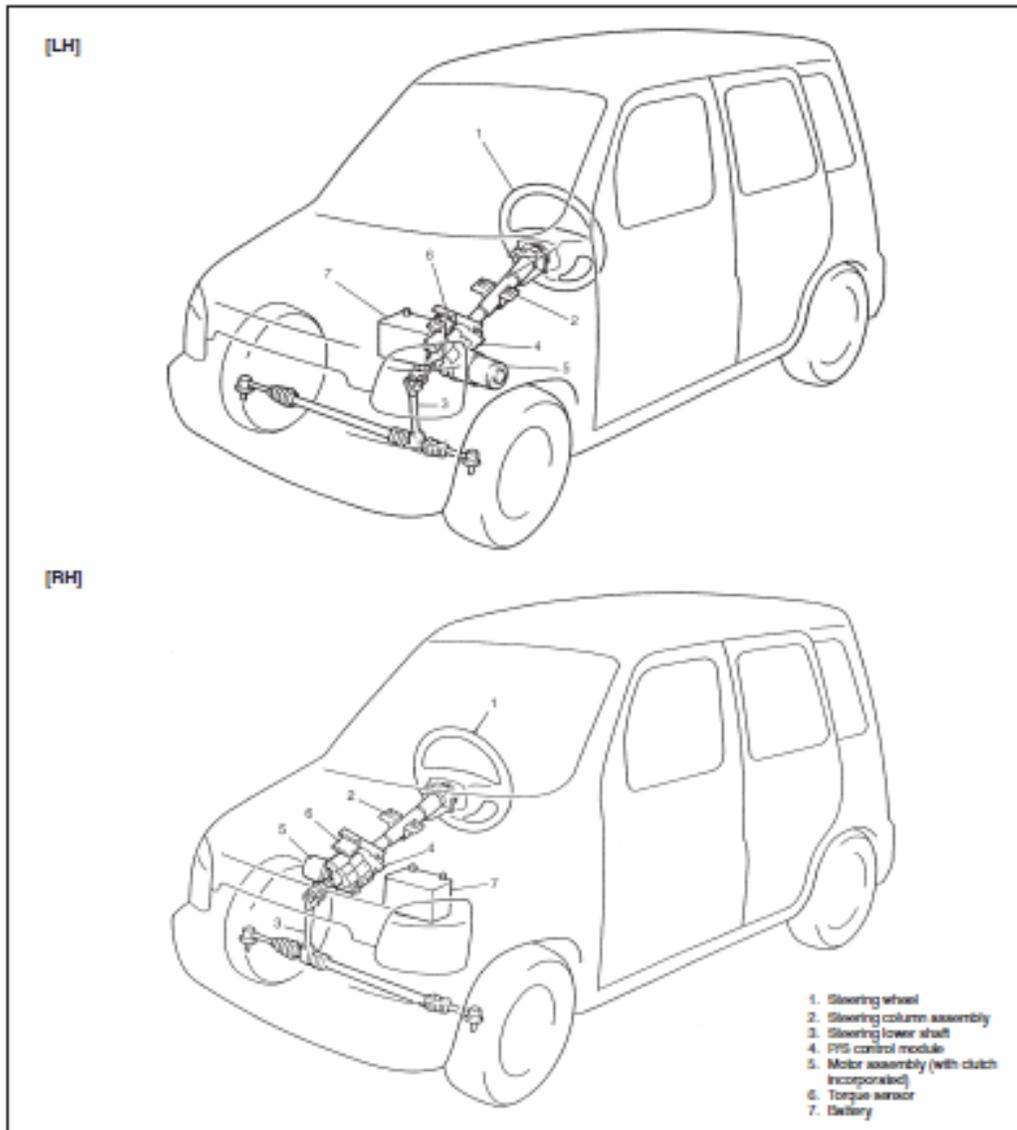


|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| 1. Main fuse box       | 9. From immobilizer control module   | 17. Motor assembly (with clutch incorporated)   |
| 2. Circuit fuse box    | 10. From circuit fuse box  | 18. Torque sensor                               |
| 3. "P/S" fuse (30 A)   | 11. Data link connector (DLG)  | 19. Connector G13 (viewed from terminal side)   |
| 4. "METER" fuse (10 A) | 12. Ground on engine block   | 20. Connector G13-1 (viewed from terminal side) |
| 5. Ignition switch     | 13. Ground on body   | 21. Connector G13-2 (viewed from terminal side) |
| 6. Combination meter   | 14. To ECM, Air bog SDM and ABS hydraulic unit/control module assembly (if equipped) | 22. Connector G21 (viewed from terminal side)   |
| 7. "EPS" warning lamp  | 15. ECM  | 23. Connector G22 (viewed from terminal side)   |
| 8. Speedometer         | 16. P/S control module   |   |

## GENERAL DESCRIPTION (DESCRIPCION GENERAL)

This electrical power steering (EPS) system consists of a P/S control module, so as to assist operation of the steering wheel.

## COMPONENTS



Simulador EPS (Dirección asistida eléctricamente).



## FE DE ERRATAS

### FIGURAS

|   | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. La posición relativa que ocupa el sistema de dirección en el vehículo.....  | 4    |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-sistema-de-direccion">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-sistema -de-dirección</a>  |      |
| Figura 2. Sistema de dirección de un solo eje. ....   | 4    |
| Fuente: : <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-sistema-de-direccion">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-sistema -de-dirección</a>  |      |
| Figura 3. Cuadrilátero de ackermann y geometría de la dirección cuando gira a la izquierda.....   | 5    |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.121   |      |
| Figura 4. Dirección con piñón y cremallera de suspensión independiente.....   | 6    |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.909   |      |
| Figura 5 Elementos de la dirección .....  | 6    |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.911   |      |
| Figura 6 Columna de ángulo variable.....  | 7    |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |      |
| Figura 7 Columna de dirección desplazable .....   | 8    |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |      |
