



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

**ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA SEGURIDAD ACTIVA
EN LOS SISTEMAS DE FRENO Y ESTABILIDAD EN
AUTOMOTORES LIVIANOS.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Autor:

José Augusto Roche Crespo

Director:

Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo

**Cuenca, Ecuador
2014**

DEDICATORIA

A mis padres porque esta meta no la hubiese alcanzado sin su esfuerzo y ejemplo.

A mis abuelos, especialmente a mi abuelo Alejandro que en paz descanse, ya que él influyo mucho para que yo elija esta carrera y sembró en mí la semilla del deseo de aprender.

A toda mi familia y amigos que me alentaron cuando todo era complicado.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir que mis padres estén a mi lado para darme su apoyo, y también por haberme dado la capacidad y paciencia a lo largo de la carrera, para así lograr esta meta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL VEHÍCULO.....	3
1.1. Implementación de la electrónica en el área automotriz.....	5
1.2. Seguridad activa	6
1.3. Seguridad pasiva.....	7
1.4. Influencia de los sistemas de frenado y estabilidad.....	9
1.5. Factores intercesores en los sistemas de frenado y estabilidad	10
1.5.1. Fuerzas y momentos que actúan en un vehículo	11
1.5.2. Dinámica longitudinal del vehículo.....	13
1.5.3. Dinámica transversal del vehículo.....	14
1.6. Sistemas de frenado y estabilidad del parque automotriz de Cuenca	15
CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE FRENADO Y ESTABILIDAD	23
2.1. Sistema antibloqueo de frenos ABS	24
2.1.1. Definición.....	24
2.1.2. Misión.....	24
2.1.3. Componentes	25
2.1.3.1. Sensores de velocidad de giro de las ruedas	27
2.1.3.2. Unidad de control.....	28

2.1.3.3. Grupo hidráulico	29
2.1.4. Funcionamiento	31
2.1.5. Desarrollo	34
2.1.5.1. Desarrollo de la Unidad de Control	35
2.1.5.2. Desarrollo del Grupo hidráulico.....	36
2.1.6. Diagnóstico y mantenimiento.....	38
2.1.6.1. Autodiagnóstico y diagnóstico	38
2.1.6.2. Mantenimiento y verificaciones	41
2.2. Sistema de regulación de deslizamiento de aceleración ASR	43
2.2.1. Definición.....	43
2.2.2. Misión.....	44
2.2.3. Componentes	45
2.2.3.1. Acelerador electrónico	45
2.2.4. Funcionamiento	46
2.2.5. Desarrollo	50
2.2.5.1. Desarrollo de la Unidad de Control	51
2.2.5.2. Desarrollo del Grupo hidráulico.....	52
2.2.6. Diagnóstico y mantenimiento.....	53
2.3. Sistema de control de estabilidad ESP.....	54
2.3.1. Definición.....	54
2.3.2. Misión.....	54
2.3.3. Componentes	55
2.3.3.1. Sensor de aceleración transversal.....	57
2.3.3.2. Sensor de convolución	58
2.3.3.3. Sensor combinado de convolución y aceleración transversal	60
2.3.3.4. Sensor de ángulo del volante.....	63
2.3.3.5. Sensor de presión previa	65
2.3.4. Funcionamiento	66
2.3.5. Desarrollo	70
2.3.5.1. Desarrollo de la unidad de control	73
2.3.5.2. Desarrollo del grupo hidráulico	73
2.3.6. Diagnóstico y mantenimiento.....	74
2.3.6.1. Autodiagnóstico y diagnóstico	74

2.3.6.2. Mantenimiento y verificaciones	76
---	----

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS	84
--	-----------

3.1. Ideas futuras en sistemas de frenado y estabilidad	85
---	----

3.2. Análisis del avance de los sistemas	90
--	----

CONCLUSIONES.....	93
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	95
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	96
--------------------------	-----------

ANEXOS

Anexo 1: Modelos de vehículos sugeridos respecto a seguridad activa

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistemas de seguridad en el vehículo	4
Figura 1.2. Diagrama de intervención de fuerzas sobre el neumático	11
Figura 1.3. Fuerzas que actúan sobre el vehículo	12
Figura 1.4. Resistencias de movimiento longitudinal	14
Figura 1.5. Subviraje y sobreviraje de un vehículo.....	15
Figura 2.1. Componentes del sistema antibloqueo ABS.....	26
Figura 2.2. Sensor de velocidad de giro de la rueda de tipo inductivo	27
Figura 2.3. Sensor de velocidad de giro de la rueda de tipo Hall	28
Figura 2.4. Grupo hidráulico y unidad de control integrada	30
Figura 2.5. Esquema del grupo hidráulico	33
Figura 2.6. Acelerador electrónico.....	46
Figura 2.7. Tiempo de reacción de las intervenciones de ASR	47
Figura 2.8. Regulación ASR en un vehículo de tracción trasera	48
Figura 2.9. Regulación ASR en un vehículo con tracción total	49
Figura 2.10. Diagrama de procesamiento del sistema ASR.....	52
Figura 2.11. Distribución de los circuitos de freno.....	53
Figura 2.12. Esquema general del sistema ESP	56
Figura 2.13. Partes y funcionamiento del sensor de aceleración transversal	58
Figura 2.14. Partes y funcionamiento del sensor de convolución.....	59
Figura 2.15. Bloque del sensor de aceleración transversal	61
Figura 2.16. Bloque del sensor de convolución	62
Figura 2.17. Sensor de ángulo del volante tipo LWS1	64
Figura 2.18. Sensor de ángulo del volante tipo LWS3	65
Figura 2.19. Sensor de presión de frenado.....	66
Figura 2.20. Comportamiento del vehículo en las curvas con sobreviraje y subviraje.....	68
Figura 2.21. Evolución del grupo hidráulico y la rapidez de procesamiento.....	72
Figura 2.22. Estructura del código OBD II.....	75
Figura 2.23. Selección de téster de diagnóstico en ESI[tronic]	77
Figura 2.24. Selección del vehículo en ESI[tronic]	78

Figura 2.25. Análisis de la memoria de averías	78
Figura 2.26. Identificación de la posición del interruptor de frenado	79
Figura 2.27. Posición del volante medida en grados.....	79
Figura 2.28. Valores del sensor de convolución y de aceleración transversal	80
Figura 2.29. Posición del interruptor de ESP y presión de frenado	80
Figura 2.30. Valores de los circuitos hidráulicos	81
Figura 2.31. Función de codificación y código correspondiente la unidad.....	81
Figura 2.32. Proceso de calibrado del sensor del volante	82
Figura 2.33. Proceso de purgado.....	83
Figura 3.1. Modo de gestión del Emergency Steer Assist	88
Figura 3.2. Montaje de los componentes SBC.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Accidentes por causas probables a nivel nacional del año 2010 al 2012.....	16
Tabla 1.2. Cantidad por tipo de vehículo	17
Tabla 1.3. Conformación del parque automotor según las marcas populares	19
Tabla 1.4. Conformación del parque automotor según su año de fabricación dentro de las últimas tres décadas	19
Tabla 1.5. Vehículos encuestados ordenado por año de fabricación	20
Tabla 2.1. Comparativa entre las diferentes versiones de grupos hidráulicos	38

RESUMEN

El constante perfeccionamiento de la seguridad activa en automotores ha influenciado en los mecanismos de frenado y estabilidad con uso de la gestión electrónica. Para analizar comparativamente los dispositivos, sus componentes, funcionamiento, posibles fallas, mantenimiento, y describir las diferentes maneras de gestión, ha sido necesario compilar información de aquellos creados por Bosch, desde el sistema antibloqueo (ABS), hasta el de control de estabilidad (ESP). Con este análisis se muestra el perfeccionamiento del ABS, para obtener un sistema que pesa un 16% del primer modelo y responde en un 50% menos de tiempo; también se determinó que el desenvolvimiento y misión de los componentes, su accesible diagnóstico por medio del escáner y sencillo mantenimiento, inducen a la mejora de seguridad e instalación de estos sistemas, obteniendo que el grado de influencia en el parque automotor de Cuenca es positivo, con un 88,4% de vehículos equipados correspondientes a la última década.

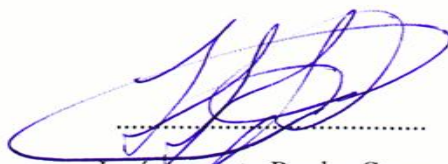
PALABRAS CLAVE: sistemas de freno y estabilidad, diagnóstico, escáner, mantenimiento, ABS, ESP, parque automotor.



Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo
Director de Escuela



Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo
Director de Trabajo de Grado



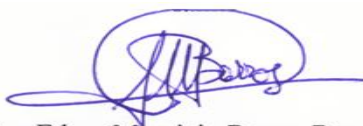
José Augusto Roche Crespo
Autor

ABSTRACT

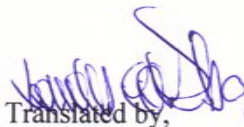
The use of Electronic management has influenced the continuous improvement of active safety in automotive braking mechanisms and stability. In order to analyze comparatively the devices, components, performance, potential failures, maintenance, as well as describe the different ways of management, it has been necessary to compile information from those created by Bosch Company, from antilock braking system (ABS) to electronic stability programs (ESP). Through this analysis, the ABS improvement is shown so as to obtain a system that weighs 16% of the first model and responds in 50% less time. It also determined that the development and mission of the components, its diagnosis accessible through scanner and its easy maintenance, produce an improvement in the safety and installation of these systems, resulting in a positive degree of influence on the vehicle fleet of Cuenca, with 88.4% of vehicles equipped which corresponds to the last decade.

Keywords: Breaking and Stability Systems, Diagnostic, Scanner, Maintenance, ABS, ESP, Vehicle Fleet.


 Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo
 School Director


 Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo
 Thesis Director


 José Augusto Roche Crespo
 Author


 Translated by,
 Lic. Lourdes Crespo

José Augusto Roche Crespo

Trabajo de graduación

Ing. Mauricio Barros

2014

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA SEGURIDAD ACTIVA EN LOS SISTEMAS DE FRENO Y ESTABILIDAD EN AUTOMOTORES LIVIANOS

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se pretende destacar la importancia del uso de los sistemas de seguridad activa de frenado y estabilidad en automóviles. Debido a la implementación de la electrónica en el campo automotriz, a lo largo de los años, se ha logrado desarrollar notablemente la seguridad activa, puesto que al incorporar estos sistemas se han reducido los accidentes y, por lo tanto, salvado vidas ante situaciones peligrosas e imprevistas; pero, se debe tener en cuenta que aquellos medios ayudan en lo físicamente posible, pues, la última decisión y la más importante, la tiene siempre el conductor.

Sin importar la pericia del piloto, los módulos electrónicos y sensores de un sistema de gestión interpretan la intención del conductor con respecto al manejo, y establecen el comportamiento de los elementos actuadores manteniendo el control del automóvil. La implementación de la gestión electrónica, ha incrementado la complejidad en los automotores, por lo que es necesario analizar su funcionamiento, principalmente del sistema ESP (*Electronic Stability Program*), el cual es la última evolución de su clase.

El estudio está basado en el desarrollo tecnológico del campo automotriz, el cual paralelamente viene de la mano con la poca disponibilidad de información sobre estos sistemas, los elementos que los componen, su funcionamiento, posibles fallas, diagnóstico y el mantenimiento básico a cumplirse. Es necesario destacar la evolución de ellos, los beneficios que ofrecen, las precauciones que se deben tomar, pero sobre todo los aspectos del diagnóstico y mantenimiento, los cuales son realizados de forma empírica en nuestro medio, lo que puede acarrear complicaciones y disminuir la efectividad de su funcionamiento.

Es fundamental recopilar la información general de todos los sistemas de frenado y estabilidad, especialmente de los que componen el programa de estabilidad ESP (*Electronic Stability Program*), como el ABS (*Anti-lock Brake System*) y el ASR (*Anti-skid System*), sistemas creados por la marca alemana Bosch, los cuales trabajan en conjunto y comparten señales, para realizar la corrección necesaria. En cuanto al diagnóstico y mantenimiento se requiere la ayuda de un *software* y un escáner para conocer los métodos que se deben aplicar, y así garantizar la eficacia de los mismos.

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL VEHÍCULO

Hoy en día las empresas automotrices invierten ingentes cantidades de dinero y dedican mucho tiempo para mejorar la seguridad vial; los vehículos modernos deben ser capaces de detenerse de manera segura, haciendo uso de los sistemas de dirección y frenado, mecanismos que hacen posible evadir los obstáculos de la vía y evitar accidentes; además de eso son sistemas encargados de cumplir un objetivo principal, cuidar la vida de los pasajeros del vehículo.

Los sistemas de seguridad se hacen presentes antes y después de un accidente. La seguridad depende de varios agentes, estado mecánico, condiciones meteorológicas y el factor humano, que influyen en el desenvolvimiento del vehículo, ya que si no se cumple con el mantenimiento respectivo, la funcionalidad no será la adecuada; además, el clima y las condiciones de circulación pueden dificultar aún más el control, por ejemplo, la combinación de neumáticos desgastados sobre una carretera mojada puede ser fatal, sobre todo si la pericia del conductor es limitada; por lo tanto para un manejo estable se recomienda emplear un mantenimiento preventivo.

Con la evolución de los motores los automóviles adquieren velocidades mayores, lo que exige un desarrollo en el sistema de frenado, por eso ha sido necesaria la implementación de la gestión electrónica. Los fabricantes adaptan las nuevas tecnologías según las normas de seguridad exigidas, y las involucran desde la

iluminación y neumáticos, hasta aquellos que implican modificación en la suspensión, freno y estabilidad del vehículo. Por la intervención activa de estos sistemas se los llama “Sistemas de seguridad activa”, de los cuales se han fabricado varios y han evolucionado a pasos agigantados, pero se debe insistir que por muchos sistemas que se introduzcan para mejorar la seguridad, siempre la decisión la tiene el conductor.

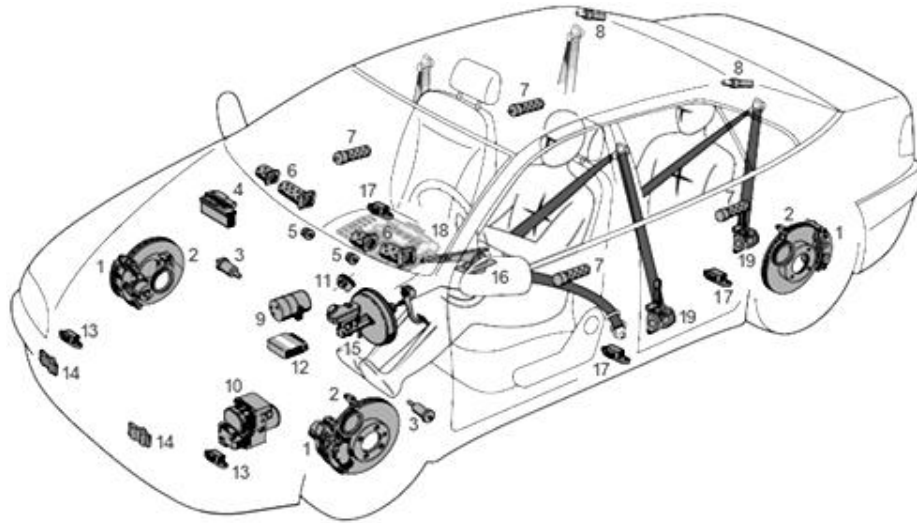


Figura 1.1 Sistemas de seguridad en el vehículo.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

- | | |
|---|--|
| 1. Freno de rueda con disco de freno. | 10. Grupo hidráulico ESP. |
| 2. Sensor de velocidad de giro de rueda. | 11. Sensor de ángulo de la dirección. |
| 3. Generador de gas de airbag para los pies. | 12. Unidad de control de los airbags. |
| 4. Unidad de control ESP (con funciones ABS y ASR). | 13. Sensor upfront. |
| 5. Generador de gas de airbag para las rodillas. | 14. Sensor precrash. |
| 6. Generador de gas de airbag para conductor y acompañante. | 15. Servofreno con cilindro principal y pedal de freno. |
| 7. Generador de gas de airbag lateral. | 16. Palanca de accionamiento del freno de estacionamiento. |
| 8. Generador de gas de airbag para la cabeza. | 17. Sensor de aceleración. |
| 9. Bomba de precarga ESP. | 18. Esterilla sensor para detección de ocupación de asiento. |
| | 19. Cinturón de seguridad con tensor de cinturón. |

La seguridad de un vehículo debe cumplir el objetivo de prevenir un accidente y especialmente proteger la vida de los ocupantes y peatones; por eso se dividen básicamente en dos grupos:

- Seguridad activa
- Seguridad pasiva

1.1 Implementación de la electrónica en el área automotriz

El alto índice de mortalidad en las vías, debido a ciertas imperfecciones de los automóviles y al gran crecimiento del parque automotor, han llevado a la creación de entidades que protejan la integridad de los conductores y promuevan la seguridad en los vehículos; organismos como el Euro NCAP y el Latin NCAP, realizan evaluaciones realistas del comportamiento de la seguridad de los vehículos más vendidos; esto ha permitido fomentar las mejoras en el diseño y seguridad de los automotores nuevos.

Tras las necesidades de mejora y la constante búsqueda de la perfección del funcionamiento por parte de la industria automotriz, se creó una rama de la ingeniería que fusiona la mecánica, la electrónica, la informática y los sistemas de control, a esta se la denomina como mecatrónica, pues es capaz de reconocer señales, procesarlas y tomar acciones por medio de sus actuadores. Los sistemas mecatrónicos una vez aplicados en el área de control de los automóviles, originan la autotrónica, creada con la finalidad de mejorar la eficiencia de los motores y de reducir emisiones; de hecho estos objetivos se cumplieron gracias a la eficacia de la unidad electrónica.

Con el transcurso del tiempo se optó por involucrar más a la electrónica, debido a los beneficios que proporciona, sobre todo en los sistemas en que las insolvencias eran obvias, especialmente en los sistemas de confort y tracción. Al involucrar a más

unidades electrónicas, era necesario evolucionar su forma de comunicación, de ahí el nacimiento del sistema denominado CAN BUS, que es una red multiplexada, es decir, se trata de un protocolo de comunicaciones entre diferentes unidades electrónicas, las cuales están interconectadas, reduciendo el cableado; además, es un sistema capaz de priorizar y compartir señales.

El aumento de la densidad de elementos electrónicos ha mejorado las prestaciones de los vehículos, aunque el costo sea un tanto elevado y la incorporación de la electrónica, complicada, se ha abaratado costos gracias a la producción masiva; por lo tanto, automotores de gamas bajas también pueden ofrecer un mejor nivel de confort, seguridad y control. Existen varios sistemas que requieren una unidad electrónica, entre ellos los de inyección, frenado, estabilidad, airbags, etc. Los sistemas electrónicos y la autotrónica son parte de la industria automotriz, y por ende de los automóviles modernos, permitiendo que sus objetivos se cumplan con precisión.

1.2 Seguridad activa

Es la que pretende la reducción del riesgo o posibilidad de accidente en medida de lo posible; puesto que contribuye con la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo. Con el paso de los años la influencia de la electrónica ha sido clave para la evolución de estos sistemas.

Los elementos que integran la seguridad activa son:

- Sistema de frenado
- Sistema de estabilidad
- Neumáticos
- Sistema de dirección
- Sistema de suspensión
- Sistema de iluminación

Estos, por su importancia, han sido desarrollados para una circulación más segura y es muy fácil notar los cambios que se han obtenido. Los sistemas de frenado son más eficientes, ya que pueden variar su presión de frenado, no permiten el bloqueo de las ruedas, y por lo tanto se logra evitar los obstáculos. Cumplen su misión sin importar las circunstancias, debido a que cada rueda consta con un circuito independiente en caso de algún fallo. El sistema de estabilidad es la gran evolución de los sistemas de seguridad activa y se apoya de la mayoría de sistemas; trata, en lo posible, de no permitir la pérdida de control del vehículo, sin importar si se toma incorrectamente una curva o ante una reacción brusca. Mediante la interpretación de señales de diferentes sensores, la unidad electrónica descifra y decide qué acciones tomar, qué rueda o ruedas necesitan ser frenadas, y cuáles deben mantener su tracción.

Los neumáticos son más fiables; gracias a los diferentes labrados y compuestos, garantizan la tracción adecuada, sin importar el clima o las condiciones de la vía. El sistema de dirección responde según la voluntad del conductor para mantener maniobrabilidad; es posible hallar, en algunos vehículos, un tipo de asistencia en el viraje o que se endurezca la dirección a altas velocidades para impedir accidentes. Los sistemas de suspensión son más firmes, capaces de absorber toda anomalía de la calzada y de no permitir inclinaciones indeseadas. El sistema de iluminación debe permitir una buena visibilidad y dejar ser vistos; antes las luces eran débiles, hoy con luces de xenón que pueden variar su posición el sistema de iluminación se adapta a la curva según la velocidad o carga del vehículo, algo inimaginable hace unos años atrás.

1.3 Seguridad pasiva

Es la que procura la reducción de posibles lesiones en los ocupantes cuando el accidente es inevitable; su misión es proteger su integridad o incluso salvar sus vidas; sin embargo, el peligro siempre está presente, así que estos sistemas tratan de minimizar los daños sobre los mismos.

El equipamiento que compone la seguridad pasiva de un vehículo son:

- Cinturones de seguridad
- Bolsas de aire (*Airbags*)

La seguridad pasiva de un vehículo, por su estructura y características de construcción son:

- Chasis y carrocería
- Parabrisas y cristales
- Reposacabezas

Dichos sistemas han sido renovados e implementados en los vehículos a lo largo de los años, tomando en cuenta las necesidades cuando ocurre una colisión. En muchos países son requisito obligatorio de circulación, se debe tener en cuenta que todos estos equipamientos realmente son necesarios, ya que al ocurrir un accidente pueden ser fundamentales para salvar una vida. Los sistemas de seguridad pasiva, tanto de equipamiento como de construcción del vehículo, cumplen la tarea que proteger al piloto y pasajeros cuando el impacto es inevitable.

Es impresionante cuánto se ha desarrollado este aspecto en el área automotriz; ahora se cuenta con el imprescindible cinturón de seguridad de tres puntos, el cual cuenta con un **pretensor** que ajusta el cinturón al cuerpo, un **limitador de fuerza** que lo afloja milimétricamente al momento del impacto, para reducir las lesiones en el torso, también se cuenta con **luces de aviso** para recordar el uso del mismo. El *airbag* consigue impedir que los ocupantes reciban un golpe directo de elementos sólidos; hay *airbags* frontales, laterales, de cortina y de rodilla, los cuales se activarán cuando el vehículo choque contra un elemento sólido a una velocidad considerable.

En relación a los elementos de seguridad como características de construcción se notan grandes cambios, todo esto gracias a las nuevas tecnologías y la evolución de

los materiales con los que ciertos elementos están fabricados. El chasis y la carrocería poseen zonas de deformación programadas, para absorber precisamente el impacto y disipar la energía cinética. En el caso de los cristales, el mismo concepto es aplicado al parabrisas: absorber la energía si los pasajeros se impactan en él, y las ventanas laterales se quiebran de manera tal que no se formen astillas que puedan producir cortes.

Los asientos son ergonómicos y proporcionan mayor ajuste de los ocupantes; los reposacabezas son esenciales para la protección de las personas, ya que evitan el efecto látigo de la cabeza, y por lo tanto evitan una paraplejía o inclusive la muerte. Los pedales producen menos daños por la deformación de la carrocería, los cables eléctricos no van descubiertos, el interior del vehículo está elaborado en su mayoría de polímeros. Es sencillo percatarse de todos estos cambios y el aporte a la seguridad.

1.4 Influencia de los sistemas de frenado y estabilidad

Para contrarrestar el número de víctimas mortales y de accidentes, se procuró el desarrollo de estos sistemas de frenado y consecuentemente se obtuvo el de estabilidad; la mejora en los sistemas fue en cuanto a sus componentes y funcionamiento, todos ellos se vieron influenciados por el avance tecnológico, sobre todo el grupo hidráulico y la unidad de control, que evolucionaron respecto a su gestión electrónica y ser más eficientes.

Los sistemas de frenado y estabilidad **ABS (*Anti-lock Brake System*)**, el **ASR (*Anti-skid System*)** y el **programa de estabilidad ESP (*Electronic Stability Program*)** influyen tanto en el conductor como en el vehículo; el automotor mejora su seguridad activa, tratando de evitar una colisión o disminuir al máximo los daños. Todas estas estructuras contribuyen al control y a la maniobrabilidad del vehículo, lo que está rotundamente comprobado, ya sea por evaluación de organizaciones o por las mismas

fábricas automotrices que los implantan, estas son las encargadas de verificar el comportamiento de aquellos ante situaciones críticas y pruebas de exigencia, determinando así su influencia y beneficios.

La instalación de dichos sistemas trae grandes beneficios, pero asimismo pueden influir negativamente sobre los conductores, ya que confían y creen que los componentes brindan seguridad total del vehículo, sin importar las circunstancias, pero no es así; es primordial que los conductores estén al tanto de su funcionamiento, de que estos contribuyen a mantener la maniobrabilidad del automotor en lo físicamente posible, pero que al superar ciertos límites no podrán hacer nada ante una situación de peligro, por lo tanto estos equipos no deben ser utilizados con el propósito de ir más rápido, ya que los factores físicos que inciden en el desenvolvimiento del automóvil no se deben ignorar.

1.5 Factores de influencia en los sistemas de frenado y estabilidad

Es preciso señalar que existen varios factores que influyen en el correcto funcionamiento y desenvolvimiento de estos sistemas; la dependencia en ciertos factores y límites físicos puede alterar su comportamiento, puesto que depende de las fuerzas de movimiento del vehículo y momentos que actúen sobre este. Todo cambio de movimiento que se desee realizar durante el manejo provoca un intercambio de fuerzas entre el automóvil y la carretera y todos se transmiten por medio de los neumáticos.

El neumático debe ser capaz de transmitir las fuerzas de propulsión, resistir las fuerzas de frenado, fuerzas laterales y cargas dinámicas del vehículo. La estabilidad direccional, estabilidad en curvas, adherencia y dirigibilidad convierten al neumático en el factor fundamental en cuanto a la maniobrabilidad del vehículo; además, es importante que se elijan los neumáticos correctos o los recomendados por el

fabricante, que los mismos se encuentren balanceados o equilibrados y que presenten una profundidad del perfil adecuada.

