



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS ABS EN UN
VEHÍCULO TOYOTA RAV4 2003 PARA OPTIMIZAR SU
FRENADO**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico
Automotriz**

Autores:

Ortega Calle Adrián Felipe
Bernal Cedillo Carlos Andrés

Director de tesis:
Segarra Coello Pablo David

Cuenca – Ecuador

2012

Dedicatoria:

A todos aquellos que me brindaron su apoyo en el desarrollo de la tesis, tanto de forma moral como para su desarrollo y de forma especial a mi familia y amigos que me apoyaron incondicionalmente y siempre estuvieron pendientes en la obtención de este logro.

Adrián Ortega C.

A mi familia que siempre estuvo brindándome su apoyo incondicional y pilar fundamental para conseguir esta meta tan importante en mi vida. Y a todas las personas que estuvieron a mi lado apoyándome de igual manera

Carlos Bernal C.

Agradecimiento:

De misma manera un agradecimiento especial a nuestro director de tesis Ing. Pablo Segarra, miembros de nuestro tribunal, así como a la Universidad del Azuay y a todos sus docentes que nos impartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO 1: SEGURIDAD ACTIVA: FRENOS ABS.....	3
1.1 Definición accidente de tránsito.....	3
1.2 Estadísticas de accidentes de tránsito en el Ecuador.....	3
1.3 La seguridad en los automóviles.....	4
1.3.1. La seguridad activa.....	4
1.3.2. Los sistemas frenos en la seguridad activa.....	5
1.3.3. Función y necesidad de los frenos.....	6
1.4. Sistema de frenos ABS.....	8
1.4.1. Introducción a los sistemas de freno ABS.....	8
1.4.2. Objetivo del sistema de frenos ABS.....	10
1.4.3. Beneficios del sistema de frenos ABS.....	12
1.4.4. Disposiciones del sistema ABS.....	13
1.4.5. Tipos básicos de regulación de ruedas.....	14
1.4.6. Esquemas del sistema ABS.....	15
1.4.7. Funcionamiento del sistema ABS.....	18
1.4.8. Fases de regulación del sistema ABS.....	19
1.4.8.1. Primera fase: Frenado normal o subida de presión.....	19
1.4.8.2. Segunda fase: Mantener la presión.....	19
1.4.8.3. Tercera fase: Disminuir la presión.....	20
1.5. Componentes del sistema ABS.....	21
1.5.1. Unidad de control electrónica del ABS.....	23
1.5.2. Sensores de velocidad de giro de las ruedas.....	24
1.5.2.1. Estructura y funcionamiento de sensores inductivos.....	25
1.5.3. Luz testigo de ABS.....	27

1.5.4. Grupo hidráulico	28
1.5.4.1. Elementos que componen un grupo hidráulico	29
1.5.4.1.1. Las electroválvulas	29
1.5.4.2. La bomba de recirculación	34
CAPÍTULO 2: DINAMICA DEL FRENADO DEL VEHÍCULO.....	35
2.1. Dinámica del frenado	35
2.1.1. La fuerza de adherencia.	35
2.1.2. Energía del frenado	38
2.1.3. Fuerza de frenado.	39
2.1.4. Tipos de fuerzas de frenado	43
2.1.4.1. Fuerza de rozamiento Estática	43
2.1.4.2. Fuerza de rozamiento Dinámica	43
2.2. Física de frenado del ABS	44
2.3. Eficacia de los frenos	45
2.4. Transferencia de carga	46
2.4.1. Cargas dinámicas	47
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS ABS EN UN VEHÍCULO TOYOTA RAV4 2003.....	53
3.1. Sistema convencional de frenos del vehículo Toyota Rav4.....	53
3.1.1. Disposición del circuito de frenos del Toyota RAV4	53
3.1.2. Componentes del sistema de frenos convencional.....	54
3.1.3. Constitución sistema de frenos eje delantero	59
3.1.4. Constitución sistema de frenos eje trasero	59
3.2. Elementos para sistema de frenos ABS en el Toyota RAV4	60
3.3. Disposición y funcionamiento del sistema ABS de Toyota.....	64
3.4 Constitución del sistema ABS de Toyota.....	65
3.5. Procesamiento de datos del ABS para Toyota	66
3.6. Tipos de sistema ABS de Toyota	67
3.6.1. Sistema de frenos ABS con Electroválvula de 2 posiciones (DENSO)...	68
3.6.2. Fases de operación de la unidad hidráulica del ABS DENSO para el Toyota RAV4	70
3.7. Implementación de los elementos para funcionamiento del sistema ABS en el Toyota RAV4	73
3.8. Conexión eléctrica del sistema ABS	89