| Figura 8. Columna enrejillada. ....   | 8    |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |      |
| Figura 9. Ángulo de salida de las ruedas. ....  | 12   |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.123   |      |
| Figura 10. Ángulo de salida de una suspensión delantera.....  | 12   |

|   |    |
|---|----|
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.920                       |    |
| Figura 11. Ángulo de caída de las ruedas.....                                 | 13 |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.124             |    |
| Figura 12. Ángulo de caída de la ruedas de una suspensión independiente ..... | 13 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.920                       |    |
| Figura 13. Ángulo de avance de las ruedas. ....                               | 14 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.921                       |    |
| Figura 14. Efecto del ángulo de avance (AA)..                                 | 14 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.922                       |    |
| Figura 15. Cotas conjugadas de las ruedas. ....                               | 15 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.920                       |    |
| Figura 16. Convergencia de las ruedas delanteras .....                        | 16 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.921                       |    |
| Figura 17. Mecanismo de tornillo sin fin.....                                 | 17 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag. 57 |    |
| Figura 18. Mecanismo ross de palanca y leva .....                             | 18 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.911                       |    |
| Figura 19. mecanismo de tornillo y rodillo oblicuo.....                       | 18 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag.57  |    |
| Figura 20. Sistema sin fin y bolas circulares.....                            | 19 |
| Fuente: Paz, M. A. (1995).Manual de Automoviles.Pag.911                       |    |
| Figura 21. Mecanismo de dirección por cremallera .....                        | 19 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag.62  |    |
| Figura 22. Despiece del mecanismo por cremallera .....                        | 20 |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.113             |    |
| Figura 23. Circuito de mando de la servodirección neumática.....              | 21 |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.119             |    |