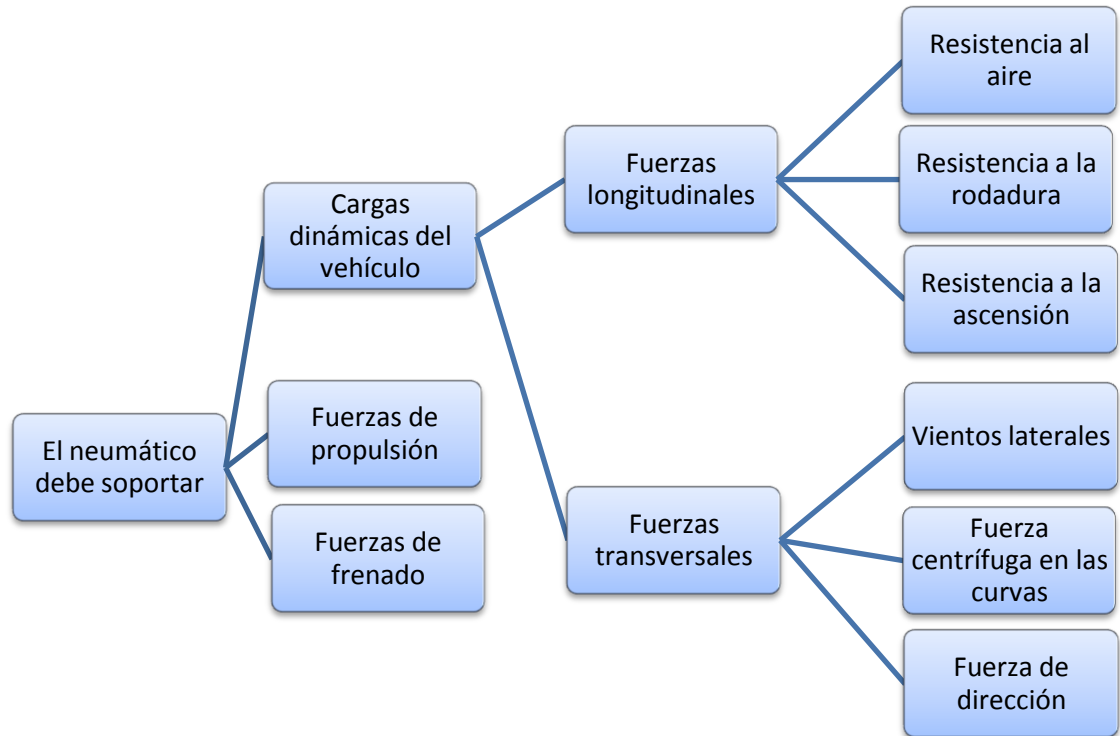


Figura 1.2 Diagrama de intervención de fuerzas sobre el neumático.

1.5.1 Fuerzas y momentos que actúan en un vehículo

Todo automotor debe vencer las fuerzas que se opongan a su movimiento, ya que el mismo siempre tratará de permanecer en reposo; pero, gracias a la fuerza de propulsión dotada por el motor, se consigue cambiar su estado; al igual, si el vehículo se encuentra en movimiento tratará de permanecer así. Las fuerzas y cargas que actúan sobre un automóvil durante su movimiento, se clasifican en:

- Fuerzas longitudinales
- Fuerzas transversales

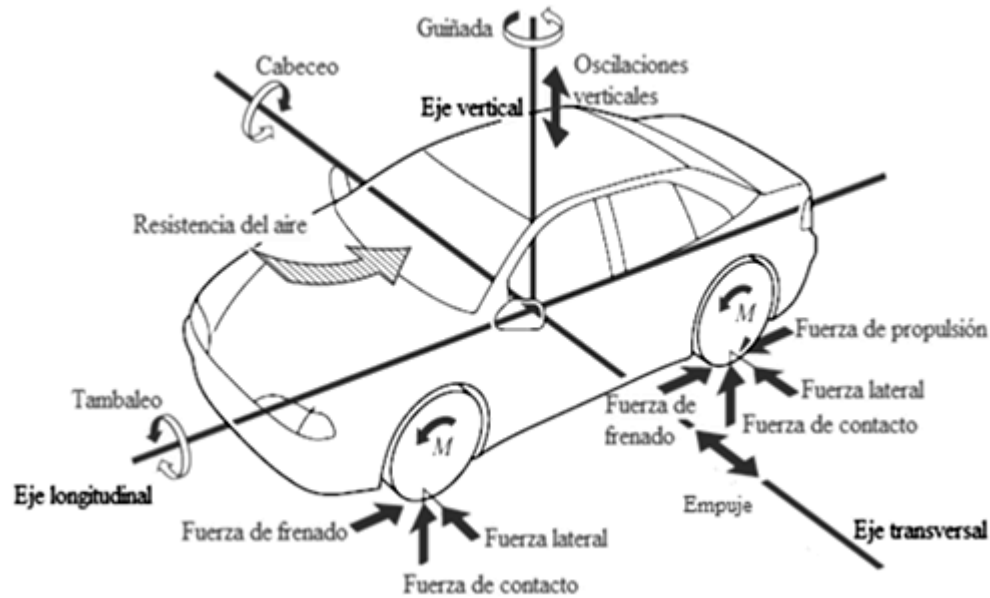


Figura 1.3 Fuerzas que actúan sobre el vehículo.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

Momentos:

- Guiñada: movimiento giratorio del vehículo alrededor del eje vertical.
- Cabeceo: movimiento giratorio del vehículo respecto al eje transversal.
- Tambaleo: movimiento giratorio del vehículo en torno al eje longitudinal.

Fuerzas:

- Fuerza de propulsión: creada por el par transmitido desde el motor a los neumáticos.
- Fuerza de contacto: producida por el peso del automotor debido a la fuerza de gravedad.
- Fuerza de frenado: se origina a través de la acción sobre el sistema de frenado.
- Fuerza lateral: es el empuje ocasionado por la fuerza centrífuga de las curvas, vientos laterales y la gestión sobre la dirección.

El contacto entre la vía y el neumático produce todas las fuerzas capaces de generar un cambio de estabilidad cuando el vehículo se encuentra en marcha. Las fuerzas más significativas son las que se presentan en el momento del frenado, gracias a los sistemas de seguridad de frenado y estabilidad, se aprovecha de la mejor manera la fricción o adherencia entre las superficies de contacto; esto es importante sobre todo cuando se conduce en condiciones adversas como superficies mojadas o sucias; es decir, que los sistemas impedirán que el neumático reaccione inestablemente, ya sea durante el frenado o la aceleración. También existen fuerzas laterales, que al actuar sobre el vehículo pueden producir una deformación oblicua del neumático, esto significa que provoca desviaciones o resbalamientos, estos a su vez pueden variar la trayectoria o la dirección de frenado.

1.5.2 Dinámica longitudinal del vehículo

Al moverse un vehículo existen fuerzas que actúan tanto en el neumático, como en la calzada pero con sentido contrario; es así que cuando no existe un equilibrio entre las fuerzas presentes y sus reacciones respectivas, el automotor se vuelve inestable. Con su desplazamiento surgen ciertas resistencias que se oponen al movimiento; las resistencias longitudinalmente involucradas son:

- Resistencia del aire (F_L), que dependerá de la densidad del mismo, de la forma en la que está construido el vehículo y su velocidad de circulación.
- Resistencia de rodadura (F_{RO}), se produce por la deformación del neumático, depende obviamente del estado de los mismos, de su presión de inflado, de la velocidad de circulación y la calidad del pavimento.
- Resistencia de ascensión (F_{St}), obedece al ángulo de inclinación de la vía, sea ascendente o descendente.

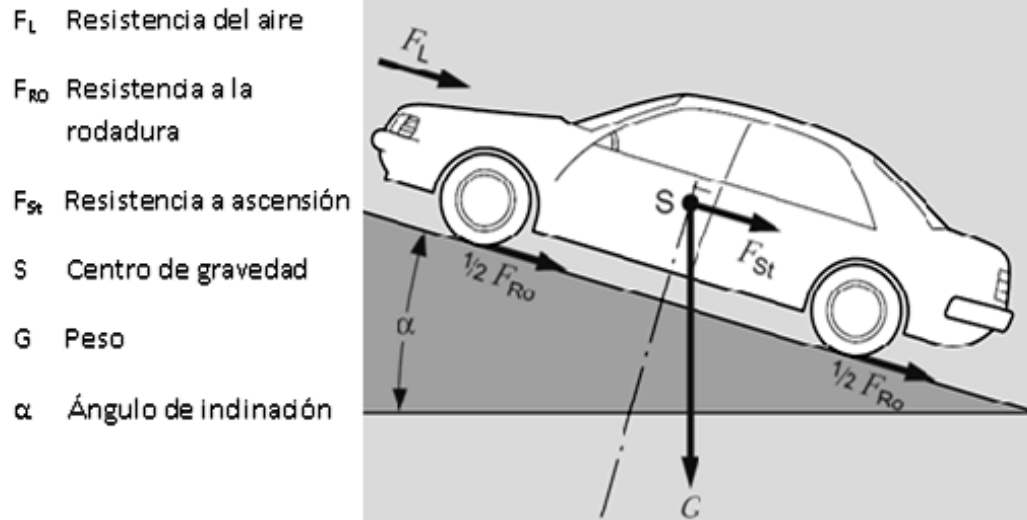


Figura 1.4 Resistencias de movimiento longitudinal.

Fuente: Sistemas para la estabilización del vehículo. Bosch, Robert.

La resistencia total es la suma de todos estos factores, la cual es vencida por el par del motor, a pesar de las pérdidas de rendimiento que existen en la transmisión. Existen factores que influyen tanto en la etapa de aceleración o desaceleración, como: la velocidad del vehículo, el estado de la calzada, el estado de los neumáticos, el estado de los frenos y la carga del vehículo.

1.5.3 Dinámica transversal del vehículo

Las fuerzas transversales a las que está sometido un automóvil son la acción de vientos laterales y la fuerza centrífuga en las curvas. El viento se puede hacer sentir más o menos, dependiendo del diseño aerodinámico y producir reacciones erróneas en el conductor, sobre todo cuando el vehículo marcha a velocidades altas, ya que los vientos laterales originan momentos respecto al eje vertical que pueden causar una desviación y hasta la pérdida de control. El momento que se crea en el eje vertical forma una variación en la marcha del eje delantero o trasero, esto significa un subviraje o sobreviraje.

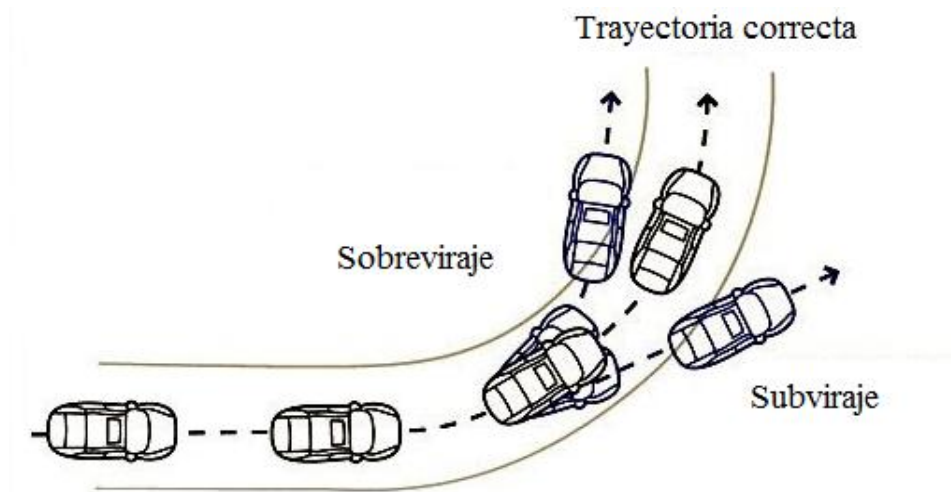


Figura 1.5 Subviraje y sobreviraje de un vehículo

Fuente: <http://www.atlanticsubaru.com/subaru-symmetrical-all-wheel-drive.htm>

El subviraje es el incremento de la fuerza lateral en el eje delantero respecto a la fuerza lateral, en el eje trasero; es decir, la tendencia del vehículo a ir recto por la pérdida de adherencia del tren delantero provoca un giro menor del mismo. El sobreviraje es el aumento de la fuerza lateral, en el eje trasero, respecto al eje delantero, induce al derrape del vehículo sobre su propio eje. El subgiro y sobregiro dependen mucho del tren que entregue la tracción; es decir, que un vehículo con tracción delantera tiende al subviraje y uno de tracción trasera tiende al sobreviraje.

1.6 Sistemas de frenado y estabilidad del parque automotriz de Cuenca

La Oficina de Investigación de Accidentes de Tránsito OIAT y la Agencia Nacional de Tránsito son las encargadas de emitir los números respecto a la causalidad de los accidentes de tránsito en el Ecuador, los cuales se clasifican de forma general, sobre todo aquellos incidentes provocados por una falla mecánica, ya que según estas entidades es improbable conocer que componente del vehículo ha fallado, debido a la limitada investigación que se realiza, por lo tanto no se puede distinguir los desperfectos que pueden ocurrir en los circuitos de frenado convencionales, ni

concluir de que manera podrían influir los sistemas de frenado y estabilidad instalados en los automotores fabricados recientemente, sin embargo la presencia de estos nuevos dispositivos definitivamente puede influir positivamente, ya que colaboran ante situaciones de imprudencia e impericia, y según la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador ésta es la mayor causa de accidentes, alcanzando cerca del 50% de los casos en los últimos tres años, es decir, por la presencia que tengan estos sistemas en el parque automotor se puede reducir la tasa pero con el debido conocimiento del conductor sobre el uso de los mismos.

	CAUSAS PROBABLES	TOTAL	%
AÑO 2010	Casos fortuitos	274	1,07
	Causas en proceso de investigación	696	2,72
	Daños mecánicos	346	1,35
	Embriaguez	2633	10,29
	Exceso de velocidad	3685	14,40
	Impericia/Imprudencia del conductor	13088	51,15
	Imprudencia de los involucrados no-conductores	1251	4,89
	Invasión de carril	1640	6,41
	Mal estacionado	35	0,14
	No respetar las señales de tránsito	856	3,35
	Otras causas	659	2,58
	Pasar el semáforo en rojo	425	1,66
	TOTAL	25588	100,00
AÑO 2011	Casos fortuitos	240	0,97
	Causas en proceso de investigación	232	0,94
	Daños mecánicos	400	1,62
	Embriaguez	2437	9,90
	Exceso de velocidad	3518	14,29
	Impericia/Imprudencia del conductor	11203	45,49
	Imprudencia de los involucrados no-conductores	2130	8,65
	Invasión de carril	2201	8,94
	Mal estacionado	52	0,21
	No respetar las señales de tránsito	1512	6,14
	Otras causas	699	2,84
	Pasar el semáforo en rojo	2	0,01
	TOTAL	24626	100,00

AÑO 2012	Casos fortuitos	183	0,77
	Causas en proceso de investigación	1303	5,47
	Daños mecánicos	656	2,75
	Embriaguez	2134	8,95
	Exceso de velocidad	1911	8,02
	Impericia/Imprudencia del conductor	11397	47,80
	Imprudencia de los involucrados no-conductores	1795	7,53
	Invasión de carril	1768	7,42
	Mal estacionado	46	0,19
	No respetar las señales de tránsito	1195	5,01
	Otras causas	1407	5,90
	Pasar el semáforo en rojo	47	0,20
	TOTAL	23842	100,00

Tabla 1.1 Accidentes por causas probables a nivel nacional del año 2010 al 2012.

Fuente: <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas>

Para establecer la implementación de los sistemas de seguridad activa en los vehículos del parque automotor de la ciudad de Cuenca se requiere realizar un muestreo estadístico, para esto es necesario conocer el número de vehículos. La Empresa Municipal de Movilidad EMOV se encarga de manejar todos los datos del parque automotor por medio de la revisión técnica vehicular, a la cual se sometieron el siguiente número de vehículos:

Tipo de vehículo	Cantidad
Híbridos	600
Livianos	121 312
Motocicletas	8427
Pesados	9850
Total general	140 189

Tabla 1.2 Cantidad por tipo de vehículo.

Fuente: EMOV, 28 de Octubre del 2013

Datos según la RTV (Revisión Técnica Vehicular) desde enero hasta diciembre del año 2012, donde se revisaron un total de 121 312 livianos y 600 híbridos, sumando estos grupos obtenemos una cantidad de 121 912 vehículos los cuales conforman la población o número de posibles encuestados. Al conocer la población se utiliza la formula siguiente:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{d^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Fórmula tomada de “*Muestreo estadístico: conceptos y problemas resueltos*” por Pérez López, C.

Dónde:

N = tamaño de la población

z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Para el muestreo se ha impuesto un nivel de confianza del 90%, al cual le corresponde una constante $z=1,65$; también se asume $p=0,5$ para maximizar el tamaño muestral, ya que se desconoce la proporción, de esta forma $q=1-p$ (en este caso $1-0,5=0,5$).

$$n = \frac{(1,65)^2 * 121\,912 * 0,5 * 0,5}{(0,1)^2 * (121\,912 - 1) + (1,65)^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 68$$

Dentro del número de vehículos considerados en la muestra se debe tomar en cuenta el porcentaje de presencia de cada fabricante y su año de fabricación, por eso se ha

considerado las diez marcas más populares, las cuales ocupan un 91% del parque automotor, y los porcentajes de acuerdo a las tres últimas décadas que representa aproximadamente el 93% del total, así:

TOTAL DEL PARQUE AUTOMOTOR = **121 912**

TAMAÑO DE LA MUESTRA = **68**

MARCA	Tipo de vehículo	Cantidad	Total	% presencia	% relativo	No. encuestados
Chevrolet	Híbridos	100				
	Livianos	51 995	52 095	42,73	46,96	32
Toyota	Híbridos	319				
	Livianos	10 847	11 166	9,16	10,06	7
Hyundai	Livianos	10 434	10 434	8,56	9,4	6
Suzuki	Livianos	7563	7563	6,2	6,82	5
Mazda	Livianos	7503	7503	6,15	6,76	5
Nissan	Livianos	6948	6948	5,7	6,26	4
Mitsubishi	Livianos	4865	4865	3,99	4,39	3
Ford	Híbridos	72				
	Livianos	4751	4823	3,96	4,35	3
Volkswagen	Híbridos	2				
	Livianos	3104	3106	2,55	2,8	2
Kia	Livianos	2438	2438	2	2,2	1
			110 941	91	100	68

Tabla 1.3 Conformación del parque automotor según las marcas populares.

AÑO DE FABRICACIÓN	No. Vehículos	% presencia
1983-1992	11 681	9,58
1993-2002	40 975	33,61
2003-2012	60 522	49,64
Total	113 178	92,84

Tabla 1.4 Conformación del parque automotor según su año de fabricación dentro de las últimas tres décadas.

MARCA	Modelo	Año	ABS	ASR	ESP
Chevrolet	LUV	1986	—	—	—
Chevrolet	SAN REMO	1991	—	—	—
Chevrolet	TROOPER 5P T/M A/C	1992	—	—	—
Toyota	STOUT	1992	—	—	—
Chevrolet	SWIFT	1993	—	—	—
Chevrolet	VITARA 5P STD T/M	1994	—	—	—
Suzuki	FORSA 1.0L T/M	1994	—	—	—
Chevrolet	VITARA 5P STD 4X4 T/M A/C	1995	—	—	—
Nissan	1200	1995	—	—	—
Chevrolet	FORSA 1.0L T/M	1996	—	—	—
Chevrolet	VITARA 5P 4X4 T/M A/C	1997	—	—	—
Chevrolet	RODEO 4X4 DLX T/M A/C 2.6L	1998	X	—	—
Chevrolet	FORSA 1.0L T/M	1998	—	—	—
Toyota	TERCEL	1998	—	—	—
Mitsubishi	LANCER	1998	X	—	—
Chevrolet	LUV C/S 4X2 T/M	1999	—	—	—
Mazda	B2200 CABINA SIMPLE	1999	—	—	—
Chevrolet	FORSA 3P 1.3L	2001	—	—	—
Chevrolet	GRAN VITARA 5P DLX T/M A/C	2001	X	—	—
Toyota	HILUX 4X4 CD	2001	—	—	—
Hyundai	ACCENT	2001	—	—	—
Chevrolet	GRAN VITARA 5P DLX T/M A/C	2002	X	—	—
Chevrolet	ESTEEM 4P STD 1.6L	2002	X	—	—
Hyundai	SANTA FE 4X4 A/T	2002	X	—	—
Mazda	626	2002	X	—	—
Chevrolet	SILVERADO 4X4 T/A	2003	X	—	—
Chevrolet	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 GLS	2003	—	—	—
Chevrolet	CORSA EVOLUTION 4P 1.8 STD	2004	—	—	—
Toyota	RAV4 4X2 5P T/M	2004	X	—	—
Hyundai	MATRIX T/M 1.6	2004	—	—	—
Chevrolet	OPTRA 1.8L T/M	2005	X	—	—
Chevrolet	LUV D-MAX C/D V6 4X4 T/M	2005	X	—	—
Nissan	FRONTIER AX DOBLE CABINA 4X4 2.4 M/T	2005	X	—	—
Ford	ECOSPORT XLT 4X2	2005	X	—	—
Chevrolet	CORSA EVOLUTION 5P 1.4 STD ACTIVE	2006	X	—	—
Chevrolet	OPTRA 1.8L T/M DESIGN	2006	X	—	—
Chevrolet	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	2006	X	X	—

Chevrolet	GRAND VITARA 5P 4X2 T/M DLX	2007	X	—	—
Chevrolet	CORSA EVOLUTION 5P 1.4 STD ACTIVE	2007	X	—	—
Toyota	YARIS NITRO 5P	2007	—	—	—
Mazda	CX7	2007	X	—	—
Chevrolet	GRAND VITARA 5P 4X2 T/M DLX	2008	X	—	—
Hyundai	TUCSON GL GAA 4X2 TM	2008	X	—	—
Suzuki	GRAND VITARA SZ 5P 4X4 2.7L TM	2008	X	—	—
Chevrolet	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	2009	X	—	—
Mazda	BT-50 CD 4X2 STD GAS 2.2	2009	X	—	—
Nissan	X-TRAIL CLASSIC 4X4 2.5 MT	2009	X	X	—
Mitsubishi	L200 2.5 TD 4WD DC	2009	X	—	—
Chevrolet	GRAND VITARA 2.0L 5P DLX T/M 4X2	2010	X	—	—
Suzuki	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X2	2010	X	—	—
Ford	F150 RC 4X4 4.6L F1EB	2010	X	X	—
Chevrolet	SILVERADO HIBRIDA 6.0L CD TA 4X4	2011	X	X	—
Chevrolet	AVEO ACTIVO 1.6L 4P STD	2011	X	—	—
Toyota	ETT HILUX 4X2 CD	2011	X	—	—
Hyundai	I10 5DR 1.1	2011	X	—	—
Suzuki	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X2	2011	X	X	—
Mazda	BT-50 CD 4X2 STD GAS 2.2 FL	2011	X	X	—
Mitsubishi	ASX 2.0 MT 2WD	2011	X	—	—
Volkswagen	AMAROK 4X4 BASICA	2011	X	—	—
Chevrolet	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	2012	—	—	—
Chevrolet	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	2012	X	—	—
Toyota	AA PRIUS C SPORT TA 1.5 5P 4X2	2012	X	X	—
Hyundai	TUCSON IX 4X2 2.0 TM STD	2012	X	X	—
Suzuki	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X2 FL	2012	X	X	—
Nissan	SENTRA 1.6 M/T	2012	X	X	—
Ford	EXPLORER XLT AWD	2012	X	X	X
Volkswagen	GOL HATCHBACK POWER	2012	X	—	—
Kia	SPORTAGE L	2012	X	X	—

Tabla 1.5 Vehículos encuestados ordenado por año de fabricación.

X: posee el dispositivo

—: no posee el dispositivo

Analizando las características de los vehículos que forman parte de la muestra, es notable que a pesar de que los sistemas de seguridad activa se han concebido hace muchos años, su uso se ha hecho fuerte recientemente, desde el año 2002 con el ABS, para luego fortalecerse en el año 2009 con la implementación del ASR y finalmente la aparición en los últimos años del ESP con complementos como el Asistente de frenado y el de Distribución de frenado, cabe resaltar que el ESP se va estableciendo pero a través de ciertas marcas prestigiosas que ofrecen automotores de costo elevado, es decir que el equipamiento en seguridad está marcando una tendencia que se acoge poco a poco y que el desarrollo de estos sistemas en el mercado es evidente debido a la renovación constante del parque automotor, lo cual puede ser beneficioso en el futuro, respecto a la disminución de accidentes; hay que destacar que la tendencia de utilización está disponible en la mayoría de modelos de la marca más popular con un porcentaje del 56,25% en las tres últimas décadas, pero que en la última década se han vuelto un dispositivo básico, ya que de los 43 vehículos los 38 están equipados, es decir el 88,4%, y 17 de estos 43 vehículos de la muestra son Chevrolet de los cuales solo 3 no tienen un dispositivo, lo que significa un 82,35% de vehículos equipados. Para mayor información sobre sugerencias y tendencias del parque automotor de la ciudad de Cuenca remitirse al Anexo 1.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE FRENADO Y ESTABILIDAD

El avance de la tecnología ha derivado en la creación del más moderno sistema de seguridad cual es el Programa Electrónico de Estabilidad (ESP) de Bosch; este ha revolucionado la seguridad activa por su efectividad; en realidad, es tan favorable que se ha sugerido implementarlo como obligatorio; pero vale recalcar que no hubiese sido posible llegar a ese nivel sin el desarrollo e importancia de sistemas como el ABS y ASR; de hecho se puede definir al sistema de estabilidad ESP como una evolución del sistema de frenado ABS.

Ha sido trascendental la aparición y aceptación de todos estos sistemas debido a los beneficios que ofrecen; en el caso de que se opte por la adquisición de un automotor que tenga implementado uno de estos sistemas, es necesario conocer su funcionamiento y los cuidados que se deben tener con los mismos.