3.9. Instalación eléctrica del sistema.....	91
3.10. Comprobación de funcionamiento del sistema	110
3.11. Prueba en carretera.....	112

CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO DE CÓDIGO DE FALLAS DEL SISTEMA DE FRENOS ABS.....117

4.1. Modo Autodiagnóstico.....	117
4.2. Función de autodiagnóstico del ABS.....	118
4.3. Verificación del código de fallas.....	119
4.4. Códigos de fallas del sistema ABS	119
4.4.1. DTC exclusivos de elementos físicos	120
4.4.2. DTC del circuito de sensores de velocidad	123
4.4.3. DTC del circuito de la válvula solenoide del ABS	127
4.4.4. DTC del circuito del relé del motor del ABS.....	128
4.4.5. DTC del circuito del relé de solenoide del ABS.....	130
4.4.6. DTC del circuito de fuente de alimentación eléctrica del IG.....	131
4.4.7. DTC del circuito del interruptor de luces de parada	133
4.4.8. DTC del bloqueo del motor de la bomba del ABS	134

CAPÍTULO 5: PRUEBAS DE FRENADO EN EL VEHÍCULO TOYOTA RAV4.....136

5.1. Eficacia de frenado.....	136
5.2. Pruebas de frenado en carretera con el sistema convencional	139
5.2.1. Elementos para desarrollo de las pruebas	139
5.2.2. Desarrollo de las pruebas de frenado	140
5.2.3. Prueba de distancia de frenado en pavimento.....	140
5.2.4. Prueba de distancia de frenado en tierra	142
5.3. Pruebas de frenado en carretera con el sistema ABS.....	143
5.3.1. Prueba de la Distancia de frenado en pavimento.....	143
5.3.2. Prueba de distancia de frenado en tierra	144
5.4. Comparación de resultados	145
5.4.1. Distancias de frenado	145
5.4.2. Fuerzas de frenado	146
5.4. Prueba de la capacidad direccional	147

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXOS.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Coeficiente de rozamiento y derrape del neumático.....	6
Figura 1.2: Generación de calor por efecto de rozamiento en laboratorio.....	7
Figura 1.3: Elementos del Sistema de Freno.....	8
Figura 1.4: Pérdida de adherencia en las rueda.....	9
Figura 1.5: Ruedas delanteras bloqueadas.....	10
Figura 1.6: Ruedas traseras bloqueadas.....	11
Figura 1.7: Circuito de frenos delante-atrás.....	13
Figura 1.8: Circuito en diagonal.....	14
Figura 1.9: Esquema 4 canales – 4 sensores (Delante-Atrás y Diagonal).....	15
Figura 1.10: Esquema 3 canales – 3 y 4 sensores (Delante-Atrás).....	16
Figura 1.11: Esquema 2 canales – 2 y 3 sensores (delante-atrás y diagonal).....	17
Figura 1.12: Esquema 1 canal – 1 sensor (delante-atrás).....	18
Figura 1.13: Fase de frenado Normal.....	19
Figura 1.14: Fase de mantención de la presión.....	20
Figura 1.15: Fase de disminución de la presión.....	21
Figura 1.16: Principales componentes del sistema ABS.....	22
Figura 1.17: Esquema general de un sistema ABS.....	23
Figura 1.18: Sensor de velocidad de rueda y corona dentada.....	25
Figura 1.19: Sensor Inductivo y señal alterna.....	26
Figura 1.20: Frecuencia pulsatoria de los sensores inductivos.....	26
Figura 1.21: Formas de espiga polar y modos de montaje.....	27
Figura 1.22: Luz testigo ABS.....	28
Figura 1.23: Unidad Hidráulica del ABS.....	29
Figura 1.24: Estructura de electroválvula 3/3.....	31
Figura 1.25: Sistema ABS con electroválvulas 2/2.....	32