|   |    |
|---|----|
| Figura 24. Cilindro de mando de una dirección neumática.....  | 22 |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.120   |    |
| Figura 25. Sistema de dirección hidráulica.....   | 22 |
| Fuente: González, S. (1997). Tecnología de la Automoción. Pag.115   |    |
| Figura 26. Sistema de dirección electrónica EPS. ....   | 24 |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |    |
| Figura 27. Funcionamiento de la dirección eléctrica.....  | 25 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 98  |    |
| Figura 28. Sensor de ángulo de dirección.....   | 26 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 99  |    |
| Figura 29. Esquema del sensor de ángulo de la dirección. ....   | 27 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 99  |    |
| Figura 30. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo.....  | 28 |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |    |
| Figura 31. Sensor de par de dirección.....  | 28 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 100   |    |
| Figura 32. esquema de un sensor de par. ....  | 29 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 100   |    |
| Figura 33. Ubicación del sensor vss en la caja de cambios. ....   | 30 |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |    |
| Figura 34. Ubicación del sensor ckp en el vehículo. ....  | 30 |
| Fuente: <a href="http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps">http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps</a> |    |
| Figura 35. Motor eléctrico. ....  | 31 |
| Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 101   |    |
| Figura 36. Unidad de control.....   | 32 |

Fuente: Peralta, R.;Quino G.(2009). Sistemas de direccion automotriz. Pag 102

Figura 37. Relación: Corriente y torque, curva característica de la fuerza de asistencia. ....32

Fuente: <http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 38. Testigo de averías.....33

Fuente:<http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 39. Esquema eléctrico del sistema de dirección eléctrica con can bus.....34

Fuente:<http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 40. En la columna de dirección. ....35

Fuente:<http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 41. En el piñón de la cremallera. ....36

Fuente: <http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 42. Directamente en la cremallera.....37

Fuente:<http://www.mecanicoautomotriz.org/992-manual-funcionamiento-direccion-asistida-electricamente-sistema-eps>

Figura 43. Circuito oscilador variable que genera pulsos.....38

Fuente: [http://es.wikipedia.org/circuito\\_555](http://es.wikipedia.org/circuito_555).

Figura 44. Orientación de los pines del circuito integrado 555. ....41

Fuente: [http://es.wikipedia.org/circuito\\_555](http://es.wikipedia.org/circuito_555).

Figura 45. Circuito generador de pulsos en placa.....42

Fuente: Elaboracion propia

Figura 46. Ubicación del circuito en el simulador.....42

Fuente: Elaboracion propia

Figura 47. Señales digitales del circuito generador de pulsos. ....43

Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/señal\\_delcircuito\\_555](http://es.wikipedia.org/wiki/señal_delcircuito_555).

|   |    |
|---|----|
| Figura 48. Tren delantero de un sistema de dirección asistido electrónicamente incorporado al simulador. .... | 43 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 49. Sensor de par de dirección.....  | 44 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 50 Motor eléctrico separado de la columna para poder apreciar la asistencia. ....                      | 44 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 51 Unidad de control para la dirección electrical powered steering (EPSCM).....                        | 45 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 52 Generador de pulsos para el funcionamiento dela dirección.....                                      | 45 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 53 Estructura del simulador de dirección EPS .....   | 46 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 54. Montaje de la parte mecánica y electrónica en el simulador de dirección EPS. .                     | 46 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 55. Cableado del sistema de dirección en el simulador EPS.....   | 47 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Fgura 56. Disposicion de terminales de los acopladores del modulo de control (visto desde el cableado).....   | 47 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon R+   |    |
| Figura 57. Diagrama del cableado manual de suzuki wagon R+.....   | 48 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon R+   |    |
| Figura 58. Pruebas de diagnostico en elmotor y el embrague con el terminal “b” en el sistema EPS.....         | 49 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon R+   |    |
| Figura 59. Prueba con la resistencia en b1 y b2 en ohmios del motor electrico según el manual.....            | 49 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |

|   |    |
|---|----|
| Figura 60. Pruebas con la resistencia en b3 y b4 en ohmios del embrague según el manual .....                         | 50 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 61. Continuidad entre el terminal del acoplador del motor y embrague y la tierra de la carroceria B1 y B3..... | 50 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 62. Prueba en el terminal A. ....  | 50 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon R+ y Elaboracion propia  |    |
| Figura 63. Prueba en el terminal C.....   | 51 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon R+ y Elaboracion propia  |    |
| Figura 64. Asistencia del motor al volante de dirección. ....   | 51 |
| Fuente: Elaboracion propia  |    |
| Figura 65. Conductos del sistema de dirección asistido hidráulicamente.....   | 53 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 66. Disposición de la correa en la dirección asistida hidráulicamente.....                                     | 53 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 67. Herramientas especiales para la inspección de presión hidráulica en el circuito.....                       | 54 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 68. Circuito de dirección asistida hidráulicamente.....  | 54 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 69. Medicion de temperatura del fluido en el tanque y circuito con presion en el sistema de direccion.....     | 55 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 70. Inspeccion para la presion de alivio. ....   | 56 |
| Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D  |    |
| Figura 71. Disposición de la bomba de dirección y par de apriete en los puntos de sujeción de los componentes.....    | 58 |

Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D

Figura 72. Desmontaje de la bomba y puntos de par de apriete. ....59

Fuente: Manual de reparaciones de Suzuki wagon D

pag. 6 dice: fig.4.  
debe decir: Fig. 4.

Pag. 50 dice: Fig. 63. Prueba en el terminal C  
debe decir: Fig. 62. Prueba en el terminal C

Pag. 51 dice: Fig. 62. Prueba en el terminal A  
debe decir: Fig. 63. Prueba en el terminal A

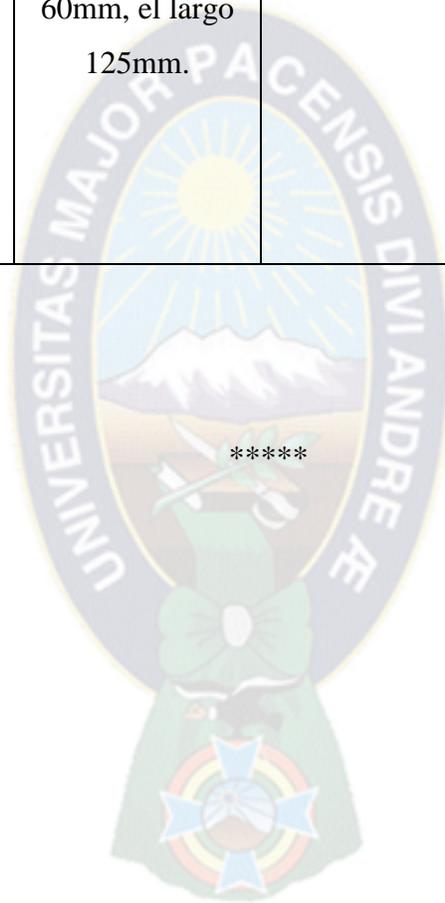
DE TABLAS

En la tabla 3 dice:

|                              |   |                              |   |
|------------------------------|---|------------------------------|---|
| Dimensión y espacio ocupado. | Se acopla directamente al sistema de dirección. Motor diámetro 6mm, largo 125mm. Módulo es de 110 x 110 mm. | Dimensión y espacio ocupado. | Parte de este sistema, le quita espacio al motor, lleva cañerías en el sistema y la bomba tiene un diámetro Aprox. 150 mm. y es 120 x 170 mm. en dimensión. |
|------------------------------|---|------------------------------|---|

Debe decir:

|                              |  |                              |  |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| Dimensión y espacio ocupado. | Se acopla directamente al sistema de dirección.El Motor tiene un diámetro de 60mm, el largo 125mm. | Dimensión y espacio ocupado. | Parte de este sistema, le quita espacio al motor, lleva cañerías para el liquido hidraulico para la direccion y la bomba tiene 150 mm.de diámetro Aprox. y 170 mm.de largo |
|------------------------------|--|------------------------------|--|



\*\*\*\*\*