2.1 Sistema antibloqueo de frenos ABS

2.1.1 Definición

La investigación en el campo de frenos llevó a la creación de sistemas con mejor rendimiento; la aparición del sistema de frenado ABS mejoró la seguridad activa del vehículo, ya que reduce el riesgo de accidentes mediante un óptimo proceso de frenado. Cuando se desarrolla un frenado de emergencia una o varias ruedas se bloquean, es decir, se provoca un derrape de los neumáticos, en consecuencia el vehículo se vuelve incontrolable, sobre todo en escenarios adversos como carreteras resbalosas, mojadas o polvorientas. El sistema ABS gracias a sus sensores reconoce la tendencia de bloqueo, evita el derrape, manteniendo o reduciendo la presión de frenado, así se logra evitar la pérdida de dirección y el automóvil puede ser maniobrable.

2.1.2 Misión

La responsabilidad de este sistema es ofrecer estabilidad en la conducción durante el frenado, incluso cuando la presión aumenta hasta el punto límite en el que se llegan a bloquear los neumáticos. El vehículo no perderá su dirigibilidad sin importar la mínima adherencia en los neumáticos; por lo tanto, al aprovechar al máximo la adherencia se podrá controlar y no prolongar la distancia de frenado.

Al sistema ABS se le exige ser un componente que ofrezca estabilidad y maniobrabilidad del vehículo, esto se logra evitando el bloqueo de las ruedas con la regulación de la presión de frenado y aprovechando al máximo la adherencia entre los neumáticos y la calzada. El sistema debe ser eficiente sin importar si la superficie de la calzada es desigual, es decir, que el frenado se debe desarrollar normalmente a pesar de que los neumáticos de un costado del vehículo estén sobre una superficie

resbalosa o la calzada tenga ondulaciones, y los otros se encuentren sobre una superficie plana y seca, esto puede provocar momentos de giro alrededor del eje vertical del vehículo, ya que la dinámica del neumático varía según las condiciones de trabajo. El sistema debe constar con un circuito que vigile su funcionamiento, así es capaz de informar al conductor si existe una anomalía por medio de una luz testigo en el tablero.

2.1.3 Componentes

El sistema ABS es un componente que actúa en conjunto con el frenado básico, su funcionamiento se basa en dispositivos electrónicos y electromecánicos como:

- Sensores de velocidad de giro de las ruedas
- Unidad electrónica de control
- Grupo hidráulico

Estos elementos adicionales necesitan de igual manera de los siguientes componentes mecánicos:

- Pedal de freno
- Servofreno
- Cilindro principal
- Cilindros de frenado de cada rueda
- Depósito de compensación
- Tuberías rígidas y flexibles

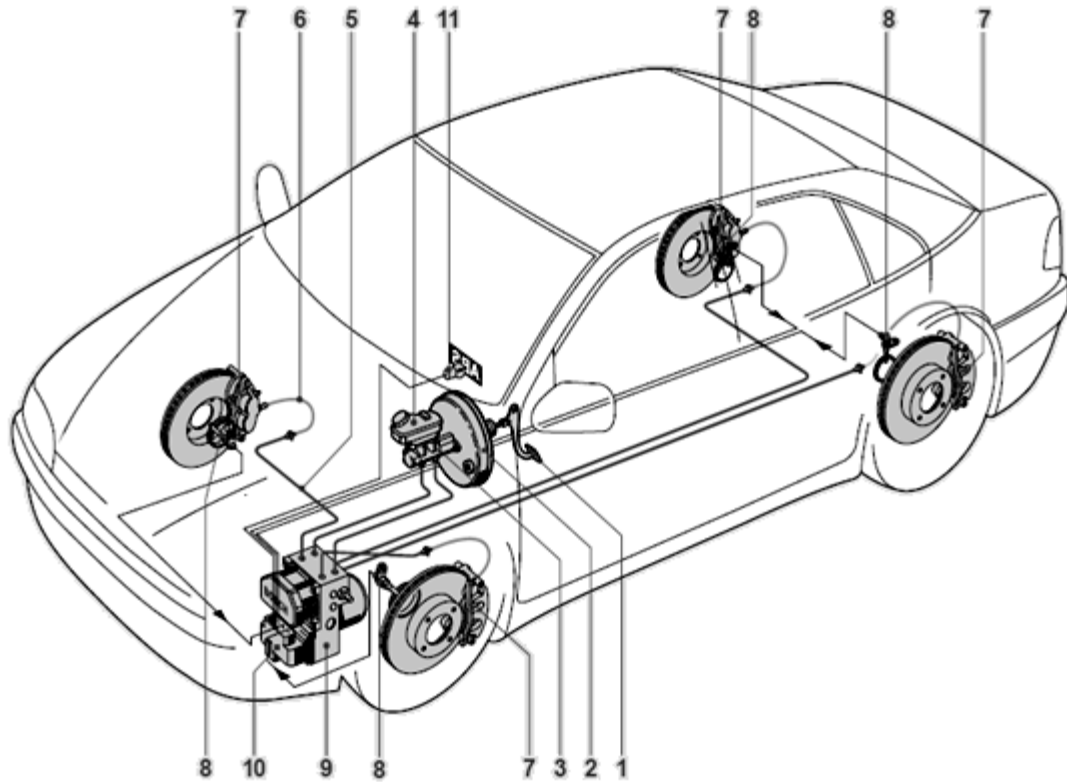


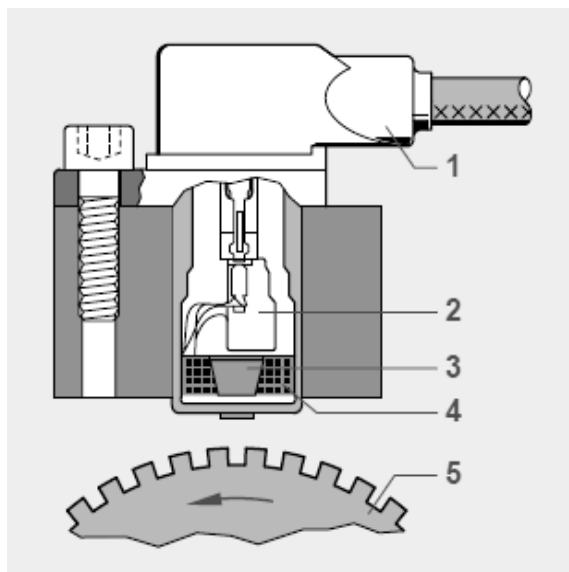
Figura 2.1 Componentes del sistema antibloqueo ABS.

Fuente: Sistemas para la estabilización del vehículo. Bosch, Robert.

1. Pedal de freno
2. Servofreno
3. Cilindro principal
4. Recipiente de compensación
5. Tubería rígida de freno
6. Tubería flexible de freno
7. Mordaza con cilindro de freno
8. Sensor de velocidad de giro de la rueda
9. Grupo hidráulico
10. Unidad de control
11. Lámpara testigo

2.1.3.1 Sensores de velocidad de giro de las ruedas

Se encargan de dar las señales de velocidad de giro de cada rueda, y por lo tanto la distancia recorrida; por medio de ellas la unidad de control reconoce si una rueda está a punto de bloqueo y lo impide, así se conserva el control del vehículo. Los sensores pueden ser de tipo inductivo o Hall. El primero posee un arrollamiento y un imán permanente, el campo del imán alcanza la corona dentada, al girar la corona se produce una variación en la tensión, la cual varía en frecuencia y amplitud según la velocidad de giro de la rueda.



1. Caja del sensor
2. Imán permanente
3. Núcleo de hierro dulce
4. Arrollamiento
5. Corona dentada

Figura 2.2 Sensor de velocidad de giro de la rueda de tipo inductivo.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

Al sensor de tipo Hall lo atraviesa una tensión de alimentación la cual varía al reaccionar con la corona multipolar que tiene integrados imanes dispuestos en la periferia de la misma y alternando su polaridad; este tipo de sensores han desplazado a los de tipo inductivo, ya que su peso es menor y produce señal sin importar que la velocidad de la rueda sea mínima.

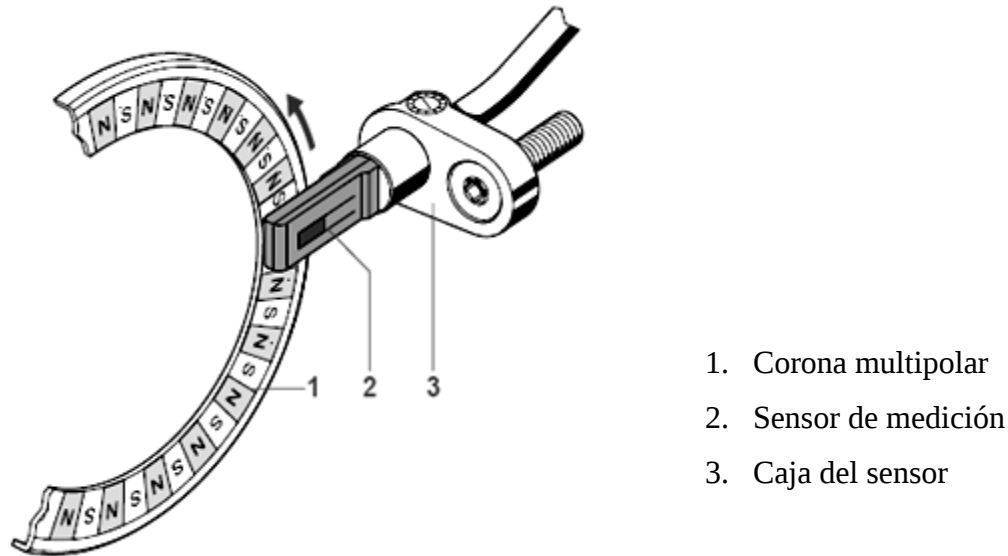


Figura 2.3 Sensor de velocidad de giro de la rueda de tipo Hall.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

2.1.3.2 Unidad de control

La intervención de la electrónica, sobre todo la digital, en el automóvil, vuelve factible la regulación y control con sistemas activos, puesto que las unidades electrónicas poseen programas de control en su memoria. La unidad electrónica se encarga de regenerar las señales de entrada provenientes de los sensores, sean analógicas, digitales o de pulsos, así el microcontrolador las puede procesar. En la fase de procesamiento se comporta como una unidad central de procesamiento (CPU o *Central Processing Unit*), es decir, la unidad comprende las señales como un *software* que se basa en la memoria ROM. La información recibida por el calculador abarca la velocidad de las ruedas, el contactor de la luz de freno y la autodiagnos o los resultados de control de funcionamiento del sistema.

Mediante las señales recibidas la unidad de control obtendrá información calculada como la velocidad aproximada del vehículo, desplazamiento o deslizamiento de los neumáticos, reconocimiento de las condiciones de rodaje, adherencia neumático-

calzada y aceleraciones o desaceleraciones de las ruedas. Por lo tanto, la unidad de control, tiene una memoria de lectura y una de almacenamiento con los valores obtenidos, después de realizar los respectivos cálculos lee los valores y los ejecuta como órdenes, interviniendo sobre la unidad hidráulica para que esta realice las correcciones necesarias.

2.1.3.3 Grupo hidráulico

El hidrogupo o grupo hidráulico es un conjunto de motor-bomba, en este bloque se encuentran integradas las electroválvulas que conectan al cilindro principal de frenado con los de freno de cada rueda, la bomba de recirculación y el acumulador de baja presión. El modo de operación del sistema hidráulico es el control de la presión de frenado mediante válvulas, estas actúan según las instrucciones recibidas de la unidad electrónica; actualmente, para cada cilindro de freno de rueda se utilizan dos válvulas, una de entrada para el incremento de presión y otra de salida para la disminución de presión, estas válvulas son de dos conexiones y dos posiciones, más conocidas como electroválvulas 2/2; previamente se utilizaba una sola válvula de tres conexiones y tres posiciones o electroválvulas 3/3.

Los sistemas ABS más utilizados emplean circuitos de tres y cuatro canales, estos han ido desplazando a los sistemas de dos canales, ya que ofrecen una mejor eficiencia en el frenado. Los sistemas de tres canales utilizan una válvula de entrada y una de salida para las ruedas delanteras, y una válvula de entrada y otra de salida para el eje trasero, en total se requieren seis válvulas. Al compartir válvulas en el eje trasero no se produce un control individual de las ruedas, sino que el frenado se realiza en las dos ruedas basándose en el principio de “*select low*”, es decir, que la rueda trasera con mayor deslizamiento impondrá la presión de frenado para el eje, de esta manera se evita la formación de momentos en el eje vertical del vehículo debido al frenado.

Los sistemas de cuatro canales manejan una válvula de entrada y otra de salida para todas las ruedas del vehículo; es decir, que se puede realizar una regulación de frenado individualmente; este sistema, de la misma manera que el sistema de tres canales, evita el origen de momentos en el eje vertical debido al frenado, ya que utiliza el principio de “*select low*” en el tren trasero. Las variantes posibles de un sistema ABS en el grupo hidráulico son aquellas que vuelven más competente al sistema, pero además del número de canales y sensores depende de la rapidez con que actúan las electroválvulas, si la rapidez de acción es mayor, pues más veces se actuará sobre los cilindros de frenado de las ruedas, así se mejora el coeficiente de adherencia. Actualmente se pueden conseguir hasta dieciséis pulsaciones por segundo.



Figura 2.4 Grupo hidráulico y unidad de control integrada.

Fuente: <http://www.bosch-tecnologíadelautomóvil.es>

2.1.4 Funcionamiento

El sistema ABS funciona en conjunto con el sistema básico de frenado; opera por medio de conductos con líquido de freno y elementos adicionales, que actúan sobre los elementos mecánicos valiéndose de una bomba y un grupo hidráulico, los cuales proceden según las órdenes dictadas por la unidad electrónica de control que se encarga de interpretar las señales provenientes desde los sensores. Al producirse una reducción repentina de las revoluciones de las ruedas se puede provocar un bloqueo de las mismas durante el proceso frenado, esto puede significar la pérdida de control del vehículo; para que esto no ocurra los sensores envían señales a la unidad de mando, a partir de lo cual la unidad de mando determina la velocidad referencial, compara con los valores de su memoria y establece la desaceleración ideal, esta será impuesta por la unidad hidráulica la cual reduce la presión de frenado por medio de las electroválvulas.

Después que la presión de frenado se reduce, las ruedas tienden a girar para permitir la adherencia de los neumáticos a la calzada y la posibilidad del conductor de actuar sobre la dirección del automóvil; hasta que este se detenga el sistema permitirá control y adherencia, debido a que emplea nuevamente una presión de frenado intensa y otra vez se controla la velocidad de las ruedas, así se repite reiteradamente este ciclo, permitiendo al conductor mantener el control sobre la trayectoria del vehículo y en consecuencia evitar accidentes.

La gestión realizada por los elementos adicionales es la modulación de presión de frenado gracias al vínculo del mando de la unidad electrónica de control y la acción del grupo hidráulico, dicha modulación se vuelve factible debido a la combinación electromecánica que brinda una electroválvula, ya que las válvulas se activan por su bobinado el cual recibe la corriente necesaria desde la unidad de control. El desarrollo de los elementos electromecánicos y una mejor configuración de los mismos han permitido una mayor eficiencia del sistema, debido a que los de una sola válvula han

sido desplazados por aquellos que poseen dos por rueda, puesto que la implementación de dos electroválvulas, una de entrada y otra de salida, permiten un mejor comportamiento del vehículo y su rendimiento de frenado.

Al producirse el frenado con el sistema ABS se originan tres diferentes estados durante la regulación de la presión de frenado:

- Formación y aumento de presión
- Mantenimiento de presión
- Reducción de presión

En la representación esquemática del grupo hidráulico (a) se puede conocer la ubicación de los componentes y las diferentes etapas de las electroválvulas. La primera etapa (b) es la formación de presión de frenado debido a la acción del conductor sobre el pedal de freno, la presión llega directamente desde el cilindro principal de frenado hasta el cilindro de frenado de cada rueda, ya que las válvulas de entrada se encuentran normalmente abiertas y la presión incrementa debido a que las válvulas de salida están normalmente cerradas, ninguna válvula actúa pues no reciben corriente desde la unidad electrónica de control.

El estado de mantenimiento de presión (c) se desarrolla gracias a la llegada de corriente hacia la válvula de entrada, esta se cierra debido a que se trata de una válvula normalmente abierta, mientras que la válvula de salida permanece cerrada. El instante en que una rueda se bloquea la unidad de control lo reconoce, ese momento la unidad envía corriente hacia la válvula de salida que se encuentra normalmente cerrada para que esta abra, así se consigue reducir la presión (d) dado que el volumen escapa hacia el acumulador para luego volver a ser utilizado por medio de la bomba de recirculación.

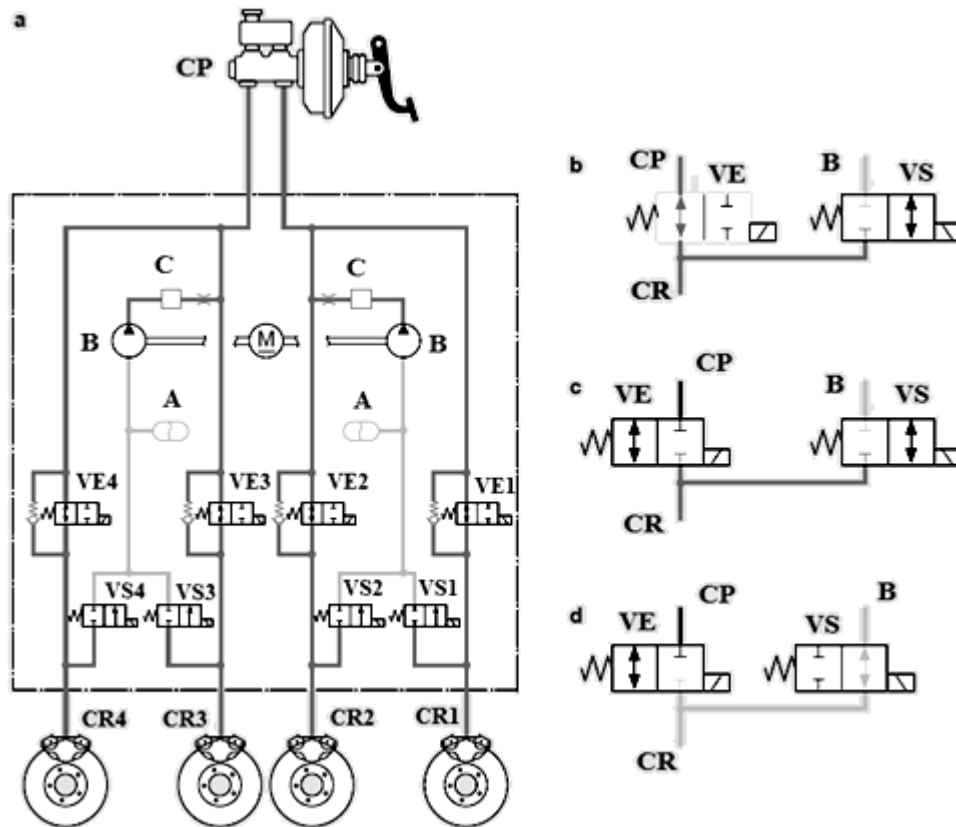


Figura 2.5 Esquema del grupo hidráulico.

Fuente: Sistema de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

- | | |
|---|-------------------------------|
| a. Representación esquemática del grupo hidráulico | CP Cilindro principal |
| b. Válvula de entrada y de salida en posición de “aumentar presión” | CR Cilindro de freno de rueda |
| c. Válvula de entrada y salida en posición de “mantener presión” | VE Válvula de entrada |
| d. Válvula de entrada y salida en posición de “reducir presión” | VS Válvula de salida |
| | B Bomba de recirculación |
| | M Motor de la bomba |
| | A Acumulador |
| | C Cámara amortiguadora |

2.1.5 Desarrollo

La evolución que ha conseguido el sistema ABS ha sido a lo largo de más de treinta años de investigación y del desarrollo de la propia tecnología, esencialmente en los campos de electrónica y electromecánica. La idea de este sistema de seguridad activa fue patentado por Bosch en 1936 pero no era posible su producción debido a la complejidad del sistema y la escasez de recursos, pero el adelanto de la electrónica digital incita a Bosch para que en el año de 1970 se pueda crear el sistema de frenado ABS, este no hizo su aparición en el mercado automotriz sino hasta el año de 1978 gracias a otra marca alemana como Mercedes-Benz que promovió la fabricación en serie debido a que implantó el sistema en su modelo Clase S.

La unidad electrónica funciona como un computador, se reciben datos y se calculan señales de salida por medio de la placa de circuitos impresos, la cual posee un microcontrolador, es fabricada según la precisión que se requiere. A pesar de la fabricación e implementación del sistema ABS, en el campo automotriz, se necesitó el progreso de la electrónica, debido a las exigencias a las que está sometido.

El sistema necesita que el componente electrónico sea capaz de reaccionar acorde al proceso físico en el que se pueda desenvolver el vehículo; es decir, que esté capacitado hacerlo en el menor tiempo posible; para esto su facultad de cálculo debe ser alta. También se exigen otros aspectos como una placa reducida en peso y espacio, para esto se utiliza componentes SMD (*Surface Mounted Devices*) que son pequeños y de montaje superficial; además del uso de componentes ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*) los cuales pueden realizar diversas funciones, asimismo la unidad debe tener procesos de cálculo paralelos para ofrecer una autodiagnos, esto brinda seguridad contra fallas y por último debe ser apta para trabajar sin inconvenientes bajo las diferentes influencias ambientales, soportando temperaturas extremas, sin que diferentes señales electromagnéticas causen interferencia, resistiendo vibraciones y humedad.

En cuanto a la electromecánica involucrada en el grupo hidráulico se notan mejoras a lo largo de los años, debido al perfeccionamiento en las técnicas de fabricación el desempeño del grupo es más confiable. El desarrollo en la tecnología pretende que la fabricación con exactitud de los elementos como el cuerpo del grupo y las electroválvulas brinde precisión, así este componente es capaz de reaccionar con la rapidez impresa por la electrónica digital de la unidad de control, garantizando la mínima probabilidad de falla gracias a nuevas técnicas de montaje y comprobación que avalan seguridad de funcionamiento, y por supuesto la notable reducción de volumen y peso.

2.1.5.1 Desarrollo de la unidad de control

La unidad electrónica de control, además de adaptarse a las condiciones de trabajo, también debe cumplir con el funcionamiento que se exige, es así que desde la aparición del sistema de frenado ABS estos dos son los aspectos que claramente han llegado a evolucionar en lo que respecta a la electrónica.

Según Bosch la primera versión del sistema ABS es la 2S, la cual posee una unidad de control relativamente compacta, tiene circuitos de alto grado de integración para su regulación digital, control y cálculo, y con su etapa de salida toma acción sobre las electroválvulas por medio de transistores de potencia. La unidad en su etapa de regulación trabaja paralelamente con dos circuitos de alta integración, cada circuito lo hace con dos ruedas, regula las frecuencias, realiza el control, opera según la lógica de las señales y transmite datos. En este caso la unidad se encuentra separada del grupo hidráulico y se ubica en el habitáculo, ya que su electrónica no es la apropiada para soportar exigencias como altas temperaturas y salpicaduras que se podrían dar cerca del motor.

La siguiente versión se trata de la 5.0, en la cual la unidad se puede montar por separado como adosada al grupo hidráulico. En este modelo se dejan atrás los

circuitos de alto grado de integración utilizados en la edición 2S y son reemplazados por dos microcontroladores, los mismos que trabajan de manera independiente controlándose mutuamente; uno de los microcontroladores posee la memoria de lectura EEPROM, el bloque de alimentación de las electroválvulas como de la bomba es independiente y con relés de seguridad, este bloque cumple la función “*Watchdog*”, que se basa en la alimentación estabilizada de los microcontroladores y también memoriza los defectos registrados.

Con las nuevas adaptaciones consecuentes a la evolución de la unidad de control 5.0, se obtuvieron sistemas como el ABS 5.3, ABS 5.7 y ABS 8, los cuales muestran unidades de control cada vez más pequeñas y resistentes a las condiciones de trabajo, ya que están adosadas al grupo hidráulico, todas muestran mejoras en común, componentes más resistentes a altas temperaturas, funciones de control y seguridad superiores, componentes con reducido consumo de potencia, integración de componentes de hardware y aplicación de sistemas de ordenador con posibilidades de software ampliadas.

2.1.5.2 Desarrollo del grupo hidráulico

El grupo hidráulico se encarga de ejecutar las órdenes de la unidad de control y lo realiza mediante las electroválvulas; debido a las exigencias un sistema ABS debe efectuar una regulación más rápida para un mejor control del vehículo, con esta necesidad de rapidez en la regulación era preciso la evolución de la electrónica digital, y con el paso del tiempo se ha logrado obtener unidades que median con eficacia los requerimientos adaptándose a las condiciones de trabajo; la unidad de control es capaz de efectuar varias regulaciones en muy poco tiempo, por eso se ha requerido el desarrollo del grupo hidráulico esencialmente de sus actuadores, los cuales deben cumplir con las expectativas de regulación que ejecuta la unidad de control.

Los componentes de los grupos hidráulicos utilizados en los sistemas de frenado ABS son los mismos para todas las versiones, constan de una bomba de recirculación, acumuladores, cámaras amortiguadoras y electroválvulas; la diferencia más notable en el desarrollo de los grupos hidráulicos se da en las electroválvulas, tanto en el tipo como en el número que se utiliza. El grupo hidráulico del modelo 2S es grande y pesado, llegando a más de seis kilogramos, utiliza cuatro electroválvulas 3/3, una para cada cilindro de rueda, son válvulas mecanizadas con mucha precisión, ya que la carrera del inducido es de 0,25 mm y ciertos elementos deben ofrecer una alta estanqueidad aun con presiones de 200 bares, a pesar de su calidad de fabricación su funcionamiento es relativamente lento y sus pulsaciones fluctúan entre ocho y doce por segundo.

Los sistemas de frenado ABS 5, en sus diferentes versiones, poseen un grupo hidráulico preparado para su montaje con la unidad electrónica adosada; el modelo ABS 5.0 llega a pesar 3,8 kilogramos; el ABS 5.3 y 5.7 tienen un grupo que pesa 2,6 kilogramos, una gran diferencia con el modelo 2S. Los componentes del grupo hidráulico son los mismos que los de la versión 2S, con excepción de las electroválvulas, que reemplazan las cuatro electroválvulas 3/3 utilizadas en la versión 2S, por ocho electroválvulas 2/2, manejando un par de válvulas para cada cilindro de rueda, una de entrada y otra de salida; dependiendo de la activación de cada una se pueden generar los tres estados de modulación de presión que ofrecen las electroválvulas 3/3. Estos grupos hidráulicos son más rápidos con pulsaciones de frenado de hasta dieciséis por segundo; además, mediante la modulación de impulsos de las electroválvulas 2/2 se logra una modificación de la presión en los cilindros para un mejor confort, reducción de ruidos y la reacción sobre el pedal.