Figura 1.26: Estructura válvula 2/2 (aumento de presión).....	33
Figura 1.27: Estructura válvula 2/2 (mantención de presión).....	33
Figura 1.28: Estructura válvula 2/2 (reducción de presión).....	34
Figura 2.1: Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de adherencia.....	36
Figura 2.2: Coeficientes de adherencia máximas para neumáticos con diferente desgaste en carretera seca.....	38
Figura 2.3: Energía de cinética y trabajo de frenado.....	39
Figura 2.4: Fuerzas de frenado generadas en el contacto neumático-carretero.....	40
Figura 2.5: Neumático sometido a un esfuerzo de frenado.....	41
Figura 2.6: Variación de radio efectivo por frenado.....	42
Figura 2.7: Campos de regulación del ABS para diferentes condiciones carreteras..	45
Figura 2.8: Transferencia de carga por frenado.....	47
Figura 2.9: Reparto de la fuerza de frenado.....	48
Figura 3.1: Circuito de freno disposición en diagonal... ..	54
Figura 3.2: Cañerías rígida.....	55
Figura 3.3: Cañerías flexibles.....	56
Figura 3.4: Bomba de frenos (cilindro principal).....	56
Figura 3.5: Salida de presión de los 2 circuitos de la bomba . ..	57
Figura 3.6: Interruptor luz de freno.....	58
Figura 3.7: Luz alerta de frenos.....	58
Figura 3.8: Disco de freno, eje delantero.....	59
Figura 3.9: Punta de eje con rueda fónica.....	60
Figura 3.10: Sensores inductivos de tipo polo plano.....	61
Figura 3.11: Manzanas posteriores con ruedas fónicas y sensor incluido.....	62
Figura 3.12: Cañerías de freno rígidas para el sistema ABS.....	63
Figura 3.13: Módulo ABS Denso.....	64
Figura 3.14: Sistema ABS para Toyota.....	65

Figura 3.15: Entrada y salida de datos del módulo ABS.....	67
Figura 3.16: Electroválvula de mantenimiento de presión.....	68
Figura 3.17: Electroválvula de reducción de presión.....	69
Figura 3.18: Configuración de la unidad hidráulica del ABS tipo DENSO.....	70
Figura 3.19: Fase de frenado normal.....	71
Figura 3.20: Fase de mantención de presión.....	71
Figura 3.21: Fase reducción de presión.....	72
Figura 3.22: Fase incremento de presión.....	73
Figura 3.23: Embancado del Toyota RAV4.....	74
Figura 3.24: Discos de freno.....	74
Figura 3.25: Mangueta y punta de eje.....	75
Figura 3.26: Manguetas desmontadas.....	75
Figura 3.27: Zona de acoplamiento del sensor de revoluciones.....	76
Figura 3.28: Agujero de referencia.....	77
Figura 3.29: Agujero para sensor de revoluciones.....	78
Figura 3.30: Agujero para tornillo de sujeción del tornillo.....	78
Figura 3.31: Semiejes con puntas retiradas.....	79
Figura 3.32: Colocado de las puntas y de los protectores de caucho.....	80
Figura 3.33: Armado de los semiejes.....	80
Figura 3.34: Agujero del sensor y rueda fónicas armadas.....	81
Figura 3.35: Bujes plásticos y colocación del módulo en el soporte.....	82
Figura 3.36: Colocación de pernos de unión módulo con compartimento del motor.....	82
Figura 3.37: Módulo ABS instalado.....	83
Figura 3.38: Entrada de cañerías desde la bomba de frenos al módulo.....	84
Figura 3.39: Salidas hacia ruedas delanteras y válvula doble de proporcionalidad.....	84
Figura 3.40: Válvula repartidora de presión.....	85
Figura 3.41: Cañerías y válvula retiradas del sistema de frenos.....	85