El bloque hidráulico del sistema ABS alcanzó su punto más alto en cuanto a funcionamiento con el grupo del ABS 5, por lo tanto el desarrollo que se distingue en el grupo hidráulico ABS 8 y ABS 9 es la gran reducción de tamaño y peso, llegando a

pesar 1,3 kilogramos y 1,1 kilogramos respectivamente, además del beneficio de llevar la unidad electrónica adosada, de esta manera su montaje en el vehículo es fácil ocupando menos espacio, sin afectar al funcionamiento y con los avances a lo largo de los años se ha logrado obtener el mejor sistema ABS abaratando costos de fabricación.

Versión de ABS	Peso	Número de válvulas	Tipo de válvulas	Pulsaciones por segundo
2S	6,9 Kg.	4	3/3	8-12
5	3,8 Kg.	8	2/2	16
5.3	2,6 Kg.	8	2/2	16
5.7	2,6 Kg.	8	2/2	16
8	1,3 Kg.	8	2/2	16
9	1,1 Kg.	8	2/2	16-18

Tabla 2.1 Comparativa entre las diferentes versiones de grupos hidráulicos.

2.1.6 Diagnóstico y mantenimiento

2.1.6.1 Autodiagnóstico y diagnóstico

El sistema de frenado ABS posee la función de autodiagnóstico, capaz de ser cumplida por medio de su unidad electrónica de control sin ayuda de dispositivos externos; con esta tarea se verifican aspectos importantes como el funcionamiento de los componentes del sistema por medio de su instalación eléctrica, incluyendo a la unidad de control, tomar una decisión sobre la avería encontrada y finalmente el almacenamiento de estos códigos de avería en la memoria del calculador para un diagnóstico posterior; los códigos permanecerán almacenados en la memoria del calculador incluso si no tiene una tensión de alimentación.

El autodiagnóstico se inicia el momento de girar la llave y dar contacto de alimentación de tensión, este se basa en la comprobación del calculador, la alimentación de componentes y prueba de las interfaces, este proceso dura alrededor de dos a tres segundos aproximadamente y cuando esta concluye la lámpara testigo se apaga en caso de no presentarse ningún inconveniente, en tanto de que esta permanezca encendida quiere decir que se presentó una falla, el vehículo se puede mover pero el sistema de frenado ABS estará inactivo y es recomendable realizar un diagnóstico; sin embargo, la autodiagnos no termina con estas comprobaciones, ya que la unidad de mando realiza controles que son necesarios mientras el vehículo está en movimiento, y al rebasar ciertos límites de velocidad.

Cuando un código ha sido almacenado y la luz testigo permanece encendida se debe realizar un diagnóstico profundo del sistema, se pueden ejecutar dos procedimientos, un diagnóstico manual y otro con escáner. El diagnóstico manual se efectúa en vehículos fabricados hasta el año 1996, cuyos conectores no están normalizados, este es un proceso más complejo que con escáner y los pasos que se siguen son:

1. Localizar el módulo de control del ABS
2. Ubicar el conector de comunicaciones de datos
3. Puentear los pines (dependiendo del tipo de conector y fabricante del vehículo)
4. Alimentar eléctricamente al sistema con el giro de la llave a la posición *ON*
5. Lectura del código de avería según los destellos de la lámpara testigo de ABS
6. Comprobación de la lectura mediante la caja de bornes y el manual
7. Prueba del elemento involucrado con el defecto
8. Realizar reparación de ser necesario

Para este tipo de diagnóstico es necesario contar con un *software* que funciona como manual o una base de datos, en este se ingresa el modelo del vehículo y se adquiere la información para realizar el proceso, ya que es necesario conocer la posición del

conector, los pines que se deben puentear para la obtención de los códigos y el significado de cada uno, este tipo de apoyo es importante, debido a que cada marca fabricante de vehículos tendrá una diferente distribución de los componentes del sistema y significado de los códigos de avería. La lectura de los códigos no es complicada, se sigue la secuencia de un código de iniciación, otro de avería y por último uno de finalización, cada código se repite tres veces, es decir, el de iniciación aparecerá tres veces seguidas, luego el de avería y finalmente el de cierre.

El diagnóstico con escáner es más sencillo sin importar la marca o modelo, dado que todos manejan funciones similares; un buen escáner maneja las funciones: datos operacionales, diagnóstico, pruebas operacionales, borrado de códigos y actualizaciones. Es primordial preparar y configurar el escáner con el que se procederá a realizar el diagnóstico, aunque la mayoría de dispositivos maneja los mismos pasos. Se debe tener en cuenta de usar el cable correcto y de que exista una buena conexión entre el escáner, para este diagnóstico se debe proceder con estos pasos:

1. Ubicar el conector de comunicaciones de datos
2. Enlazar el escáner al conector de comunicaciones de datos
3. Encender el escáner
4. Alimentar eléctricamente al sistema con el giro de la llave a la posición *ON*
5. En el escáner elegir la opción de diagnóstico del sistema ABS y esperar hasta que se establezca una conexión
6. Emplear el resto de opciones para proseguir con el diagnóstico
7. Lectura del código de avería
8. Realizar pruebas operacionales mediante el escáner y comprobar elementos
9. Realizar reparación de ser necesario
10. Borrado del código de avería y verificación del borrado de la memoria de averías

Con el paso del tiempo la evolución automotriz se ha basado en la electrónica, y con el incremento del número de componentes electrónicos en el automóvil, el diagnóstico se ha vuelto indispensable. El desarrollo ha perfeccionado muchos sistemas del vehículo, en cuanto a su funcionamiento y sus componentes, uno de ellos es el sistema ABS, el avance no solo ha sido respecto al cumplimiento de los sistemas, sino también se ha propuesto una mejor vía para realizar el diagnóstico del vehículo en general. La intención de garantizar la efectividad en componentes basados en la electrónica incluye a los sistemas de seguridad activa y sus próximos despliegues; por eso, la marca alemana Bosch ha desarrollado un equipo de diagnóstico conformado por un escáner y un *software*, el aparato de diagnóstico KTS junto con el programa ESI[tronic] realizan un diagnóstico de todas las unidades de mando electrónicas, comparan sus valores con valores teóricos, realizan comprobaciones y garantizan reparaciones de calidad, a través de una conexión establecida entre el computador, donde se ha instalado el ESI[tronic], y la unidad de control del ABS, usando al KTS como interfaz.

Por la delicadeza de este tipo de sistemas, debido a la electrónica complicada de la unidad de control y los componentes del grupo hidráulico, se deben tomar las siguientes precauciones durante el diagnóstico:

- El vehículo debe estar parado
- Correcta tensión de la batería
- Cables de la batería ajustados correctamente a la misma
- Si se requiere trabajar sobre los pines del conector, desconectarlo suavemente

2.1.6.2 Mantenimiento y verificaciones

El mantenimiento que se recomienda para el sistema de frenado ABS es el mismo que se haría en uno de frenos convencional, se basa en una revisión completa del mismo una vez al año o cada 20.000 kilómetros, de ella dependerá la seguridad del vehículo, por eso su importancia. La revisión consta del control de los forros de freno, discos y

tambores de freno, además de la inspección de los elementos hidráulicos: cilindro principal, cilindro de freno de rueda, tuberías, nivel del líquido de freno y su estado. El mal funcionamiento del sistema y las reparaciones serán las mismas que se producen en un circuito normal de frenado, adicionalmente se dan averías en el grupo hidráulico, la unidad de control y en los sensores.

El grupo hidráulico está compuesto solamente de un bloque de electroválvulas, por lo tanto estos elementos son los únicos que sufren daños, las electroválvulas no se reparan, solo son sustituidas en caso de fallo. La unidad de control por su complejidad y composición de microprocesadores no permite reparación. Los sensores tampoco admiten reparación, son sustituidos en caso de estar estropeados, ya que no es conveniente una entrega de señales erróneas a la unidad de control.

Para cumplir las verificaciones del sistema se hace el uso de un multímetro y un osciloscopio, o diagnóstico como el KTS, el cual hace la revisión de los sensores según la memoria de fallas. En el caso de emplear el multímetro y el osciloscopio se realizan las siguientes pruebas:

- Alimentación de la unidad de control
- Continuidad del cableado de los sensores
- Resistencia interna de los sensores
- Forma de onda entregada por los sensores
- Señal del interruptor del pedal de freno

Si no se realiza las verificaciones con el equipo KTS es recomendable contar con un *software* de ayuda para agilizar el proceso; con programas como el Autodata, Tolerance Data, etc. se reconoce rápidamente la conexión eléctrica y los pines de la unidad de control que corresponden a cada sensor o actuador. Otra de las comprobaciones a realizar es, con una galga de espesores medir la distancia entre el

sensor de velocidad de la rueda y la rueda dentada, esta debe estar comprendida entre 0,8 y 1,5 milímetros, según el modelo de ABS.

Las precauciones que se deben tener presentes al realizar el mantenimiento son:

- Cambiar el líquido de frenos una vez al año
- Utilizar líquido de frenos DOT 3 ó DOT 4 hechos a base de glicol, o uno semejante libre de silicón
- Evitar derramar el líquido de frenos sobre conexiones eléctricas o la pintura del automóvil
- Revisar el nivel del líquido de frenos periódicamente y mantenerlo entre los límites
- No utilizar tuberías, racores u otras partes que no son propias del sistema al momento de hacer un reemplazo, puede causar problemas en el funcionamiento
- Lubricar las piezas de hule con líquido de frenos limpio para facilitar su montaje
- En caso de desconectar una tubería o trabajar sobre la unidad electrónica, es fundamental realizar un purgado del circuito
- Examinar las conexiones y el cableado
- No desconectar la batería con el vehículo en funcionamiento
- No cambiar el diámetro de los neumáticos

2.2 Sistema de regulación de deslizamiento de aceleración ASR

2.2.1 Definición

El sistema de regulación de deslizamiento de aceleración ASR (*Anti-Slip Regulation*), similar al conocido como TCS (*Traction Control System*), EDS (*Electronic Differential Slippery*), etc., dependiendo del fabricante, fue elaborado con el afán de mejorar la seguridad activa, ya que no solo se pueden presentar situaciones críticas

durante el manejo al momento de realizar el frenado, sino también durante la aceleración o los arranques, es decir; en todos los casos en los que se maneje la transmisión de fuerzas longitudinales a la calzada. Este sistema evita la pérdida de maniobrabilidad debido a la falta de adherencia, sobre todo la que se presenta en superficies resbaladizas o pendientes. El sistema ASR hace uso de los sensores de velocidad del ABS, en el caso de que la aceleración de una de las ruedas sea demasiada como para hacerla patinar el sistema actuara sobre el par entregado del motor, reduciéndolo con el fin de recuperar la adherencia entre la carretera y el neumático.

2.2.2 Misión

El sistema ASR se encarga de mantener la estabilidad y maniobrabilidad al igual que el ABS, mientras el sistema de frenado antibloqueo impide el derrape de las ruedas reduciendo la presión de frenado, el sistema de regulación de deslizamiento evita el patinado en caso de propulsión, y ya que el ASR hace uso de los componentes del ABS se deduce que se trata de una evolución o ampliación del sistema de frenado.

Con el uso de los sensores del sistema de frenado ABS se determina la velocidad de las ruedas, si una de las ruedas del tren de tracción gira a mayor velocidad de la que debería la unidad electrónica interviene actuando con la gestión del motor o la presión de frenado, esto depende, se recurre a diferentes tipos de gestión ya sea para vehículos con un eje propulsor o de tracción total. Este sistema no sería necesario si es que el conductor podría actuar sobre el pedal con mucha precisión, pero en el caso de motores potentes se requiere esta ayuda, así no se exige demasiado al conductor ni se provocan reacciones incorrectas que podrían terminar en la pérdida de control del vehículo y por lo tanto un accidente.

2.2.3 Componentes

El sistema ASR al ser un adelanto que parte del sistema ABS se vale de todos los componentes que este posee, además de hacer uso de los componentes mecánicos ya involucrados en el frenado. El sistema se basa en la intervención sobre estos elementos:

- Grupo hidráulico (véase el punto 2.1.3.3)
- Válvula de mariposa
- Sistema de encendido
- Sistema de inyección

Por medio de los datos y gestión de:

- Sensores de velocidad de giro de las ruedas (véase el punto 2.1.3.1)
- Acelerador electrónico
- Unidad de control con funcionalidad ASR (véase el punto 2.1.3.2)

El desarrollo de elementos como la unidad de control y el grupo hidráulico para el ASR es necesario, a comparación del sistema ABS el único componente adicional es el acelerador electrónico. La necesidad de implementar un acelerador electrónico surge porque la unidad de mando del sistema ABS/ASR requiere conocer cuándo actuar con el sistema de frenado o el de tracción, pero principalmente la intensidad y rapidez de la gestión que se debe realizar en el motor en comparación con la velocidad de las ruedas y la intención del conductor el momento que actúa sobre el pedal de freno o el acelerador.

2.2.3.1 Acelerador electrónico

Este dispositivo suprime toda conexión mecánica entre el pedal y la válvula de mariposa, ya que utilizando un potenciómetro se provee de una señal a la unidad electrónica del motor, la cual será mayor o menor según el accionamiento sobre el

pedal; por lo tanto, la apertura de la válvula de mariposa será proporcional a la intensidad de la señal recibida por la unidad, determinando el comportamiento del motor. La implementación de este componente permite una alimentación más precisa del motor, aceleraciones suaves y menor contaminación; en cuanto al aporte que brinda al sistema ASR es el simple pero valioso dato de la intención del conductor, si se acciona el acelerador permite al sistema realizar su función de control de tracción.

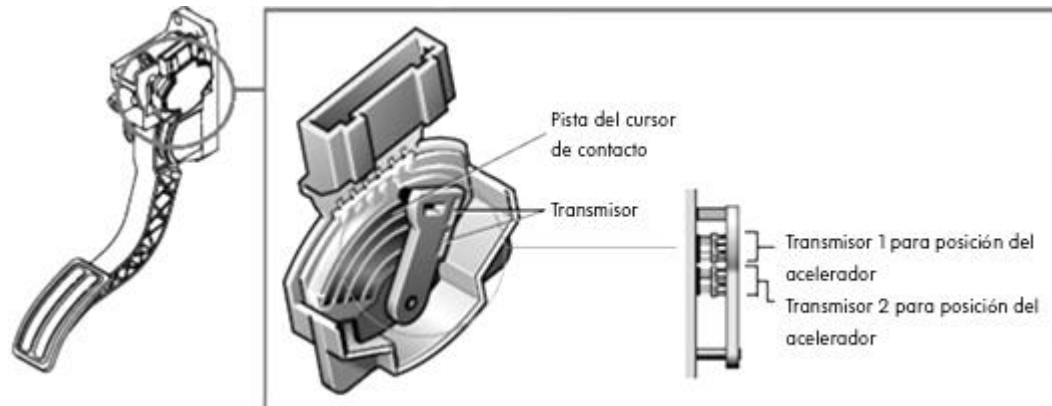


Figura 2.6 Acelerador electrónico.

Fuente: <http://guparacing.com.ar/el-modulo-pedal-acelerador/>

2.2.4 Funcionamiento

Para el sistema ABS así como para el ASR la lectura de los sensores de velocidad de giro de las ruedas es fundamental y dependiendo de los valores obtenidos se realiza el cálculo y la corrección. El sistema ASR se encarga de regular el deslizamiento omitiendo el patinaje cuando este haya rebasado un umbral, puesto que dentro de cualquier condición de manejo se puede producir un patinaje normal llamado deslizamiento nominal, el cual se obtiene del cálculo de las condiciones en las que se esté conduciendo, según la resistencia a la marcha, la fricción aprovechada y la curva característica del deslizamiento nominal para el sistema ASR o el requerimiento de deslizamiento al acelerar.

En el caso de un vehículo con un solo eje de propulsión el par entregado por el motor se transmite a las ruedas en una relación de 50/50, si se logra transmitir totalmente el par del motor a la calzada, el vehículo arranca sin inconvenientes, pero si el par excede en una de las ruedas, es debido a las condiciones de la carretera, provocando que una de las ruedas propulsadas patine, volviendo inestable al automóvil. Si es que la velocidad de una o de las dos ruedas del eje de tracción es mayor a la velocidad de las ruedas del otro eje se deduce que existe deslizamiento, por lo tanto la unidad de mando interviene y realiza las regulaciones necesarias por medio de sus actuadores.

El sistema ASR permite realizar dos tipos de regulaciones para evitar el patinado de las ruedas: por medio de intervenciones de frenada en el eje de tracción, o regulaciones del motor, las intervenciones que se realizan en él son con el objetivo de reducir la velocidad del cardán o el par entregado, y se procede sobre:

- La válvula de mariposa
- El sistema de encendido (ajustando el ángulo de encendido)
- El sistema de inyección (suprimiendo impulsos de inyección)

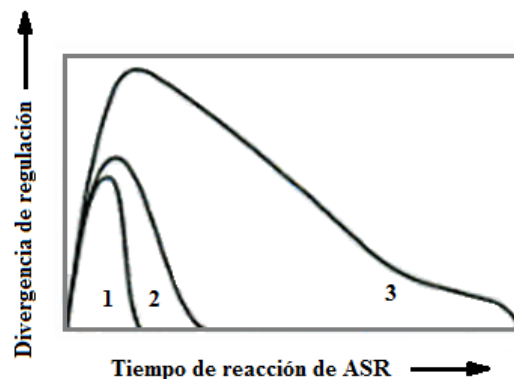


Figura 2.7 Tiempo de reacción de las intervenciones de ASR.

Fuente: Sistemas para la estabilización del vehículo. Bosch, Robert.

1. Intervención en la válvula de mariposa/en el freno de rueda
2. Intervención en la válvula de mariposa/en el encendido
3. Intervención en la válvula de mariposa

Las intervenciones ejecutadas en el encendido y la inyección son relativamente rápidas, en el caso de los motores Diesel se regula la cantidad de combustible inyectado.

Las regulaciones sobre el motor influyen en el par entregado, también se interviene mediante frenadas simétricas (en las dos ruedas del eje de tracción), de esta manera se cumple el objetivo de reducir la velocidad del cardán; mediante intervenciones de frenadas asimétricas (en una de las ruedas de tracción) se regula la velocidad de diferencia entre una rueda y otra, esta intervención la realiza el regulador de bloqueo transversal ubicado en el diferencial, frenando una sola rueda para producir un equilibrio de repartición de par, es decir, se provoca el mismo efecto del bloqueo del diferencial; con estas dos formas de gestión se conforma el sistema ASR.

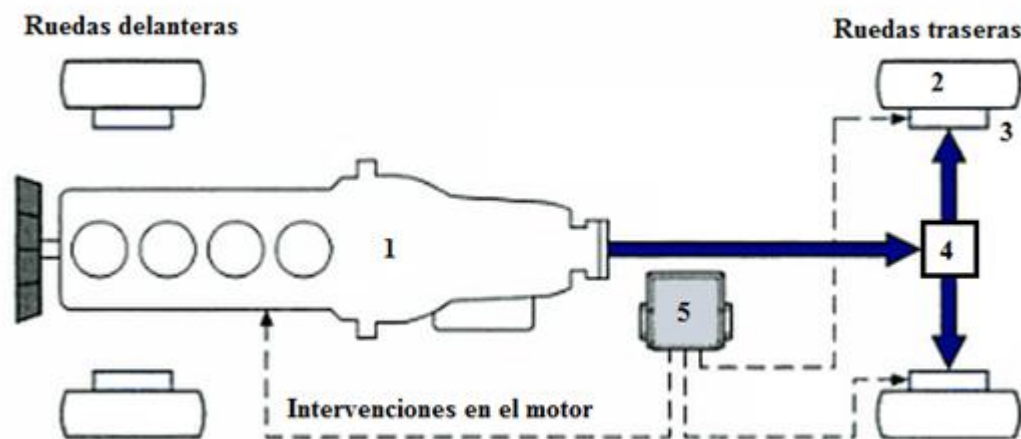


Figura 2.8 Regulación ASR en un vehículo de tracción trasera.

Fuente: Sistemas para la estabilización del vehículo. Bosch, Robert.

1. Motor
2. Rueda
3. Freno de rueda
4. Diferencial transversal
5. Unidad de mando con funcionalidad ASR

Cuando se trata de un vehículo con tracción en las cuatro ruedas se maneja el mismo concepto de regulación, empleando intervenciones hacia el motor para la reducción de par, al igual que la intervención de bloqueo de diferenciales, como lo realiza el regulador de bloqueo longitudinal el cual reparte el par del motor a los ejes delantero y trasero mediante el diferencial longitudinal, y los reguladores de bloqueo transversal, usando uno en cada eje y permitiendo la dosificación del par para cada rueda según la velocidad de diferencia en cada eje. Los bloqueos de diferencial no requieren un hardware adicional y los puede manejar el *software* ASR, así se convierte en un sistema económico, además tiene la ventaja de que no se necesita influir sobre el sistema de frenado para no recalentarlos.

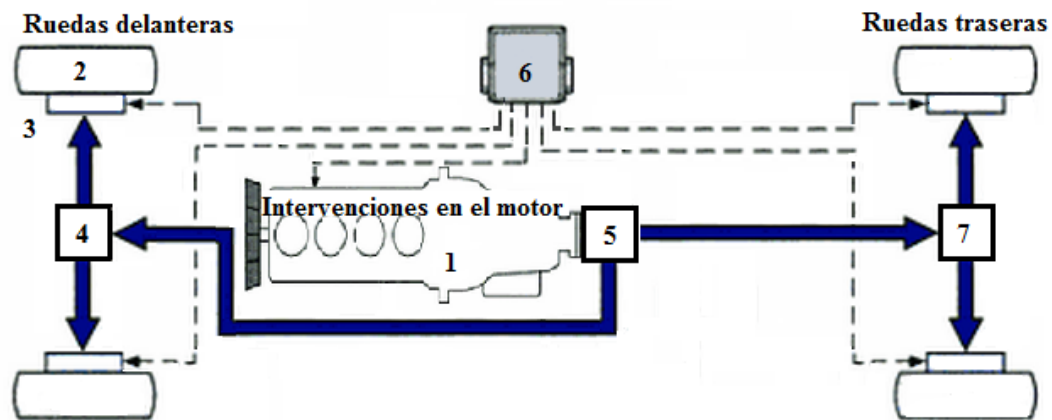


Figura 2.9 Regulación ASR en un vehículo con tracción total.

Fuente: Sistemas para la estabilización del vehículo. Bosch, Robert.

1. Motor
2. Rueda
3. Freno de rueda
4. Diferencial transversal delantero
5. Diferencial longitudinal
6. Unidad de mando con funcionalidad ASR
7. Diferencial transversal trasero

2.2.5 Desarrollo

El adelanto del ABS permite a las marcas fabricantes de vehículos ampliar la seguridad del automóvil, ya que de esta evolución se produce el nacimiento de diferentes sistemas de seguridad activa, con el propósito de eliminar ciertos problemas que surgen durante la marcha del vehículo, como el resbalamiento o pérdida de adherencia de las ruedas, por eso se creó el sistema ASR, para evitar la pérdida de tracción de los neumáticos. El sistema de regulación de resbalamiento en la tracción ASR se fabrica en serie en el año de 1987 por la firma alemana Bosch y al igual que el sistema ABS es incorporado en vehículos por la marca Mercedes-Benz. El ASR más conocido como una ampliación del ABS es el precursor de los sistemas modernos de tracción y estabilidad, basándose en principios de funcionamiento de componentes mecánicos y la ayuda de algunos otros.

Este sistema progresa partiendo del funcionamiento que ofrece el diferencial de bloqueo mecánico, componente encargado de evitar que una rueda gire libre respecto a la otra; es decir, distribuye el par por igual permitiendo al vehículo tener una tracción en las dos ruedas de un mismo eje cuando sea necesario, una tracción constante de este tipo de cierta forma es desfavorable, debido a que en una curva se fomenta el sobreviraje en el caso de un vehículo de tracción trasera; además de tener otras desventajas como desgaste de los neumáticos y el sistema mecánico propulsor. La próxima etapa evolutiva se produce con la introducción del diferencial autoblocante o LSD (*Limited-slip Differential*) y de tipo Torsen, el cual se activa automáticamente mediante el torque recibido por un conjunto de engranajes helicoidales; este componente permite que la rueda con menor adherencia reciba parte del par, si bien de forma reducida, pero así entregando par a las dos ruedas, suficiente ayuda para sortear ciertos obstáculos sin la necesidad de activarlo mecánicamente, complementándose con el ABS/ASR.

Al ser el sistema de regulación de deslizamiento un crecimiento del sistema de frenado ABS se puede deducir que la evolución en el uno será la misma del otro, debido a que comparten elementos, los sensores de velocidad no varían, la unidad de mando es la misma pero con una variación en su *software* con respecto a su funcionalidad y por último el grupo hidráulico al que solo lo diferencian el número de electroválvulas utilizadas; por lo tanto, se puede decir que son pocos complementos y variaciones, ya que el sistema ASR solo es aplicado en las versiones 5.3 y 5.7. Con la capacidad del grupo hidráulico para operar componentes mecánicos y sobre todo la ayuda proporcionada por los sensores de velocidad, se hizo sencilla la adaptación del sistema ASR, en especial con la intervención electrónica que permite la introducción de un bloqueo diferencial regulable electrónicamente y la comunicación entre la unidad de mando ABS/ASR y la unidad de mando del motor, desplegando de esta manera la gestión de intervención hacia el motor y las regulaciones de frenado en caso de vehículos con un eje propulsor y las intervenciones de frenado y diferencial en el caso de vehículos con tracción total.