Figura 3.42: Válvula de proporción doble.....	86
Figura 3.43: Válvula de proporción doble.....	86
Figura 3.44: Válvula de doble proporción para el sistema ABS.....	87
Figura 3.45: Válvula de doble proporción para el sistema ABS modificada.....	88
Figura 3.46: Cañerías para sistema ABS instaladas.....	88
Figura 3.47: Conector del módulo ABS (NUMERACIÓN DE PINES).....	89
Figura 3.48: Conexión eléctrica del sistema ABS.....	92
Figura 3.48: Localización de bloques fusibles.....	93
Figura 3.49: Posición del cableado para el sistema ABS.....	94
Figura 3.50: Bloque del compartimiento del motor y unión de pines de la parte posterior.....	94
Figura 3.51: Pines posteriores del bloque de fusibles del compartimiento del motor.....	95
Figura 3.52: Ubicación de fusibles de protección del sistema.....	96
Figura 3.53: Soldado de los cables para los sensores delanteros y alimentación del módulo.....	97
Figura 3.54: Unión cables café verde (módulo) con cables del sensor de velocidad izquierdo.....	98
Figura 3.55: Cableado para conexión de los sensores posteriores.....	98
Figura 3.56: Verificación de los sensores posteriores.....	99
Figura 3.57: Soldado de los cables de conexión de los sensores posteriores.....	100
Figura 3.58: Tablero del RAV4.....	100
Figura 3.59: Conector a del tablero.....	101
Figura 3.60: Circuito electrónico del tablero y ubicación de diodo led ABS.....	102
Figura 3.61: Circuito eléctrico para el aviso luminoso de ABS.....	102
Figura 3.62: Diodo led encendido con interruptor de encendido.....	104
Figura 3.63: Empalme del pin 10 del módulo (CABLE AMARILLO).....	105
Figura 3.64: Bloque compartimiento del pasajero, empalme verde.....	106

Figura 3.65: Bloque compartimiento del conductor, empalme (CABLE ROJO).....	107
Figura 3.66: Numeración de pines del OBDII.....	108
Figura 3.67: Instalación de las líneas al OBDII.....	109
Figura 3.68: Módulo ABS instalado.....	110
Figura 3.69: Purgado de la bomba principal.....	110
Figura 3.70 Purgado del grupo hidráulico ABS.....	111
Figura 3.71: Luz de advertencia ABS encendida.....	111
Figura 3.72: SCANNER LAUNCH X-431.....	114
Figura 3.73: Conexión del osciloscopio.....	115
Figura 3.74: Formas de onda.....	115
Figura 3.75: Aislado de arnés de cables.....	115
Figura 3.76: Arnés de cables del sistema ABS.....	116
Figura 4.1: Secuencia de verificación de solenoides y motor-bomba interruptor de encendido en posición “ON”.....	118
Figura 4.2: Luz advertencia ABS encendida.....	118
Figura 4.3: Conexión del scanner en el DLC3.....	119
Figura 4.4: Forma de onda de la señal de los sensores de velocidad.....	122
Figura 4.5: Estado de los dientes del rotor.....	122
Figura 4.6: Medición de la resistencia del conector del sensor delantero.....	125
Figura 4.7: Medición de la resistencia de los terminales del sensor posterior.....	126
Figura 4.8: Medición de la resistencia del mazo de cables secundario del sensor trasero.....	127
Figura 4.9: Medición del voltaje con multímetro del conector de la ecu del ABS...129	
Figura 4.10: Medición del voltaje entre el pin 10 y carrocería.....	134
Figura 5.1 Estructura de la pista para las pruebas de frenado en pavimento.....	140
Figura 5.2: Medición de la distancia de frenado.....	141
Figura 5.3: Fuerzas de frenado en pavimento y en tierra.....	150

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1: Coeficientes de adherencia máximos para diferentes tipos de carretera...	37
Tabla 3.1: Numeración de pines.....	90
Tabla 3.2: Cableado sensores delanteros.....	95
Tabla 3.3: Cableado sensores traseros.....	97
Tabla 3.4: Pines de masa del módulo.....	99
Tabla 3.5: Conexión luz de advertencia de freno.....	103
Tabla 3.6: Conexión del trompo de freno.....	103
Tabla 3.7: Conexión de diagnóstico.....	106
Tabla 3.8: Conexión del OBD2.....	106
Tabla 4.1: Códigos de falla exclusivos de Toyota.....	120
Tabla 4.2: Códigos de falla para sensores de velocidad.....	124
Tabla 4.3: Códigos de falla para solenoides del ABS.....	127
Tabla 4.4: Códigos de falla para relé del motor ABS.....	128
Tabla 4.5: Códigos de falla para relé del solenoide ABS.....	130
Tabla 4.6: Códigos de falla para el circuito de alimentación del ABS.....	131
Tabla 4.7: Códigos de falla para el interruptor de luces de parada.....	133
Tabla 4.8: Códigos de falla para bloque del motor bomba del ABS.....	134
Tabla 5.1: Eficacia de frenado en banco de rodillos.....	136
Tabla 5.2: Resultado de cálculo de la desaceleración.....	137
Tabla 5.3: Resultado de cálculos de la fuerza de frenado.....	137
Tabla 5.4: Transferencia de carga por frenado.....	139
Tabla 5.5: Distancias de frenado en pavimento con sistema convencional.....	141
Tabla 5.6: Energías y fuerzas de frenado en pavimento.....	142
Tabla 5.7: Distancias de frenado en calzada de tierra.....	142