2.2.5.1 Desarrollo de la unidad de control

En el caso de la marca Bosch, la unidad de control ASR es la misma que la del sistema ABS, esta disposición es común ya que los dos tienen una estrecha relación por los elementos que operan, sin embargo, cada fabricante puede tener diferentes exigencias; en el caso de utilizar la misma unidad de mando electrónico es necesario adaptar las funciones de regulación de deslizamiento en el *software* de la unidad. El sistema actúa en base a las señales de los sensores de velocidad, ya que la frecuencia de la señal es proporcional a la velocidad de las ruedas; además de la señal de posición del pedal acelerador y de las señales ya manejadas por el sistema ABS, de esta forma se obtienen dos funciones en un solo sistema gracias al intercambio de información. La unidad de control del ABS se encargaba exclusivamente del manejo del grupo hidráulico, en cambio la unidad de control ampliada también se encarga de controlar el par entregado por el motor y un bloque de electroválvulas adicionales.

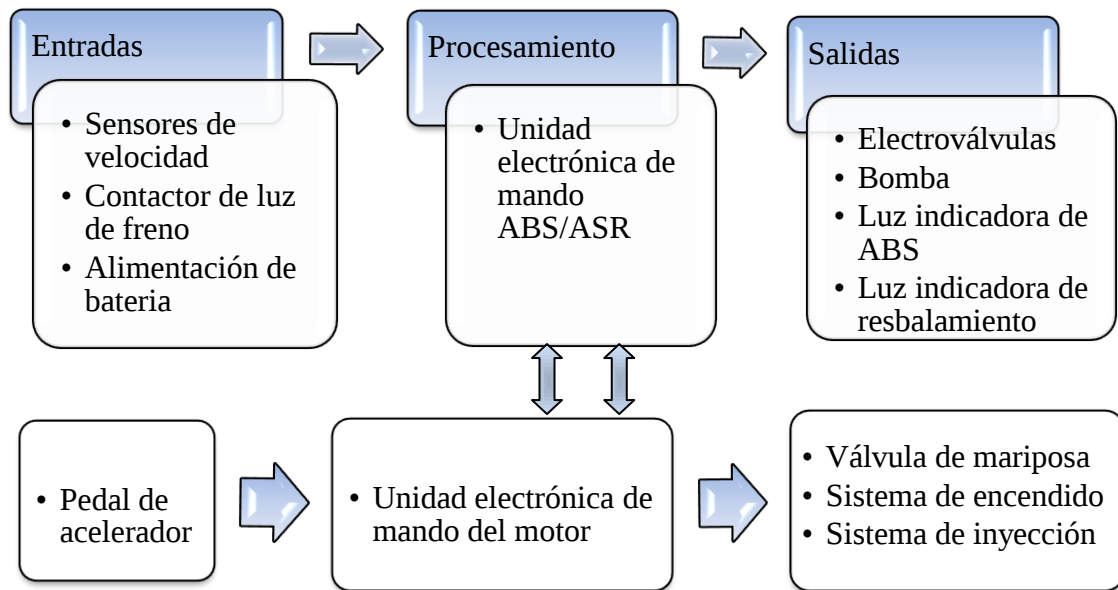


Figura 2.10 Diagrama de procesamiento del sistema ASR.

2.2.5.2 Desarrollo del grupo hidráulico

El sistema ASR hace su aparición y se adapta desde la versión Bosch 5.3 en adelante; el grupo hidráulico es prácticamente el mismo que utiliza el sistema ABS, tiene las mismas características constructivas y de funcionamiento, solo se diferencia por un bloque agregado de electroválvulas, es decir, el grupo se encarga de recibir las órdenes desde la unidad de control y las desarrolla a través de las electroválvulas, distribuyendo presión de frenado a los cilindros de rueda, pero en el caso del sistema ASR se debe generar la presión de frenado ya que no se ejerce fuerza sobre el pedal de freno, ahí es donde intervienen estas electroválvulas adicionales, con el fin de redirigir la presión a los elementos de frenado y no a la bomba como lo haría el sistema ABS.

En el caso del sistema ABS el número de electroválvulas es fijo; en cuanto al sistema ASR la distribución de los circuitos de freno define el número de electroválvulas adicionales necesarias, las distribuciones que se han impuesto son la II (distribución

eje delantero/eje trasero: un circuito para el eje delantero y otro para el eje trasero) y la X (distribución diagonal: cada circuito actúa en una rueda delantera y otra trasera diagonalmente opuestas), en el circuito de frenado II se dispone suplementariamente de una válvula de conmutación y otra de aspiración para obtener un grupo hidráulico de diez válvulas, y en el circuito de frenado X se necesitan una válvula de conmutación y otra de aspiración para cada circuito dando un total de doce válvulas.

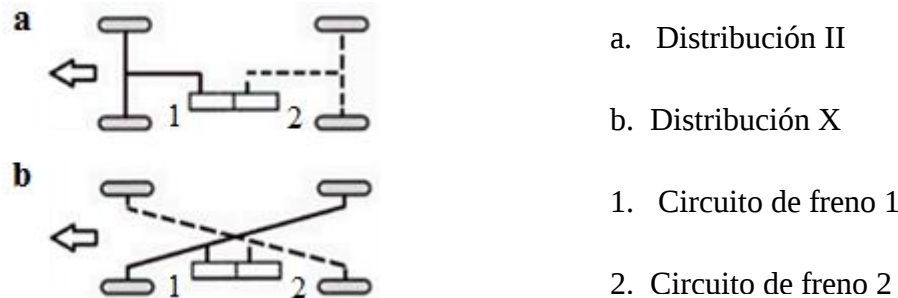


Figura 2.11 Distribución de los circuitos de freno.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

2.2.6 Diagnóstico y mantenimiento

El ASR es una función adicional de la ampliación del sistema de frenado ABS; es decir, que este posee la misma autodiagnos realizada por la unidad de control, de manera que los fallos son detectados y guardados en la memoria de averías, igualmente cuando el sistema no trabaja de forma adecuada se enciende la luz testigo de ABS y así prevenir al conductor de que es necesaria una revisión. Para proceder con el diagnóstico se deben realizar los mismos pasos y tomar idénticas precauciones (véase el punto 2.1.6.1). Respecto al mantenimiento y verificaciones, no se halla dificultad, pues son los que se utilizan en el ABS o a un sistema de frenado convencional (véase el punto 2.1.6.2). La atención adicional que se debe tomar en cuenta, es el acelerador electrónico, o cuando se hace el uso de diferenciales bloqueables, aunque no se trate de elementos propios del ASR, se hace uso de ellos, por eso su cuidado es fundamental.

2.3 Sistema de control de estabilidad ESP

2.3.1 Definición

El control de estabilidad ESP (*Electronic Stability Program*), también conocido como programa electrónico de estabilidad o control dinámico de estabilidad e identificado por las siglas ESC, VSC, VDC, DSC, etc., las cuales dependen del fabricante del vehículo, pero sus componentes y funcionamiento son idénticos. Este programa basa su funcionamiento en la gestión electrónica, mejorando la estabilidad con la reducción de la pérdida de tracción. Un gran número de accidentes ocurren por la impericia del conductor o reacciones incorrectas ante situaciones de marcha repentinas, como obstáculos o velocidad excesiva al tomar una curva, estos escenarios exigen mucho al conductor, por lo tanto la ayuda del ESP es dirigir al vehículo en la carretera según la intención del chofer. Este sistema de seguridad activa realiza frenados individuales con la intención de contrarrestar el subviraje y sobreviraje; cabe aclarar que este sistema no mejora el comportamiento del vehículo en las curvas, sino que minimiza la pérdida de control; algunos fabricantes pueden incluir el control sobre el motor para acelerar ciertas ruedas propulsadas o reduciendo el par entregado por motor hasta recuperar el control del automóvil.

2.3.2 Misión

La tarea de este sistema es evitar la pérdida de control del vehículo por el resbalamiento y evitar así un posible accidente; se muestra muy eficaz afrontando el resbalamiento durante la marcha ya que interviene en el sistema de frenos y el mecanismo de transmisión, gracias a las funcionalidades integradas con los sistemas ABS y ASR. El programa de estabilidad garantiza una buena maniobrabilidad en cualquier régimen del motor, incluso en la zona límite debido a reacciones extremas, también un mayor aprovechamiento del potencial de arrastre de fuerza, es decir, regulación del par de arrastre del motor pudiendo aumentar el número de

revoluciones ante frenadas bruscas, logrando un incremento de la tracción y por lo tanto reducción en la distancia de frenado.

2.3.3 Componentes

El sistema de control de estabilidad ESP está compuesto por varios subsistemas, es decir que se vale de los elementos que controlan estos para combinar sus diferentes maneras de gestión y funcionamiento, así se llega a componer uno mayor o suprasistema capaz de realizar una función más compleja. Los subsistemas de mayor influencia en el programa de estabilidad son el sistema de frenado ABS y el regulador de deslizamiento ASR, además como extensión se puede hacer uso de funciones como la asistencia de frenado BA (*Brake Assistance*) y la distribución electrónica de la presión de frenado EBV (*Electronic Brakeforce Variable*).

Las funciones como la BA y la EBV no requieren componentes; además, posee un sistema ABS; pero, para una distribución ideal del frenado se requiere modificar las válvulas y el *software*. Estas funciones son sencillas, la BA consiste en intensificar la presión de frenado según la fuerza que se ejerce sobre el pedal, ya que frente a una emergencia el conductor actuará de diferente manera, y la función EBV es distribuir la presión de frenado entre el eje trasero y el delantero, según las diferencias de deslizamiento.

El sistema de control de estabilidad es el último desarrollo del conjunto ABS/ASR, por lo tanto hace uso de sus sensores, pero necesita de la adición de otros que proveen información fundamental para el sistema, como son:

- Sensor de convolución o viraje
- Sensor de aceleración transversal
- Sensor de ángulo del volante
- Sensor de presión previa de frenado

Estos sensores marcan la diferencia debido a la valiosa información entregada a la unidad de control, pero son los precursores de la eficacia del sistema de control de estabilidad. Al igual que los sistemas ABS y ASR hace el uso de elementos que indican la velocidad de las ruedas e interviene en componentes de frenado como del motor, además de realizar un cálculo constante del comportamiento del vehículo y según eso elaborar la gestión de corrección necesaria con dispositivos como:

- Grupo hidráulico
- Válvula de mariposa
- Sistema de encendido
- Sistema de inyección

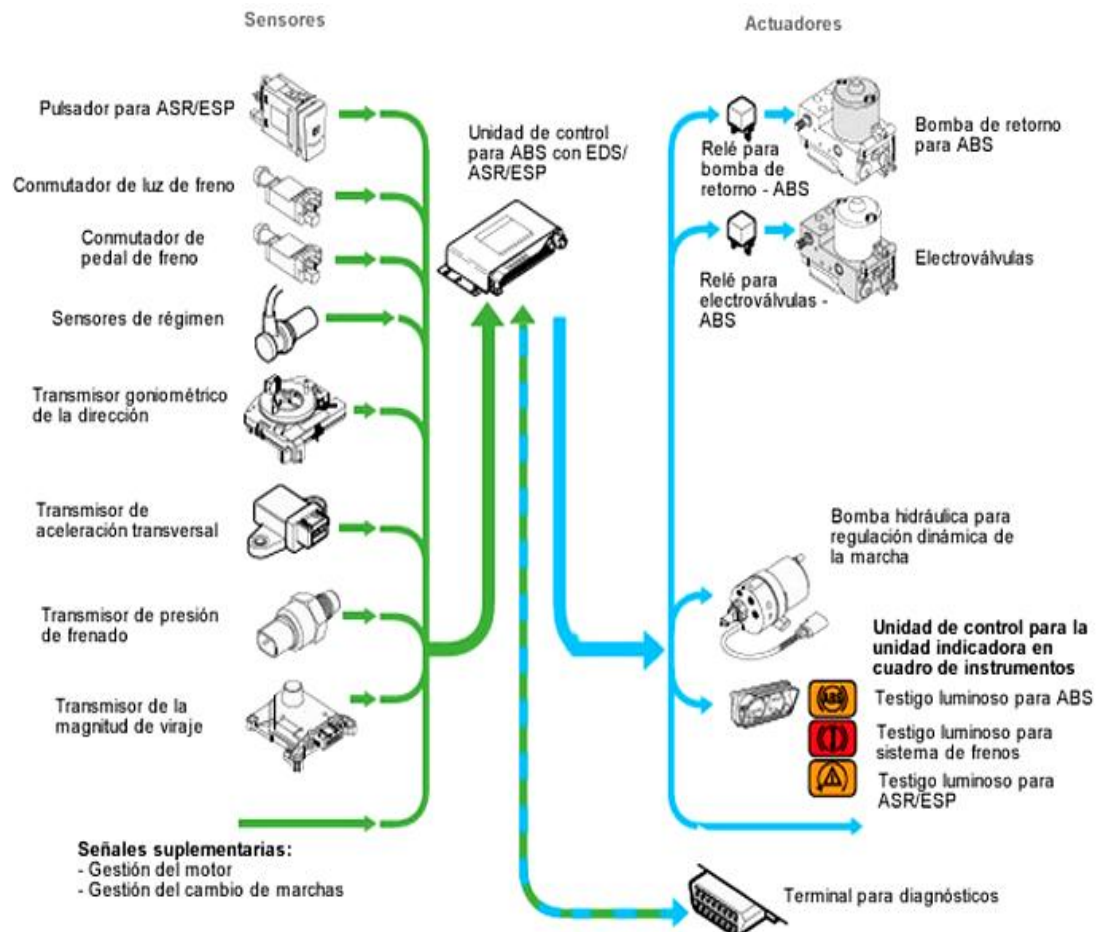


Figura 2.12 Esquema general del sistema ESP.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

La incorporación de sensores como el de convolución y el de giro del volante, más un *software* de gestión comparativa, hacen posible formar un sistema capaz de lograr advertir y diferenciar entre las intenciones del conductor y la dinámica del vehículo; en base a esta información el ESP trata de que las intenciones y la dinámica coincidan con exactitud en lo que sea físicamente posible, así el vehículo mantiene la dirección deseada de manera estable, procurando seguir su ruta evitando la pérdida de control con la presencia de un subviraje o sobreviraje. Cabe señalar que el sensor de convolución y el de aceleración transversal, en su principio, fueron creados por separado pero, hoy en día, se puede emplear uno solo que los combina.

2.3.3.1 Sensor de aceleración transversal

Es de tipo Hall y se encarga de la medición de la aceleración longitudinal o transversal del vehículo, según la posición de montaje. Este sensor posee una placa con un resorte de cinta acoplado a ella fijamente por uno de sus extremos, mientras que por el otro se encuentra libre pero con un imán que hace masa; sobre el imán permanente se coloca el sensor de tipo Hall y debajo una placa de cobre para amortiguación. Cuando se somete al sensor a una aceleración el imán se desplaza, y el movimiento del campo magnético da origen a una tensión Hall en el sensor, el cual ya tiene una tensión de alimentación pero la de salida no será la misma debido al efecto causado por esta tensión Hall.

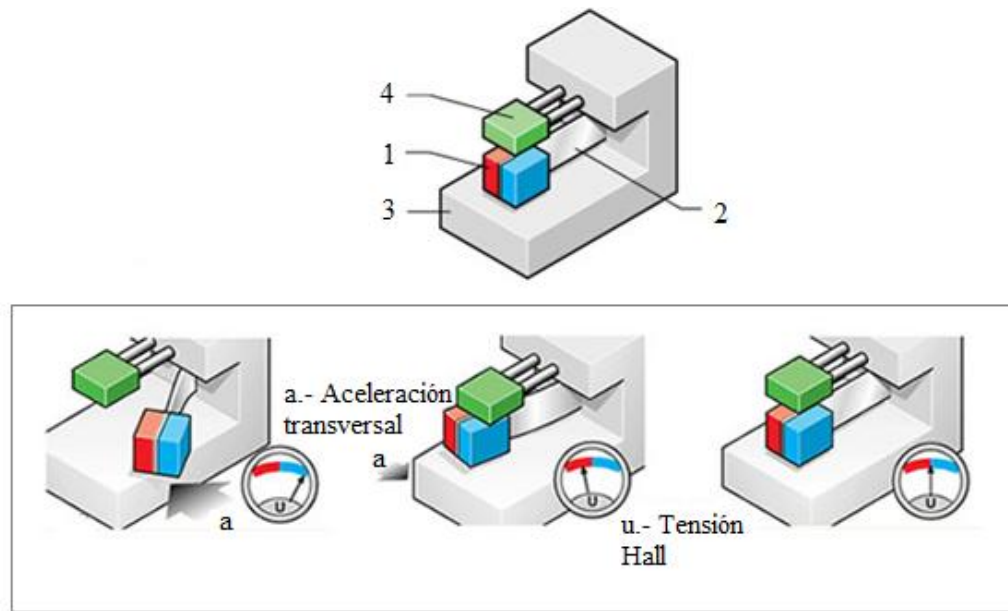


Figura 2.13 Partes y funcionamiento del sensor de aceleración transversal.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

1. Imán permanente
2. Resorte de cinta
3. Placa amortiguadora
4. Sensor de efecto Hall
- a. Aceleración transversal
- u. Tensión Hall

2.3.3.2 Sensor de convolución

Los sensores de convolución o girómetros se encargan de detectar el ángulo de viraje respecto al eje vertical, analizando si se aplican pares de giro sobre el vehículo, para una mejor lectura este sensor debe estar ubicado lo más cerca posible del centro de gravedad. Aquel es de tipo piezoeléctrico, que son sensores mecánicos de precisión conformados por un cilindro metálico hueco que posee ocho elementos piezoeléctricos, cuatro de los cuales se encargan de mantener al cilindro en una oscilación resonante, se ubican por pares diametralmente opuestos, que tienen un

desfase de 90° el uno del otro, los otros cuatro elementos piezoeléctricos son de detección, también están ubicados por pares opuestos diametralmente pero con un desfase de 45° respecto a los elementos de excitación.

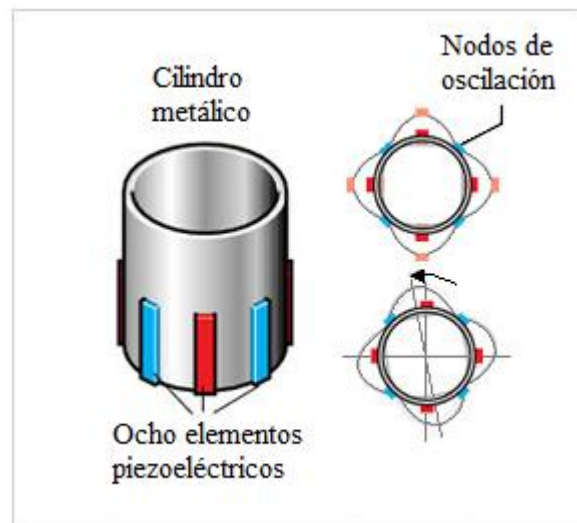


Figura 2.14 Partes y funcionamiento del sensor de convolución.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

El momento en el que un vehículo se encuentra en marcha se pueden generar pares de giro en el eje vertical, es decir se provoca una velocidad de rotación en el cilindro formando fuerzas proporcionales a dicha velocidad; estas fuerzas generadas, debido al cambio de posición de los elementos de excitación, son recibidas por los elementos de detección y enviadas en forma de señal a la unidad de mando, la misma que calcula la magnitud del viraje según la señal recibida. Este tipo de sensor tiene un circuito de reducción y rectificación de tensión que significa incremento de temperatura, siendo una desventaja su mala derivación térmica, lo que significa un aumento de temperatura en los elementos piezoeléctricos y por lo tanto un envejecimiento prematuro de los mismos.

2.3.3.3 Sensor combinado de convolución y aceleración transversal

Estos sensores fueron creados para trabajar por separado ya que cumplen funciones diferentes, pero debido a que el programa de estabilidad necesita de los dos, y estos requieren trabajar en la misma ubicación dentro del vehículo, se ha logrado perfeccionarlos y combinarlos en un solo cuerpo formando un módulo compacto, reduciendo en número de componentes y líneas transmisoras. El sensor de convolución y aceleración es de tamaño reducido por el hecho de estar juntos; sin embargo, cada sensor tiene un bloque separado y por tanto una función específica y las magnitudes que reconocen son diferentes; mientras el girómetro detecta el viraje o movimiento de rotación del automóvil sobre su eje vertical, el otro se encarga de reconocer la aceleración transversal del mismo.

Este sensor combinado asocia una tecnología mixta trabajando con una placa de circuitos impresos y principios micromecánicos, este elemento opera en base de dos funciones, captar la aceleración transversal por medio de un principio capacitivo y percibir la magnitud de viraje detectando la intervención de la *aceleración de Coriolis*¹. Para captar la aceleración transversal el sensor dispone de una placa rígida que a su vez hace de masa móvil y puede oscilar entre dos resortes, en esta placa están montados fijamente dos condensadores conectados uno tras el otro, con la ayuda de electrodos se mide la carga de los dos. En el momento que no existe ninguna aceleración la carga del primer condensador es igual a la del segundo; al existir una aceleración la placa móvil se desplaza en sentido opuesto a la aceleración, trasladando consigo los electrodos móviles, de este modo varía la distancia entre los electrodos fijos y los móviles; por lo tanto, al aumentar la distancia se reduce la capacidad de un condensador y al reducirse entre las placas correspondientes al condensador opuesto su capacidad aumenta.

¹Aceleración de Coriolis: Es aquella que presenta un cuerpo con respecto a un sistema de referencia en movimiento con respecto a otro sistema de referencia fijo.

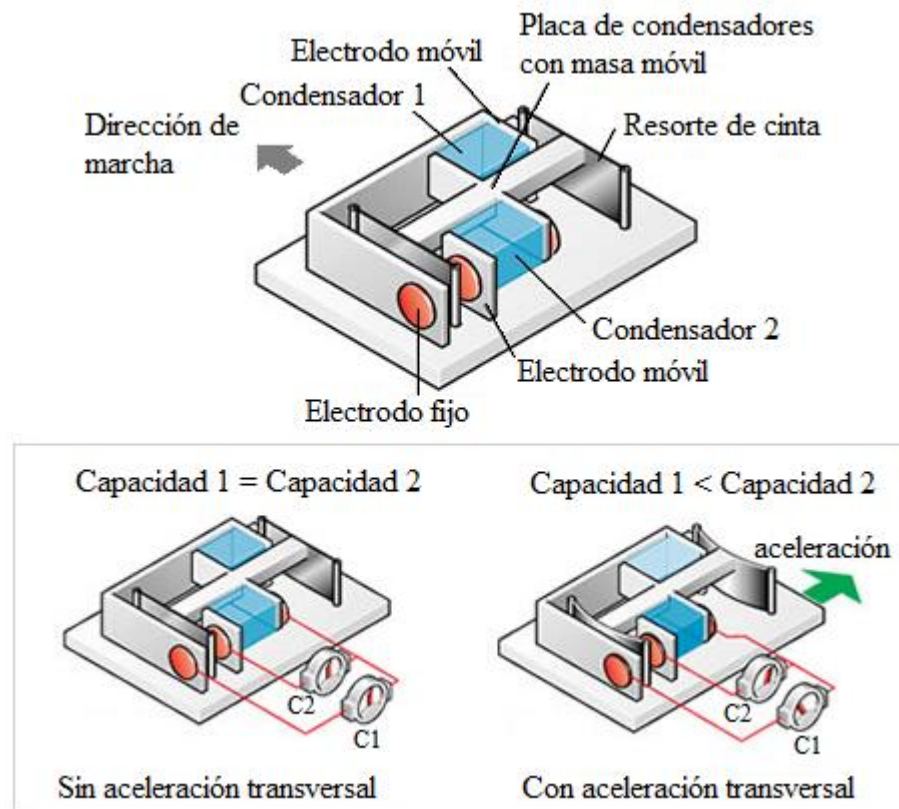


Figura 2.15 Bloque del sensor de aceleración transversal.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

La otra sección de este sensor combinado está encargada de dar a conocer la magnitud del ángulo de viraje, este bloque del sensor está integrado por dos polos y una placa, una que sostiene una masa de silicio trabajada con las pistas del circuito, este es un sensor de aceleración capacitivo realizado por micromecánica y oscila de forma rectilínea al aplicarle una tensión alterna, ya que está colocado entre un polo norte y sur; este sensor es capaz de detectar la aceleración de Coriolis en el plano de la placa perpendicularmente al sentido de oscilación. El circuito de excitación está constituido por pistas conductoras sobre una placa oscilante, expuestas al campo magnético; es decir, las pistas de la placa están sometidas a una fuerza perpendicular a la superficie del circuito integrado para hacerla vibrar, y otra pista mide la velocidad

de vibración de modo inductivo; el instante en que actúa una aceleración giratoria sobre esta masa oscilante se desvía de su movimiento rectilíneo, mientras esto sucede se aplica un campo magnético que provoca una variación eléctrica en las pistas; dicha variación es medida para conocer la intensidad y dirección de la aceleración de Coriolis. En el sensor existen dos de estas masas oscilantes por motivo de seguridad.

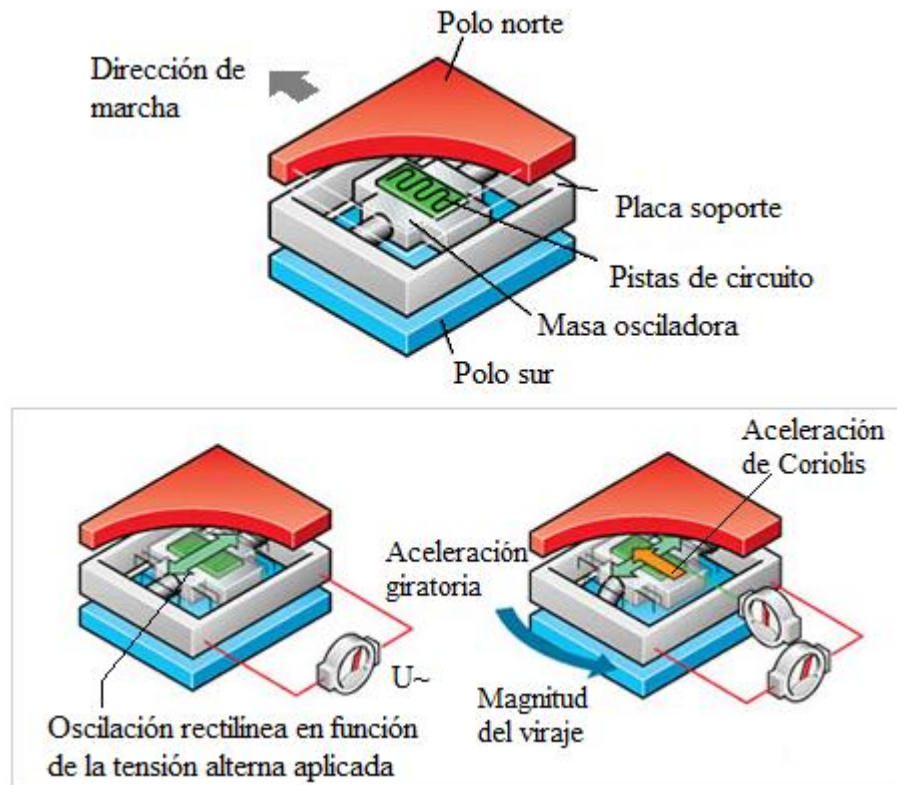


Figura 2.16 Bloque del sensor de convolución.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

El otro tipo de sensor de convolución es netamente micromecánico, suplantando al sistema de excitación magnético por uno electrostático, un oscilador giratorio suspendido y sometido de modo electrostático por medio de estructuras en forma de peine. Las fuerzas de Coriolis provocan un movimiento basculante del oscilador lo que deriva en una amplitud que es proporcional al mismo movimiento y que es captada por electrodos ubicados debajo del oscilador. La reducción de tamaño y

proceso de fabricación han disminuido el costo, pero su miniaturización baja la precisión de medición, por lo tanto se requiere una electrónica compleja pero, sin embargo, es el sensor más eficiente ya que la influencia de aceleraciones externas laterales provocadas por el viento no intervienen en la medición, gracias a la suspensión en el eje del centro de gravedad.

2.3.3.4 Sensor de ángulo del volante

Este sensor es fundamental en el sistema de estabilidad ESP, ya que cumple la lectura de intención del conductor cuando este actúa sobre el volante y su deseo de trayectoria, es así que se realiza una comparativa entre el ángulo al que pretende girar el conductor, el ángulo de giro con respecto al eje vertical del vehículo y su velocidad, de esta manera se procede a realizar intervenciones de frenado en una de las ruedas para que esta actúe como punto de giro y se provoque un ángulo de desviación del automóvil respecto a su eje longitudinal, corrigiendo la trayectoria en lo físicamente posible.

La marca Bosch ha adaptado dos tipos de sensores angulares magnéticos, los cuales detectan la variación angular del volante en toda su amplitud. El primero hace uso de catorce elementos Hall, estos dispositivos funcionan a base de la medición del campo generado por un imán, con la participación de nueve de estos circuitos integrados Hall se obtiene información sobre el ángulo del volante, mientras que los otros cinco reconocen el número de vueltas que da el volante por medio de un engranaje.

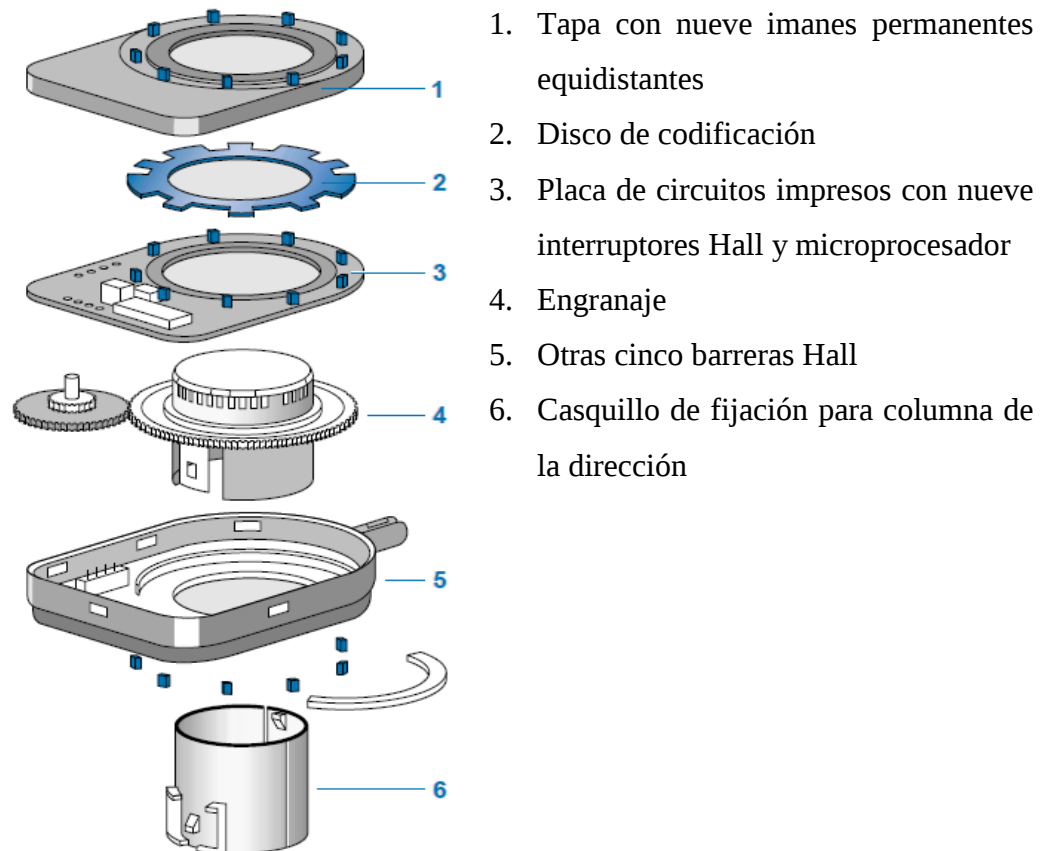


Figura 2.17 Sensor de ángulo del volante tipo LWS1.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

El segundo tipo funciona con sensores magnetorresistivos, cuya resistencia varía en función del campo magnético externo; la información angular de las vueltas del volante se consigue mediante dos células de medición magnetorresistivas ubicadas en ruedas dentadas con imanes en su interior; las ruedas se acoplan a una corona dentada del árbol de dirección, una de estas tiene un diente más, para entregar dos valores de ángulo, y según un algoritmo matemático el microprocesador obtiene el ángulo del volante, omitiendo la imprecisión que pueden tener las células.

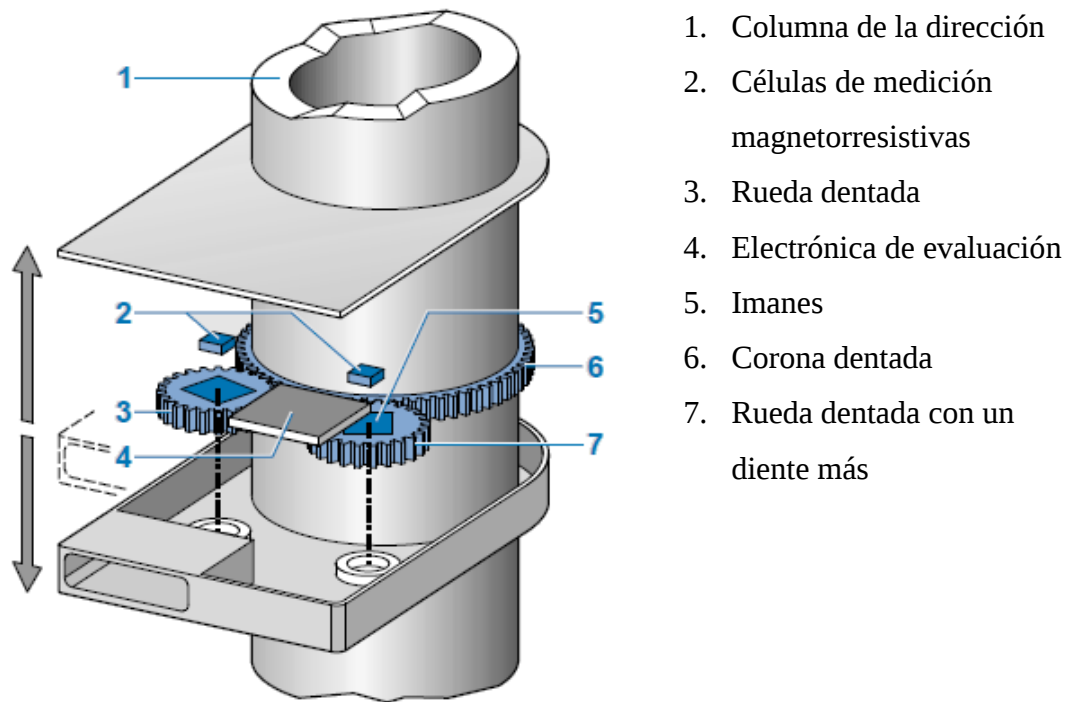


Figura 2.18 Sensor de ángulo del volante tipo LWS3.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

2.3.3.5 Sensor de presión previa

Este es un sensor exclusivo del sistema de estabilidad ESP pero cumple una tarea sencilla, se encarga de medir la presión que llega hasta el grupo hidráulico que es generada en el cilindro principal por la acción del conductor sobre el pedal, es decir, obtiene la lectura de la presión de frenado máxima que previamente ha aplicado el chofer, esto influye en el comportamiento del sistema, porque la presión nominal generada por el conductor puede no bastar en casos extremos de corrección y se requiera incrementar esta presión de frenado para estabilizar el vehículo, según la diferencia entre la presión necesaria y la presión nominal actuarán las válvulas de alta presión con la bomba de precarga. Está compuesto básicamente por un elemento piezoeléctrico sobre el cual actúa la presión del líquido de frenos; al ejercer una presión sobre este elemento las cargas son desplazadas produciendo una tensión, mientras mayor es la presión más se separan las cargas aumentando así la tensión;

además, este sensor posee un circuito electrónico para intensificar la tensión, de esta manera la unidad de control recibe una señal clara.

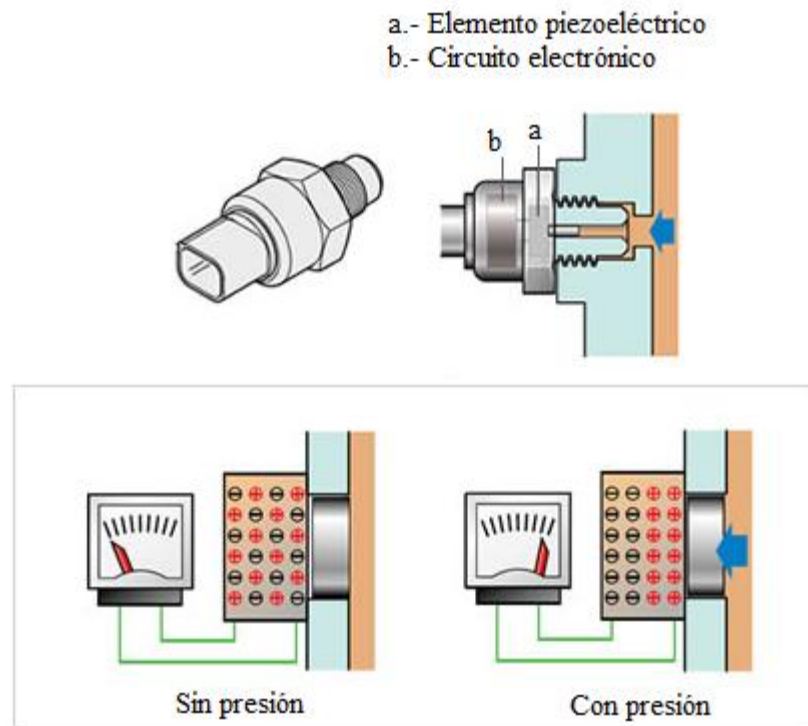


Figura 2.19 Sensor de presión de frenado.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema-esp.htm>

2.3.4 Funcionamiento

El sistema de estabilidad es una implementación que no basa su funcionamiento en los sensores de velocidad de las ruedas como lo hacen el ABS y el ASR, aunque el sistema haga uso de estos sensores prioriza las señales de otros, ya que se encarga de mantener estable al vehículo; por tanto cimenta su trabajo en la dinámica de marcha con la intervención del sensor de convolución y el de aceleración transversal. Para mantener el control del vehículo puede intervenir tanto en el sistema de frenado como en el motor, para así realizar frenadas selectivas o acelerar las ruedas, de esta forma

se reduce considerablemente el riesgo de accidentes al tomar curvas o al reaccionar frente a situaciones imprevistas.

El control de estabilidad se puede hacer presente ante diferentes maniobras de conducción como pueden ser giros rápidos del volante para realizar operaciones evasivas, aceleraciones o desaceleraciones en curva; en secuencia de curvas y cambios de carril, hay que tener en cuenta que todos los vehículos se comportan de igual manera y tienen las mismas condiciones previas antes de realizar la maniobra, pero en el momento en el que se gira el volante se inicia la interpretación de la información entregada por los sensores, la unidad de mando se pregunta hacia dónde se quiere dirigir el conductor y hacia dónde el vehículo.

El comportamiento de un automotor en las curvas puede significar la diferencia, ya que la combinación entre la falta de pericia del conductor y condiciones inesperadas de la carretera pueden llevar al vehículo al límite; por ejemplo, entrando a una curva a elevada velocidad o esquivando un obstáculo que se presenta de repente, estas acciones pueden provocar un subviraje o sobreviraje del vehículo, lo cual es controlado por el sistema mediante las intervenciones antes mencionadas.

El sobreviraje de un vehículo (a) es la tendencia de desplazamiento del tren trasero; debido a la inercia del automóvil la parte trasera empuja hacia afuera de la curva (1), en ese instante (2) el sistema ESP frena la rueda delantera exterior a la curva para crear un momento de viraje contrario y evitar el derrape (3) que sucedería normalmente en un vehículo sin ESP al tomar una curva rápida o resbalosa, estas intervenciones de frenado se denominan frenado activo, ya que se produce sin la intervención del conductor. El subviraje (b) es en cambio el empuje del tren delantero (1) hacia la parte externa de la curva; esto significa que el vehículo tiende a seguir una trayectoria recta (3) por la pérdida de control sobre la dirección; para que esto no

sucedra, el sistema de estabilidad se encarga de realizar un frenado que fomente la creación de un momento de viraje, por lo tanto, se frena la rueda trasera que se encuentra al interior de la curva para que actúe como punto de giro (2). Entonces, el sistema de estabilidad es el control del momento de viraje en el eje vertical o guiñada, en base de la divergencia del ángulo de dirección de marcha con el eje longitudinal del vehículo.

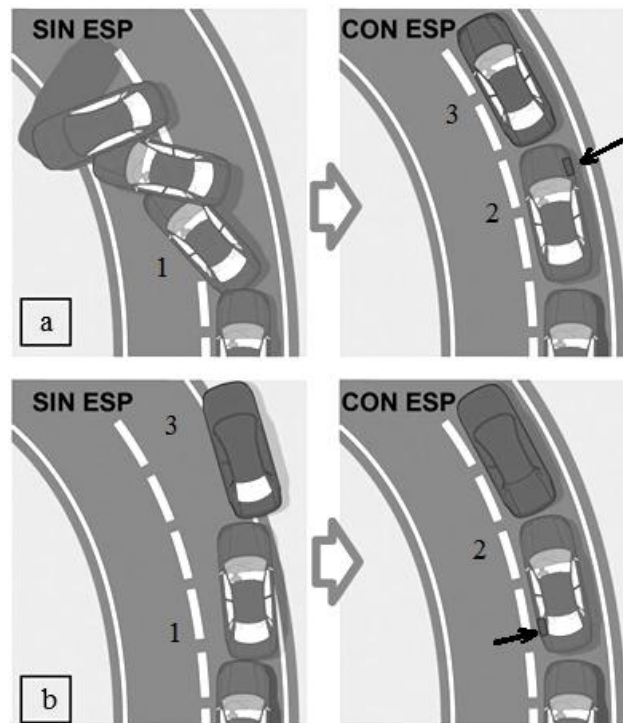


Figura 2.20 Comportamiento del vehículo en las curvas con sobreviraje y subviraje.

Fuente: <http://semana-tematica.wikispaces.com/ESP>

La interpretación de señales se realiza constantemente en la unidad de mando, las condiciones de manejo varían a cada momento, todas las curvas tienen diferente grado de dificultad y las condiciones ambientales pueden incrementar la dificultad, pero al contar con una rápida gestión e intervención de control del grupo hidráulico, específicamente de las electroválvulas que actúan sobre los cilindros de freno de rueda, se logra mantener el control del vehículo, esto también con la combinación de las diferentes válvulas se crean los distintos estados de trabajo necesarios.

En el sistema ESP el cilindro de freno y el cilindro principal están unidos mediante el grupo hidráulico, pero a diferencia del sistema ABS, está unido por un grupo compuesto de válvulas adicionales de conmutación normalmente abiertas y de mando de alta presión normalmente cerradas, las cuales son las protagonistas al realizar intervenciones activas, es decir, sin que el conductor se involucre realizando presión sobre el pedal de freno.

El ESP utiliza básicamente tres tipos de control:

- Tipo pasivo, trabajo normal con funcionalidad ABS.
- Tipo parcialmente activo, la presión de frenado ejercida por el conductor no basta y se requiere aumentarla.
- Tipo activo, se genera una presión de frenado con la intención de estabilizar el vehículo, sin que el conductor actúe sobre el pedal.

Cuando el programa de estabilidad no necesita intervenir, es decir no se requiere realizar frenados individuales, entonces el sistema actúa pasivamente, comportándose como un sistema de frenado ABS. Para que el sistema haga un control de tipo parcialmente activo se necesita abrir la válvula de alta presión contra presiones de diferencia elevadas, debido a que el conductor genera una presión en el sistema por la acción sobre el pedal, sin embargo esta no es suficiente para estabilizar el vehículo, por lo tanto, es una válvula especial creada con dos niveles, el primero se abre mediante fuerza magnética y el segundo debido a la diferencia de superficie hidráulica. El momento en que se detecta inestabilidad la válvula abrirá y cerrará la de conmutación y con la ayuda de las bombas se crea la presión adicional necesaria; cuando el vehículo se haya estabilizado se abre la válvula de salida para que la presión se dirija al acumulador y luego al depósito de líquido de freno.

En caso de una intervención de tipo activo es necesario la formación de presión, esta es creada por medio de dos bombas autoaspirantes y un motor eléctrico de corriente continua; las bombas trabajan por émbolo y pueden generar o aumentar la presión independientemente de si el conductor actúa o no sobre el pedal de freno, realizando

así frenadas según comande la unidad de control. Para ejecutar frenadas es indispensable abrir la válvula de aspiración o mando de alta presión y cerrar las de conmutación, así se evita un choque de presiones y se permite aspirar el líquido del depósito para formar presión en los cilindros de freno; en el caso de que se requiera frenar una sola rueda las válvulas de entrada de las otras ruedas permanecerán cerradas, por último se abren las válvulas de salida, todas las válvulas regresan a su posición original y el líquido de freno se dirige hacia las cámaras de acumulación.

2.3.5 Desarrollo

El sistema de control de estabilidad fue desarrollado por Bosch como la evolución de los sistemas ABS y ASR, este sistema es sin duda la mejor innovación en cuanto a componentes de seguridad activa, caracterizándose por ser económico y efectivo. El ESP se basa netamente en la lectura de la dinámica del vehículo con el uso de sensores adicionales que revelan información valiosa para controlarlo, estos sensores exponen las diferentes fuerzas que actúan sobre el vehículo, algo muy complicado, pero con el avance tecnológico referente a la electrónica ha sido posible la creación de este tipo de sensores a costos reducidos, lo que convierte al sistema en una opción muy conveniente al poner en una balanza la función que cumple y su precio. Por su efectividad y hechos estadísticos la Unión Europea, a través del consejo de la organización Euro NCAP, ha promovido que la adaptación de este sistema sea obligatoria a partir del año 2014.

En 1995 se introdujo el sistema de control de estabilidad con la colaboración de la firma alemana Mercedes-Benz, tomando las siglas de ESP (*Electronic Stability Program*). Este sistema no ha sufrido evolución en cuanto a su funcionamiento, ni se han adicionado elementos, aunque sus componentes sí se han desarrollado. Sin embargo, desde el año 2001 se han integrado a los vehículos sistemas que trabajan paralelamente con el programa de estabilidad para ciertas mejoras especiales, como son las que ofrece el asistente de frenado HBA (*Hydraulic Brake Assistance*) y la

distribución electrónica de la presión de frenado EBV (*Electronic Brakeforce Variable*).

El asistente de frenado se encarga de reducir la distancia de frenado ante una frenada de emergencia aumentando la presión de frenado, ya que el conductor puede reaccionar en forma rápida pero no necesariamente aplicar la presión suficiente sobre el pedal, por lo tanto, el asistente reconoce el deseo del conductor de una frenada rápida; este sistema se puede implementar en vehículos con ABS o ASR mediante una válvula asistente de emergencia EVA (*Emergency Valve Assistance*), pero sin ofrecer los mismos resultados; en el caso del sistema ESP se alcanzan resultados superiores gracias a un control de incremento de presión PBC (*Pressure Boost Control*), basándose en un intensificador de presión de frenado con sensor de presión ejercida sobre el pedal e incremento de presión en el grupo hidráulico.

La distribución electrónica de la presión de frenado EBV más que un sistema es una función añadida, solo se requiere modificar el *software* y la labor de las válvulas, su propósito es el de reducir la presión de frenado en el eje trasero, mejorando el frenado total. Durante la frenada del vehículo el eje trasero es más exigido, ya que es más propenso al deslizamiento, al actuar la función ABS la rueda está entre el “bloqueo” y “desbloqueo”, ante este inconveniente se calcula constantemente la diferencia de deslizamiento entre las ruedas delanteras y traseras; en el momento que una rueda trasera se encuentra al límite del bloqueo se cierra la válvula de entrada del ABS para las ruedas traseras, esto impide incrementar la presión de frenado en el cilindro de freno. En el caso de que el conductor siga presionando el pedal se incrementará la presión de frenado en el tren delantero, esto provoca obviamente el deslizamiento de las ruedas delanteras, en ese momento se aumenta la presión del eje trasero abriendo las válvulas de entrada hacia las ruedas, esto sucede varias veces durante el transcurso de frenado, produciéndose un proceso escalonado del frenado el cual se asemeja al ideal, repartiendo el frenado a los dos ejes por igual, de esta manera se reduce la

carga térmica de los frenos delanteros y se produce un desgaste uniforme en los forros de freno en ambos ejes.

Los adelantos de la seguridad activa han mostrado mejoras en ciertos aspectos puntuales de la marcha del vehículo, gracias a todos los sistemas adjuntos que cumplen su función trabajando conjuntamente con el sistema de estabilidad, así conforman un gran esquema de control, en el que a pesar de los implementos innovadores el protagonista es el control de estabilidad ESP, de esta manera se puede decir que se alcanzó un punto alto referente a la seguridad activa, y la estadística lo afirma, por lo tanto debido a su eficacia la evolución de este sistema ha sido mínima, ya que no se demandan mejoras en cuanto a su funcionamiento; sin embargo, el sistema ha evolucionado desde su interior, debido al desarrollo de sus componente principales, la unidad electrónica de mando con mayor capacidad de procesamiento y un grupo hidráulico más preciso, rápido y liviano.

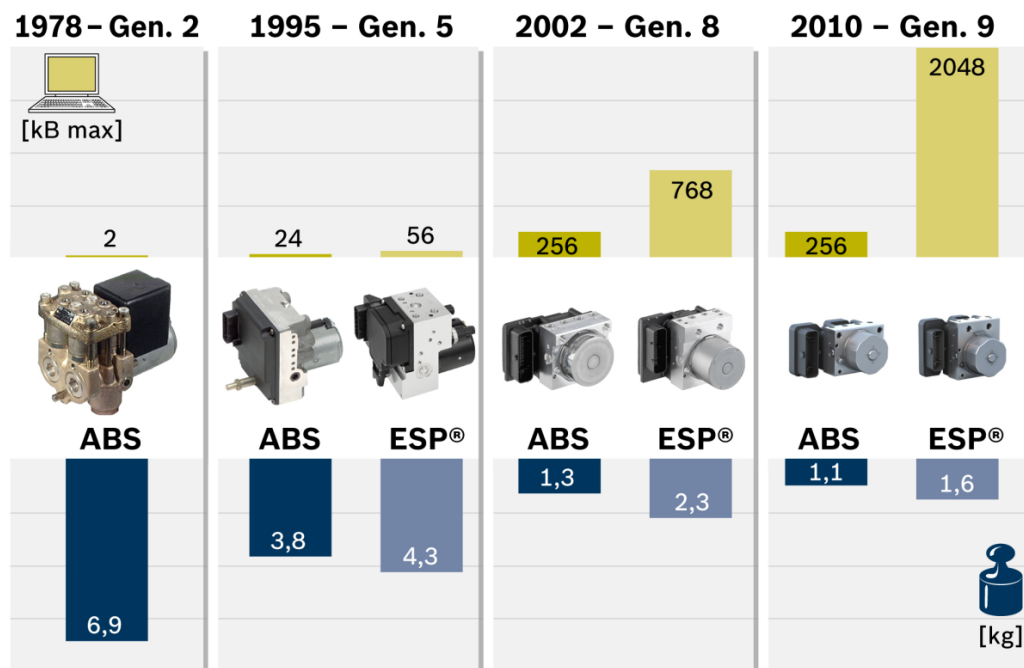


Figura 2.21 Evolución del grupo hidráulico y la rapidez de procesamiento.

Fuente: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=4293&locale=en>

2.3.5.1 Desarrollo de la unidad de control

La unidad de control del ESP es igual a la montada en el ABS/ASR, este acomodo se realiza, ya que el sistema de estabilidad puede potenciar y manejar a los otros dos sistemas y la unidad, solo requiere una adaptación de su *software* para la manipulación de las tres funciones que comparten sensores; por la relación entre los elementos que operan no es necesario el uso de dos unidades electrónicas. El sistema actúa en base a las señales de los sensores de la dinámica del vehículo, que detectan las intenciones del automotor; además, de la señal de posición del volante, para conocer las intenciones del conductor, según estas se gestiona y se ejecuta mediante el grupo hidráulico; es necesario tener en cuenta que debido al intercambio de información, entre la unidad de control del ESP y la del motor, se puede controlar la aceleración de las ruedas con el control del par entregado por el motor.

2.3.5.2 Desarrollo del grupo hidráulico

Los componentes electrónicos del sistema de estabilidad relativamente han alcanzado la madurez, por lo tanto la marca fabricante se ha enfocado en el perfeccionamiento del elemento mecatrónico que es el elemento que más cambios ha sufrido desde la introducción del ESP al mercado. El grupo hidráulico es el componente responsable de toda la gestión mecánica a partir de las órdenes provenientes desde la unidad de mando; el dispositivo debe estar a la par de la unidad, es decir, ser tan rápido como el procesamiento de la unidad electrónica, ya que el microordenador verifica veinticinco veces por segundo las señales para interpretar las intenciones del conductor, por lo tanto la evolución se ha enfocado en crear electroválvulas precisas capaces de cumplir perfectamente con las exigencias.

El grupo hidráulico requiere mayor número de electroválvulas en comparación a los sistemas anteriores, donde el ABS requiere de ocho válvulas; el ASR ocupa diez o doce dependiendo de la repartición del circuito de frenado, mientras que el sistema de

estabilidad ESP hace uso de doce válvulas sin importar la repartición del circuito de frenado; el desarrollo respecto al sistema ASR es esencialmente el reemplazo de las dos válvulas de aspiración por dos de mando de alta presión; este tipo de válvulas se diferencia por poder transferir presiones más altas, ya que en el sistema de estabilidad puede ser obligatorio elevar la presión de frenado para el control del vehículo; debido a la necesidad de un posible incremento de presión se ha sustituido la bomba de recirculación que usa el sistema ABS, por una bomba autoaspirante que ha sido adicionada en el sistema ASR, y para evitar succión en los circuitos de las ruedas se ha acoplado una válvula de retención.

La última generación del sistema de control de estabilidad es un progreso de la versión ESP 9 para obtener la llamada ESP 9 Premium, que muestra un sistema más sofisticado y dedicado hacia vehículos de alta gama, en este se baja al mínimo las vibraciones del pedal de freno, además su peso y tamaño reducido permiten que se integre al vehículo con facilidad, el grupo hidráulico exhibe el mayor desarrollo del sistema debido a una gran reducción de peso, cerca de 800 gramos respecto al modelo anterior, es decir que llega a pesar 1,5 kilogramos aproximadamente.

2.3.6 Diagnóstico y mantenimiento

2.3.6.1 Autodiagnóstico y diagnóstico

Como en los sistemas predecesores, el programa de estabilidad también posee la función de autodiagnóstico ejecutada por la unidad de control durante el encendido y la marcha, de esta forma son almacenados los códigos de avería en la memoria de fallos. Para proceder con el diagnóstico cabe recalcar que este es un sistema muy moderno, en el cual no se puede realizar un diagnóstico manual para la obtención de códigos de avería, es obligatorio hacer la conexión de un escáner de diagnóstico, ya

que el ESP opera códigos según el protocolo OBD II (*On Board Diagnostic Second Generation*), y esos emplean letras, de esta manera:



Figura 2.22 Estructura del código OBD II.

Fuente: <http://www.codigoerror.com/>

El primer valor justamente es una letra que indica la procedencia de la falla.

- La letra “B” representa una avería en la carrocería o habitáculo.
- La letra “C” significa que existe un fallo en los componentes involucrados con el rodaje, como la suspensión, sistema de frenos, etc.
- La letra “P” trata de una avería en el sistema de propulsión, es decir motor, caja de cambios, etc.
- La letra “U” quiere decir que se ha presentado una falla en la red de comunicaciones o CAN.

El segundo dígito puede ser “0” ó “1”, se refiere a si el código se trata de un genérico o específico del fabricante respectivamente.

Los demás valores indican el origen de la avería grabada en la memoria de la unidad de control.

2.3.6.2 Mantenimiento y verificaciones

El mantenimiento necesario para el ESP es el mismo que se cumple con el sistema ABS, por lo tanto se basa en la revisión general del circuito de frenos. En el programa de estabilidad se recomienda no efectuar reparaciones de los componentes, sino sustituirlos en caso de mal funcionamiento, ya sea con los sensores, electroválvulas o unidad de control. De igual forma se deben tomar precauciones al momento de realizar las verificaciones y comprobaciones, las mismas que se consideran en el caso del ABS (véase el punto 2.1.6.2).

En el caso del ESP se requiere un escáner para hacer un diagnóstico del mismo; pero, además, se puede realizar una serie de comprobaciones para dar mantenimiento al sistema y se encuentre en perfecto estado. La marca Bosch, con la introducción del *software* ESI[tronic], ha revolucionado la manera de hacer un diagnóstico correcto, al hacer una lectura sistemática de todos los módulos electrónicos del vehículo, llegando más rápido al objetivo de corrección para garantizar un buen mantenimiento, sobre todo con la inserción de la versión 2.0, que permite hacer actualizaciones constantes para conocer cambios de los sistemas o posibles fallas detectadas, y además ofrece pruebas necesarias para componentes modernos; por lo tanto, es necesario conocer el procedimiento haciendo el uso del escáner KTS. Si se quiere proceder con el mantenimiento de sistemas de seguridad activa es importante contar con la base de datos “C” instalada en el *software*, esta sección permite el diagnóstico e instruye sobre la búsqueda de fallos con la función SIS-CAS (Información del Sistema-Seguimiento de la Solución a la Avería).

Para realizar la comprobación del sistema de freno ABS con funcionalidad ESP se siguen las precauciones mencionadas, sobre todo prestando atención en la carga de la batería y en no manipular ningún componente mientras se cumple con el proceso; la comprobación tiene los siguientes pasos:

1. Conectar el equipo de diagnosis al conector OBD.
2. Entrar en el programa ESI[tronic] y seleccionar “téster para diagnóstico”.

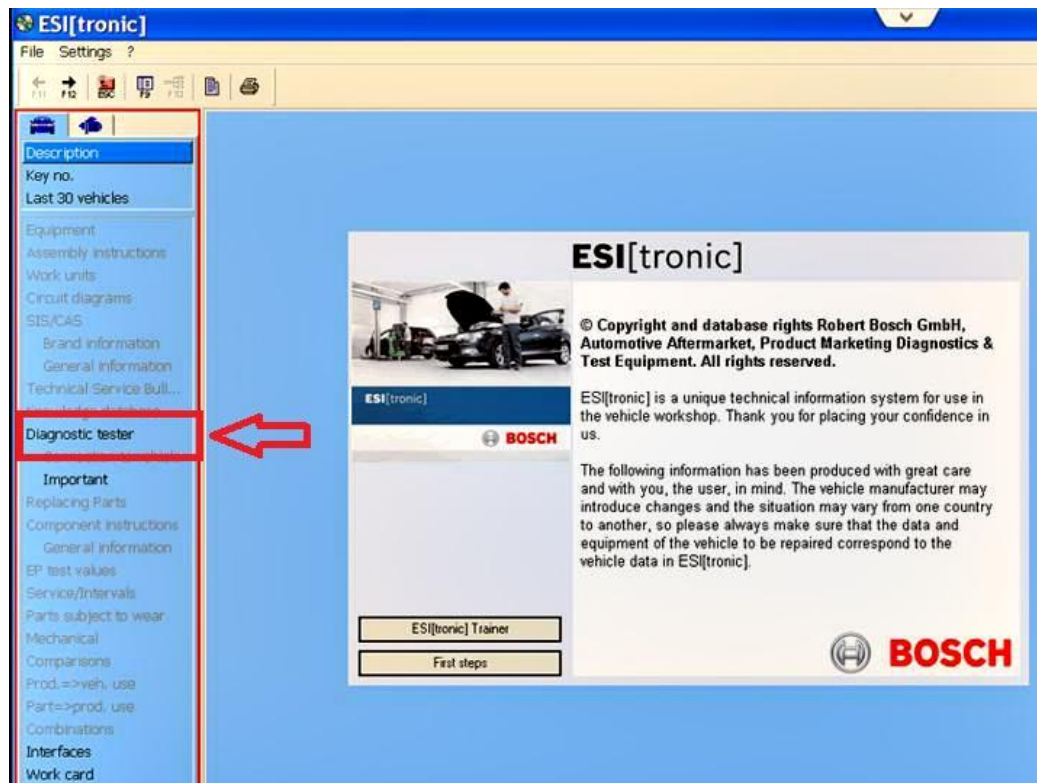


Figura 2.23 Selección de téster de diagnóstico en ESI[tronic].

3. Elegir la versión del aparato con la que se pretende proceder, para establecer la conexión ya sea mediante puerto USB o *Bluetooth* (dependiendo del equipo).
4. Una vez establecida la conexión se puede continuar desde el KTS con la selección de la marca y modelo del vehículo.

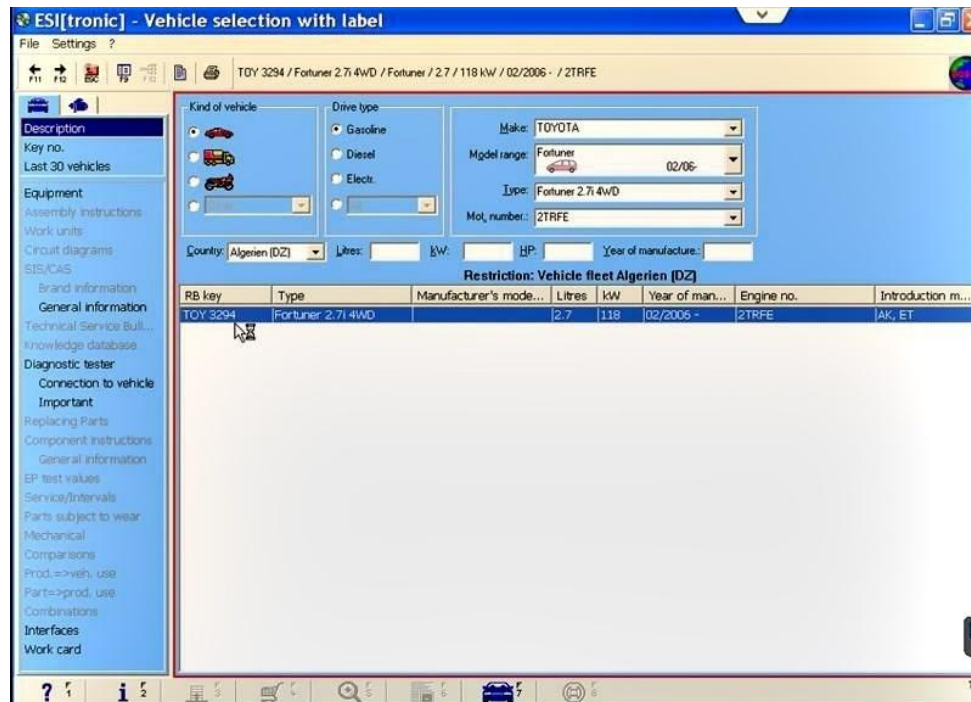


Figura 2.24 Selección del vehículo en ESI[tronic].

5. Seleccionar el sistema a diagnosticar y hacer lectura de la memoria de fallas, en caso de que existan.
6. Identificadas las averías en la memoria ejecutar el borrado de las mismas.

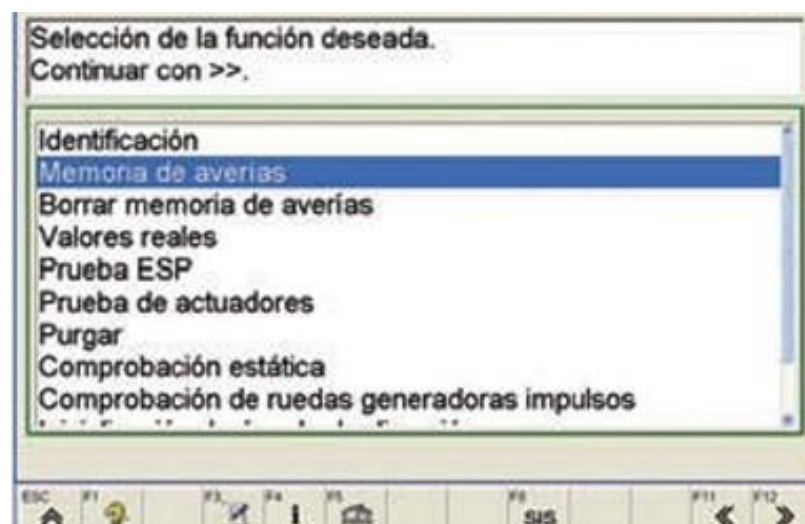


Figura 2.25 Análisis de la memoria de averías.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

7. Realizar la medición de valores reales.
 - Apertura o cierre del interruptor de freno.
 - Ángulo del volante, sin girar y girándolo.
 - Valores del sensor de convolución, del sensor de aceleración transversal y del sensor de presión de frenado.



Figura 2.26 Identificación de la posición del interruptor de frenado.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch



Figura 2.27 Posición del volante medida en grados.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

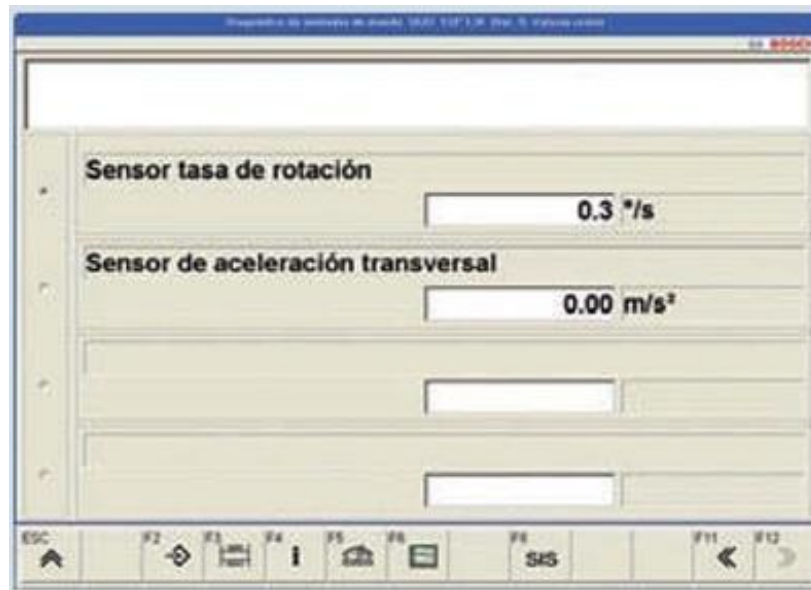


Figura 2.28 Valores del sensor de convolución y de aceleración transversal.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch



Figura 2.29 Posición del interruptor de ESP y presión de frenado.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

8. Comprobados los valores reales y comparados con los datos del vehículo se continúa con la prueba de actuadores.

9. Observar los valores de la prueba de los actuadores y comprobar que son los correctos.

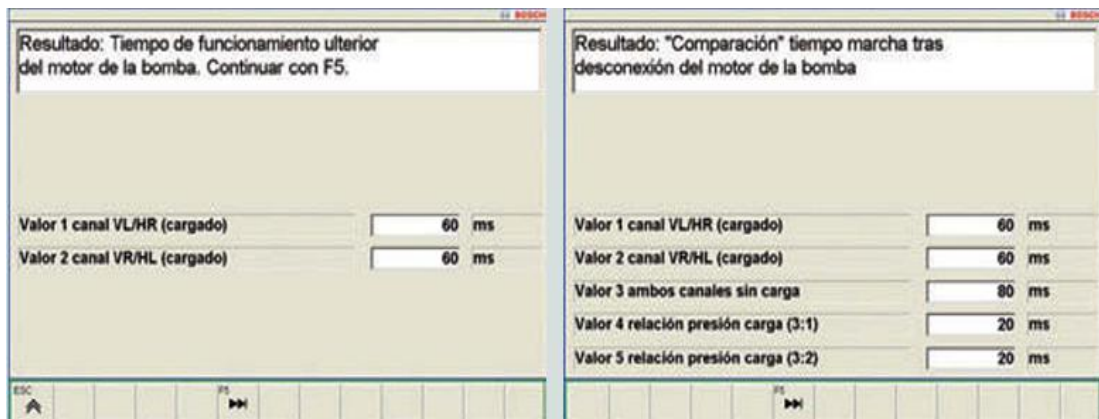


Figura 2.30 Valores de los circuitos hidráulicos.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

10. En el caso de reemplazo de la unidad de control se debe realizar el codificado de la misma.
- Marca del vehículo
 - Motorización
 - Tipo de vehículo
 - Caja de cambios

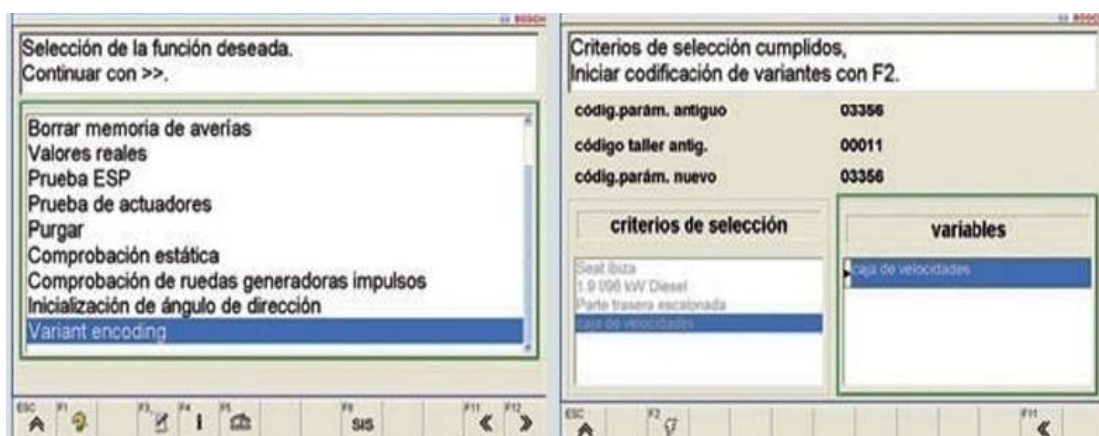


Figura 2.31 Función de codificación y código correspondiente la unidad.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

Los valores ingresados darán un código, el cual hará que se identifique y adapte la unidad.

11. El equipo de diagnóstico también permite realizar un ajuste del sensor de ángulo de giro del volante.
 - Girar el volante al menos 15° a la izquierda y luego a la derecha.
 - Centrar el volante, con eso el volante está calibrado.

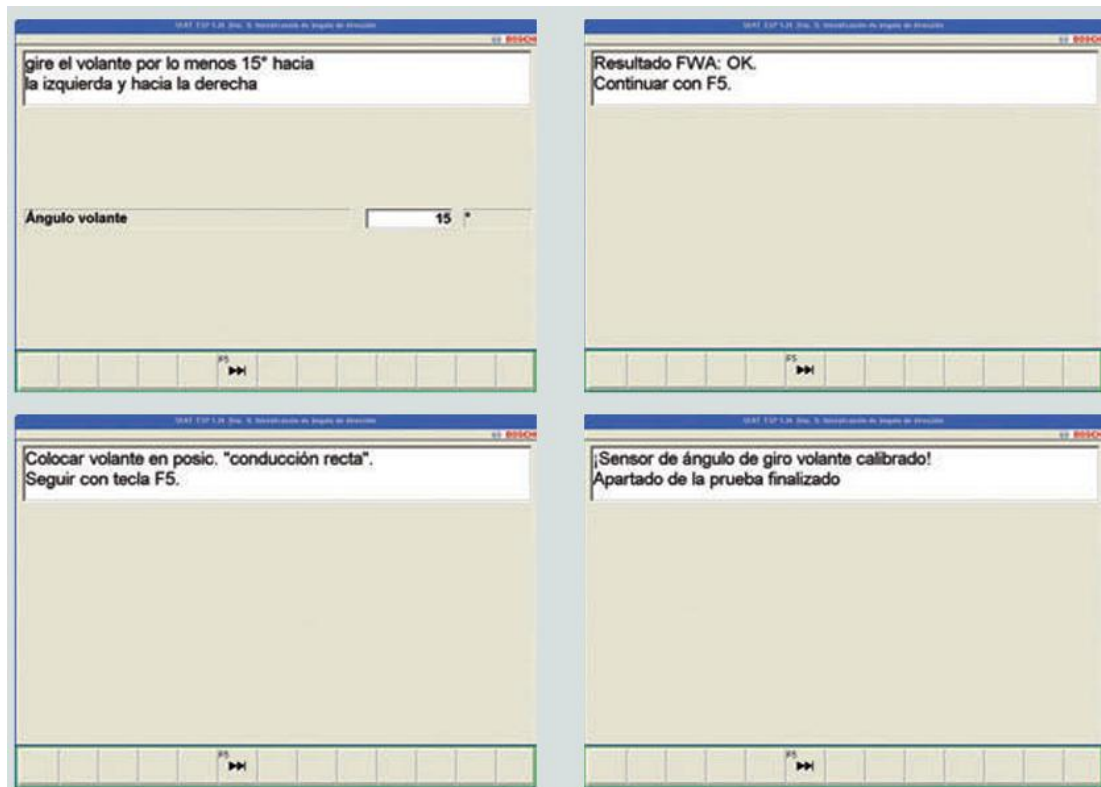


Figura 2.32 Proceso de calibrado del sensor del volante.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

12. Para realizar un purgado se siguen estos pasos:
 - Seleccionar la función “Purgar”.
 - Dar inicio al proceso.
 - El equipo preguntará si hay algún elemento por examinar.
 - Después indicará el tornillo de purga que se debe abrir.
 - Cerrar el tornillo de purga y abrir el siguiente tornillo según la posición que indique el equipo, hasta realizar el purgado en todas las ruedas.

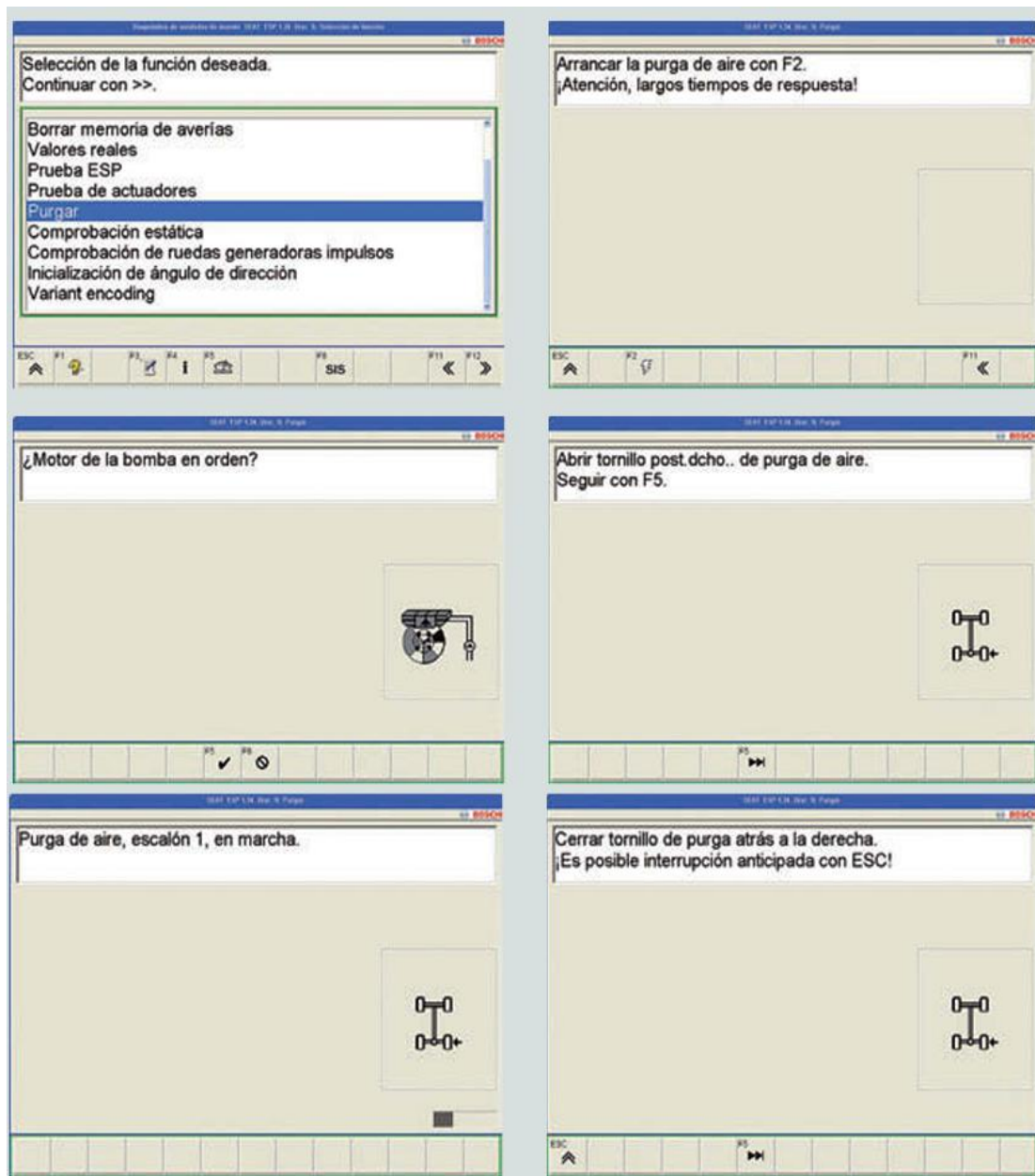


Figura 2.33 Proceso de purgado.

Fuente: Equipo de diagnóstico KTS de Bosch

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

El avance tecnológico es implacable, y así como se crean nuevos sistemas, también evolucionan otros, con el objetivo de perfeccionarlos y suprimir ciertos defectos; en el campo de la seguridad activa de frenado y estabilidad se ha llegado a un nivel elevado, gracias a la implementación del sistema de control de estabilidad, pero es preciso hacer un análisis comparándolo con sus antecesores para justificar su uso. Conseguir la manipulación de la dinámica en marcha ha marcado la diferencia, además el refinamiento del sistema, en cuanto a la calidad de sus componentes, lo convierten en el mejor actualmente; por lo tanto, el fabricante alemán ha optado mantener al ESP como el corazón de los circuitos de frenado y estabilidad, y las mejoras que se puedan aplicar a la marcha del vehículo trabajarán conjuntamente con este sistema.

El ESP a pesar de ser de gran ayuda al conductor y el mejor en cuanto a resultados, hay que destacar ciertos aspectos de marcha del vehículo que no puede controlar, por eso se han creado ciertas funciones o dispositivos capaces de actuar paralelamente con el sistema de control de estabilidad haciendo uso de sus componentes.

Las funciones son desarrollos del *software* de la unidad de control y se valen de los elementos del ESP y algunos sensores adicionales para cumplir su función, pero todas cumplen su oficio por medio de este programa de control de estabilidad. Es importante conocer cuáles son las funciones creadas y su utilidad, sobre todo las

llamadas predictivas, y conocer hacia dónde se dirigen las nuevas creaciones de sistemas.

3.1 Ideas futuras en sistemas de frenado y estabilidad

El futuro de los sistemas de frenado es la implementación de dispositivos que se adapten o trabajen en conjunto con los ya creados, pero sobre todo de funciones de frenado; por ejemplo los que han sido parte del desarrollo del Programa de Estabilidad ESP como la implementación del Asistente de frenado HBA y el Distribuidor de la fuerza de frenado EBV, los cuales son insertados en la unidad de control ESP como ampliaciones del *software* que cumplen tareas específicas, esto es posible gracias a la rapidez del procesamiento electrónico de datos, proporcionando una dinámica de marcha eficiente; las funciones implantadas recientemente son:

- *Hydraulic Brake Assist* (asistente hidráulico para el frenado, HBA):
Reconoce los frenados de emergencia por la acción del conductor sobre el pedal, aumenta la desaceleración gracias al incremento de presión de frenado, llevando a los neumáticos al límite del bloqueo.
- *Electronic Brakeforce Variable* (distribución electrónica de la fuerza de frenado, EBV):
Determina cuánta fuerza de frenado aplicar a las ruedas traseras, ajustándose a la mejor distribución de fuerza de frenado entre los ejes delantero y trasero para disminuir la distancia de frenado sin que el vehículo se des controle.
- *Controlled Deceleration for Parking Brake* (desaceleración controlada para freno de estacionamiento, CDP):
Sustituye la palanca o pedal de freno de estacionamiento por un electromotor, el cual puede ayudar al incremento de presión de frenado, y tras solicitarlo el conductor puede desacelerar el vehículo hasta detenerlo, una vez detenido se comporta como un freno de estacionamiento convencional.

- *Hill Hold Control* (control de arranque en cuestas, HHC):
Evita que el automóvil vaya hacia atrás al momento de arrancar en cuestas.
- *Hill Descent Control* (control de descenso de pendientes, HDC):
Realiza intervenciones de frenado basándose en la velocidad del vehículo cuando este desciende por una pendiente, la velocidad puede ser regulada por el conductor según cómo actúe sobre los pedales o mediante las teclas de manejo del sistema.
- *Controlled Deceleration for Driver Assistance Systems* (desaceleración controlada para sistemas de asistencia a la conducción, CDD):
La regulación adaptativa de velocidad (*Adaptative Cruise Control, ACC*), también conocida como velocidad crucero, se la puede encontrar en muchos automotores, pero la implementación de la función adicional CDD crea un sistema inteligente, que basándose en sensores de distancia mide qué tan lejos se encuentra el vehículo delante para permitir que se viaje a la velocidad predeterminada o se reduzca con intervenciones en el sistema ESP y por lo tanto en el frenado.
- *Hydraulic Fading Compensation* (compensación hidráulica de la degradación, HFC):
Ofrece fuerza de frenado adicional en caso de alta temperatura de los discos de freno o forros, ya que a altas temperaturas se reduce el coeficiente de fricción.
- *Hydraulic Rear Wheel Boost* (refuerzo hidráulico de rueda trasera, HRB):
Brinda una ayuda en la fuerza de frenado en las ruedas traseras cuando las delanteras ya están recibiendo regulación del ABS, llevando a las traseras al bloqueo y se pueda iniciar la regulación ABS.
- *Brake Disc Wiping* (limpieza de disco de freno, BDW):
Reconoce la existencia de lluvia o la calzada húmeda y realiza intervenciones de frenado, leves e imperceptibles para el conductor, con el propósito de limpiar los discos de freno, garantizando tiempos de reacción de frenado mínimos.

Las funciones nombradas son adaptables al sistema de estabilidad ESP, algunas otras se podrían adaptar al ABS o ASR, ya que la mayoría trabaja con sensores de los sistemas de frenado, aunque algunas otras requieren sensores adicionales.

Otra de las funciones adaptables al ESP es la predictiva, que puede anunciar un posible accidente; cuanto antes se detecte la posibilidad de un contratiempo el conductor tendrá un lapso mayor para tomar medidas al respecto y evitarlo. La marca Bosch ha nombrado a este desarrollo como *Predictive Safety Systems* (sistemas predictivos de frenado, PSS), que se basa en el uso del sensor de distancia, que monitorea el área frente al automóvil para conocer qué tan lejos se encuentra el vehículo delante. Las funciones predictivas de frenado se dan en tres fases a saber:

1. La primera la realiza el *Predictive Brake Assist* (asistente predictivo de frenado, PBA); se encarga de recolectar información mediante el sensor de distancia o radar del *Adaptive Cruise Control* ACC, y en caso de existir alguna amenaza prepara a los frenos para una posible frenada de emergencia; la preparación consiste en rellenar los circuitos con líquido de frenos y acercar los forros de freno de manera inapreciable; además, con los datos de distancia y velocidad puede intervenir sobre el asistente de frenado, ya que la mayoría de conductores no ejercen la fuerza suficiente sobre el pedal en caso de una frenada inesperada.
2. En la segunda colabora la función *Predictive Collision Warning* (aviso predictivo ante una colisión, PCW), la cual se encarga de activar la alarma para dar aviso al conductor ante situaciones críticas, para que reaccione y esquive el obstáculo o, por lo menos reduzca la fuerza del impacto.
3. La tercera fase la ejecuta la función *Predictive Emergency Braking* (frenada predictiva de emergencia, PEB), efectuando un frenado automático en el caso de que el conductor no haya reaccionado al aviso o lo haya hecho de manera insuficiente; esta frenada trata de retener al vehículo al máximo para debilitar la colisión o las lesiones.

Estas funciones son de gran ayuda para el conductor, evitando accidentes o aminorando la magnitud de la colisión con el aviso y la asistencia de frenado; sin

embargo, estos casos pueden permitir la colisión frontal, por lo tanto, se está desarrollando una función adicional para impedir el accidente por sobre todas las cosas; con una cuarta fase se está integrando una función llamada *Emergency Steer Assist* (asistencia de emergencia de la dirección del vehículo), ayudando al vehículo a cambiar de dirección con la asistencia de sensores de proximidad laterales.

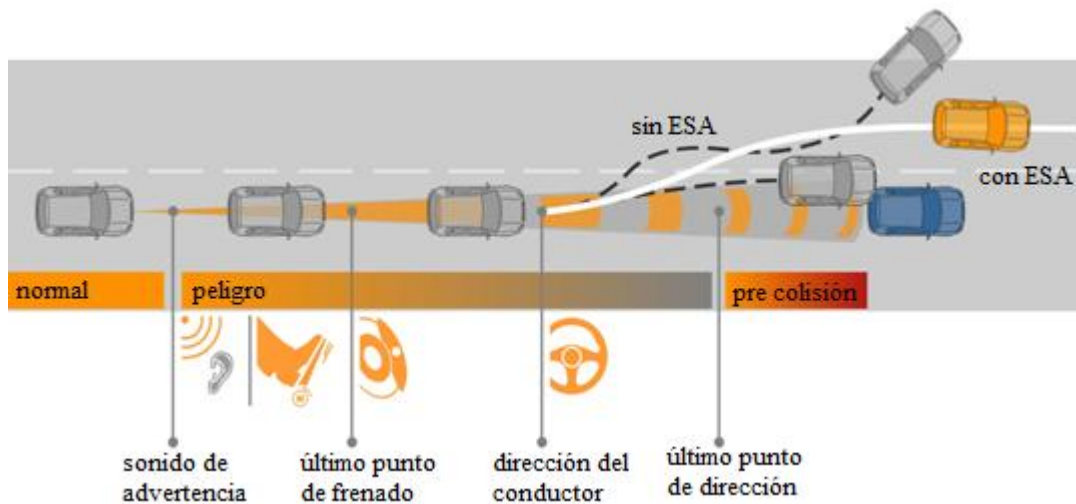


Figura 3.1 Modo de gestión del *Emergency Steer Assist*.

Fuente: <http://mediacenter.conti-online.com>

Todos los dispositivos de seguridad activa de freno y estabilidad que se adapten al vehículo en un futuro, tendrán que trabajar conjuntamente con el sistema de ESP, que es el que maneja todas las funciones y procesos de frenado, ya que tiene el mando del grupo hidráulico. Las firmas alemanas Bosch y Mercedes-Benz, nuevamente han logrado con su trabajo conjunto, realizar la adaptación de un nuevo sistema de seguridad, el freno electro-hidráulico SBC (*Sensotronic Brake Control*), que ha tenido mucho nombramiento y transforma al sistema de frenado.

El sistema trabaja de forma paralela con el de control de estabilidad, y sin duda alguna, una muy buena adaptación y ampliación para el sistema. Espese trata del freno electro-hidráulico SBC, que utiliza su propia unidad de control, aunque mediante la

comunicación CAN BUS comparte información que le brindan todos los sensores que componen el sistema de estabilidad, además hace uso de una unidad de accionamiento con sensor de recorrido de pedal y un depósito de alta presión hidráulica. La función del sistema es intensificar y regular la fuerza de frenado para cada rueda; al accionar el freno la unidad de control SBC calcula las presiones de frenado para cada cilindro de freno, y de igual manera puede regular dichas presiones independientemente para cada cilindro por medio de moduladores de presión y sensores de presión en los circuitos de las ruedas.

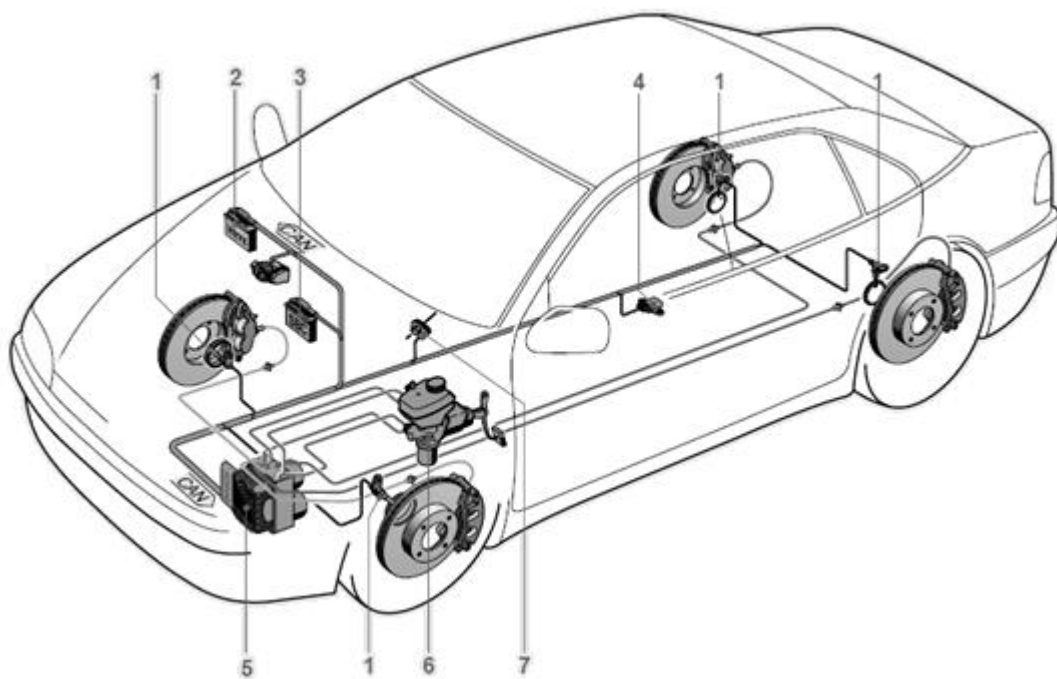


Figura 3.2 Montaje de los componentes SBC.

Fuente: Sistemas de freno convencionales y electrónicos. Bosch, Robert.

1. Sensor de velocidad de giro de la rueda con identificación del sentido de giro.
2. Unidad de control del motor.
3. Unidad de control SBC.
4. Sensores de convolución y de aceleración transversal.
5. Grupo hidráulico para SBS, ABS, ASR y ESP, con unidad de control adosada.
6. Unidad de accionamiento con sensor de recorrido del pedal.
7. Sensor de ángulo de dirección.

La presión hidráulica requerida es suministrada desde el depósito de alta presión adosado al grupo hidráulico; toda esta gestión se ejecuta gracias a la unidad de accionamiento que ocupa el lugar del cilindro principal y servofreno donde se captan las intenciones del conductor, sea velocidad o fuerza de accionamiento del pedal, para así realizar un frenado óptimo, independientemente, de la labor del conductor. La unidad de accionamiento cumple la función del servofreno ayudando con la presión de frenado; además, el sistema tiene una función de acondicionamiento al frenado, que en el momento que el conductor deja de actuar sobre el acelerador se crea una presión inicial de frenado y se acercan los forros, en caso de frenado a fondo estas medidas causan diferencia en la distancia de frenado.

Otro de los sistemas que se ha desarrollado y se proyecta a hacer un trabajo de forma conjunta con el ESP es el *Electro-mechanical Brake* (freno electromecánico, EMB), de esta forma deja de funcionar mediante la hidráulica y se utiliza la electromecánica, a este tipo de sistemas se los conoce como “*brake by wire*”, debido a su manera de trabajar, captando las señales, procesándolas con su unidad de control y actuando con el frenado, en este caso procediendo sobre unos motores eléctricos que presionan los forros de freno contra los disco, funciona con una conexión puramente electrónica entre el pedal y el freno de rueda.

3.2 Análisis del avance de los sistemas

La invención de sistemas de seguridad activa se fundamenta en la gran cantidad de accidentes debido a problemas específicos que se dan durante la marcha de un automotor, sin olvidarnos de las condiciones influyentes que se pueden presentar en la carretera y la posible impericia del conductor para sortearlas. En muchas ocasiones la vasta experiencia de un chofer no es suficiente para controlar un vehículo en situaciones críticas, por eso la integración de estos sistemas, para ayudar a mantener la maniobrabilidad del vehículo y así evitar accidentes, o en el caso de que ocurra uno, reducir los daños, y por supuesto proteger a los ocupantes.

Los dispositivos actuales han surgido de la creación del ABS, no hay duda que gracias al invento de este sistema se han desarrollado los demás, ya que se basan en su funcionamiento y hacen uso de sus componentes, siendo una ampliación de este pero cumpliendo otras tareas. El propósito del ABS estaba focalizado en el problema respecto al frenado y al bloqueo de los neumáticos, se cumplió con la eliminación del inconveniente que era lo importante, pero no de manera satisfactoria, por lo tanto se lo tomó como un punto de referencia, porque se sabía que era posible su perfeccionamiento.

La mejora del ABS fue sensacional; focalizada en el grupo hidráulico y la unidad de control, ya que con la versión 5.0 se redujo en un 45% el peso del grupo hidráulico de la versión anterior con una mejor velocidad de operación, gracias al uso de válvulas 2/2; se creó una unidad de control más confiable y se adosó la misma al grupo hidráulico; esto demostró que era un sistema que estaba evolucionando conforme a los avances de la electrónica y procesos de fabricación. Actualmente, el sistema pesa la séptima parte y hace intervenciones de frenado de hasta veinticinco pulsaciones por segundo. La implementación de este componente en el vehículo ha sido fructífera, su costo no es alto y los beneficios que ofrece son extensos, sobre todo si se trata de salvar vidas.

Junto con el desarrollo del grupo hidráulico y la unidad electrónica, se realizó la adaptación del sistema para cumplir otra función, debido a un problema existente, el resbalamiento durante los arranques; para contrarrestar este inconveniente se agregan dos electroválvulas al grupo de ABS, se trabaja con la señal del acelerador, se interviene sobre el *software* y mediante comunicación CAN BUS la unidad de control del motor evita una aumentada entrega de par, con estos pequeños cambios el sistema se convierte en un sistema ABS/ASR con una mejor funcionalidad.

Con el paso del tiempo el sistema hizo un avance progresivo sobre sus componentes pero manejando dos problemas puntuales, el antibloqueo de las ruedas para permitir la influencia de la dirección y la limitación del motor o frenadas puntuales para evitar un giro descontrolado de las ruedas, es decir, el sistema se hizo para el control en la detención y el arranque del vehículo, por eso la búsqueda de una ampliación capaz de manejar esas dos funciones y desenvolverse en todo momento basándose en la dinámica del automotor, de ahí la evolución hacia el sistema de estabilidad, que basándose en sensores logra interpretar las intenciones del conductor y las del vehículo, a comparación de sus predecesores el ESP es más influyente al momento de prevenir accidentes y salvar vidas, pero sin menospreciarlos ya que cada uno cumple su tarea.

El sistema de estabilidad es más exigido en cuanto a su funcionalidad, pero respecto al sistema ABS/ASR el grupo hidráulico aumenta el número de válvulas y la inserción importante es referente a la electrónica, debido a los sensores que se integran, y su diferencia de precio no es mayor, ya que los elementos electrónicos son fabricados en masa. Se puede decir que la variación de un sistema a otro es mínima, son de pocos componentes pero cada uno cumple un papel importante, más bien la variación se da de una generación respecto a la otra, principalmente en el grupo hidráulico y la reducción de su peso.

Los dispositivos ESP actuales tienen la misma eficiencia y manejan el mismo número de elementos, pero tienen un *software* mejorado y extendido, capaz de desplegar otras funciones y con la ventaja de poder trabajar conjuntamente con otros sistemas, por lo tanto la inversión en estos sistemas, al adquirir un vehículo, sería aconsejable, en el caso de que sea opcional, que por el hecho de abaratar el costo en la compra se dejaría de contar con una gran ayuda durante el manejo; por supuesto, la adquisición será posible cuando estos lleguen a la venta en nuestro mercado.

CONCLUSIONES

- Se logró recopilar la suficiente información de los sistemas de seguridad activa de frenado y estabilidad en virtud a que la marca tomada en cuenta ha sido Bosch, la más popular en cuanto a la fabricación de estos dispositivos, la misma que maneja la publicación de material informativo sobre sus productos en cuanto a funcionamiento y datos técnicos; fue necesaria una búsqueda profunda respecto al diagnóstico y mantenimiento, ya que existe información limitada debido a que la intervención sobre estos dispositivos está vinculada con el manejo paralelo de un *software* y un escáner apropiado; sin embargo no fue posible conocer la influencia en el parque automotor de la Ciudad de Cuenca correspondiente a la reducción de accidentes a raíz del uso de estos componentes, puesto que existe un proceso de transición de acuerdo al manejo de las estadísticas, las cuales se manejaban previamente por la Agencia Nacional de Tránsito y están pasando a manos de la OIAT, si bien los datos manipulados por las organizaciones muestran la cantidad de accidentes debido a fallas mecánicas, lo hacen de forma general, sin especificar si se trato de un incidente por falla en el sistema de frenado.
- Los sistemas de seguridad activa poseen un número limitado de elementos y cada uno es fundamental para cumplir el propósito de cada sistema, por lo tanto es trascendente cada mejora de un sistema al siguiente; consecuentemente era necesario marcar claramente el principio de funcionamiento de cada componente para notar las diferencias entre cada sistema y luego analizarlos comparativamente, ya sea por sus componentes, su forma de trabajo y su eficacia.
- Debido a la información obtenida se logro describir los diferentes sistemas acorde a los componentes que posee cada uno y la variación que puede marcar la presencia de los sensores implementados en el sistema ESP respecto al ABS. La corrección de una maniobra de manejo en la última generación del sistema antibloqueo respecto a la primera, es que lo hace en un 50% del

tiempo gracias al número de pulsaciones, destacando también que su peso es de un 16% respecto al primer modelo. Los beneficios que trae el conjunto ESP es englobar la tarea del ABS y otras acciones de asistencia en el manejo, con un aumento insignificante de peso en su grupo hidráulico.

- Se analizó a los sistemas de seguridad activa de frenado y estabilidad y su respectivo desarrollo, debido a su delicadeza por la electrónica que manejan, por eso es importante conocer los cuidados y procedimientos para realizar el diagnóstico correcto; se ha destacado la importancia del cumplimiento de un mantenimiento básico, el cual es prácticamente el mismo que el de un sistema convencional y el uso de un escáner que facilita el procedimiento de diagnóstico hasta operaciones como el purgado. Se ha mostrado la influencia de estos sistemas en la ciudad de Cuenca, para deducir que la aceptación de estos dispositivos es tardía, como el ABS que ha tenido gran aceptación desde el año 2002 a pesar de su concepción hace mucho tiempo y actualmente según la muestra tomada un 56,25% de los vehículos de la marca más popular están equipados, teniendo en cuenta que se consideraron vehículos de hace tres décadas, y que de ese porcentaje el 82,35% de vehículos son de la última década; pero así la presencia de sistemas de seguridad con tecnología de punta se manifieste en ciertas marcas, la tendencia apunta a la instalación del ESP como asistente de control del vehículo, y por ende a la reducción de accidentes de tránsito.

RECOMENDACIONES

- Es necesario conocer los principios de funcionamiento de los sensores y componentes de cada sistema, de esta forma se tiene presente cómo funciona el sistema en conjunto y las señales que emiten los mismos.
- Se debe conocer con certeza con qué tipo de sistema se está trabajando para conocer los parámetros en los que se puede variar.
- Para realizar los diagnósticos utilizar un manual o base de datos confiable, en el caso de versiones previas a 1996, y a partir de ese año preferiblemente contar con el *software* y equipos recomendados por el fabricante.
- Efectuar el mantenimiento del circuito de frenos según lo recomendado por el fabricante del vehículo, ya que de este también dependen los sistemas activos de frenado y estabilidad.
- Tener en cuenta qué tipo de líquido de frenos se debe utilizar en el sistema.
- Respetar la rutina de mantenimiento y las precauciones propuestas por el fabricante.
- Al adquirir un vehículo se debe dar mayor atención a aquellos que poseen dispositivos de seguridad activa, reconociendo su valor y utilidad.
- Debido al grado de complejidad de las carreteras del Ecuador se debe tener preferencia por automotores seguros en general, sin dejarse llevar por los costos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO PÉREZ, José Manuel. **Técnicas del automóvil: equipo eléctrico.** Editorial Paraninfo, Madrid, 2004 (Décima edición).
- BOSCH, Robert. **Manual de diagnosis ESI [Tronic] software.** 2011.
- BOSCH, Robert. **Sistemas de freno convencionales y electrónicos.** Alemania, 2003 (Tercera edición).
- BOSCH, Robert. **Sistemas para estabilización del vehículo.** Alemania, 2004 (Primera edición).
- FERRER, J., DOMÍNGUEZ, E. **Sistemas de transmisión y frenado,** Editorial Editex S.A., Madrid, 2008.
- GIL MARTÍNEZ, Hermógenes. **Manual del automóvil reparación y mantenimiento,** Editorial Cultural S.A., Madrid, 2002.
- GILLES, Tim. **Automotive Chassis: Brakes, Suspension and Steering.** Cengage Learning, 2004.
- OWEN, Clifton. **Automotive Brake Systems.** Cengage Learning, 2010 (Quinta edición).
- RAJAMANI, Rajesh. **Vehicle Dynamics and Control,** Editorial Springer, 2012.
- Society of Automotive Engineers, **Brakes and Electronic Stability Control.** SAE International, 2005.
- Pérez López, C. **Muestreo estadístico: conceptos y problemas resueltos.** Madrid: Pearson Prentice Hall, 2005.

ANEXOS

Anexo 1: Modelos de vehículos sugeridos respecto a seguridad activa.

Este anexo está compuesto de dos tablas, la primera consta de los vehículos más populares en cada año, de acuerdo a su año y tipo se ha tomado dos alternativas de modelos preferibles referente al equipamiento de seguridad activa y con un precio aproximado al del modelo popular, los cuales se muestran en la segunda tabla; cabe destacar que estas tablas inician desde el año 2002, en donde se consolidó la presencia del sistema ABS.

Vehículos populares y su equipamiento.

Año	Modelo más vendido	Tipo de vehículo	Equipamiento
2002	GRAN VITARA DLX T/M A/C	Todo Terreno	ABS
2003	GRAN VITARA DLX T/M A/C	Todo Terreno	ABS
2004	CORSA EVOLUTION 1.8 STD	Auto Sedán	Ninguno
2005	CORSA EVOLUTION 1.8 STD	Auto Sedán	Ninguno
2006	CORSA EVOLUTION Active 1.4 STD	Auto Sedán	Ninguno
2007	SPARK STD 1.0L ACTIVO	Auto Hatchback	Ninguno
2008	AVEO ACTIVO 1.4L STD	Auto Sedán	Ninguno
2009	GRAND VITARA SZ 2.0L TM 4X2	Todo Terreno	ABS
2010	GRAND VITARA SZ 2.0L TM 4X2	Todo Terreno	ABS
2011	GRAND VITARA 2.0L DLX T/M 4X2	Todo Terreno	ABS+EBV
2012	AVEO FAMILY 1.5L TM STD	Auto Sedán	Ninguno

Vehículos sugeridos y su equipamiento.

Año	Primera alternativa/Equipamiento		Segunda alternativa/Equipamiento	
2002	RAV4 4X2 T/M	ABS	MONTERO IO	ABS
2003	RAV4 4X2 T/M	ABS	MONTERO IO	ABS
2004	CORSA EVOLUTION 1.8 GLS	ABS	COROLLA 1.8 T/M	ABS
2005	OPTRA 1.8L T/M	ABS	POLO SEDAN 1.6	ABS
2006	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	ABS+ASR	SENTRA 1.6 M/T	ABS
2007	MATRIX GL T/M	ABS+EBV	YARIS NITRO	ABS+EBV
2008	OPTRA 1.8L T/M LIMITED	ABS+ASR	AVEO EMOTION 1.6L GLS	ABS
2009	TUCSON 4X2 2.0 T/M	ABS	SPORTAGE LX 2.0L 4X2 GSL	ABS
2010	TUCSON 4X2 2.0 T/M	ABS	SPORTAGE ACTIVE	ABS
2011	TUCSON IX 5P 4X2 2.0 TM STD	ABS+EBV	SPORTAGE R	ABS+EBV
2012	SENTRA 1.6 M/T	ABS+EBV	SAIL 1.4L 4X2 TM AC	ABS