Tabla 5.8: Energías y fuerzas de frenado en calzada de tierra.....	143
Tabla 5.9: Distancia de frenado en calzada pavimentada con sistema ABS.....	143
Tabla 5.10: Energías y fuerzas de frenado con sistema ABS.....	144
Tabla 5.11: Distancias de frenado en tierra con sistema ABS.....	144
Tabla 5.12: Energías y fuerzas de frenado en tierra con sistema ABS.....	145
Tabla 5.13: Comparación de distancias de frenado en pavimento.....	145
Tabla 5.14: Comparación de distancias de frenado en tierra.....	146
Tabla 5.15: Comparación de fuerzas de frenado de frenado en pavimento.....	146
Tabla 5.16: Comparación de fuerzas de frenado de frenado en tierra.....	147
Tabla 5.17: Costos de implementación.....	148

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Diagrama eléctrico del sistema ABS.....	157
Anexo 2: Prueba en carretera con scanner	158
Anexo 3: Eficacia de frenado con sistema convencional.....	159
Anexo 4: Eficacia de frenado con sistema ABS.....	160
Anexo 5: Cambio de fase de neumáticos por bloqueo de ruedas.....	161
Anexo 6: Pista para prueba de frenado en tierra.....	161
Anexo 7: Obstáculo para la prueba de la capacidad direccional.....	162

Sumario
28/11/12

RESUMEN

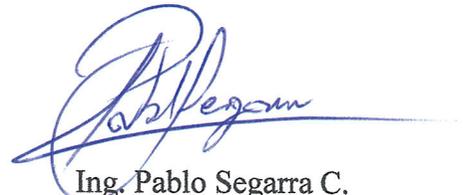
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS ABS EN UN VEHÍCULO TOYOTA RAV4 2003 PARA OPTIMIZAR SU FRENADO

El presente trabajo de grado consistió en implementar un sistema de frenos ABS en un vehículo Toyota Rav4 2003, el mismo que contaba con un sistema convencional de frenos. El propósito fue mejorar el control del proceso de frenado reduciendo el riesgo de un accidente y aportando en la seguridad activa del vehículo. Inicialmente el trabajo se basó en un estudio del funcionamiento del sistema y sus elementos para adquirir en la práctica conocimiento y destrezas al implementar el sistema conformado por un módulo ABS con sensores inductivos, instalación eléctrica y mecánica. Al final se desarrollaron pruebas en carretera cuyos datos fueron recopilados, comparados y analizados. Se concluyó que con la adaptación del sistema se incrementó la capacidad del conductor para controlar el vehículo ante una frenada de emergencia, además el trabajo incorporó una guía para diagnosticar todos los códigos de falla existentes en el sistema por medio de un analizador de fallas automotriz.

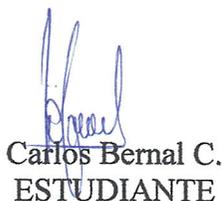
Palabras claves: ABS, seguridad activa, sensores inductivos, módulo ABS, optimización, implementación, analizador, códigos de falla, diagnóstico.



Ing. Hernán Viteri C.
JUNTA ACADÉMICA



Ing. Pablo Segarra C.
DIRECTOR



Carlos Bernal C.
ESTUDIANTE



Adrián Ortega C.
ESTUDIANTE

Handwritten signature
25/11/12

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF ABS BRAKE SYSTEM IN TOYOTA RAV4 2003 VEHICLE IN ORDER TO OPTIMIZE ITS BRAKE SYSTEM

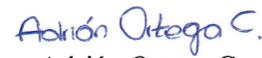
The present graduation work consisted of implementing ABS brake system in a Toyota RAV4 2003 vehicle, which previously had a conventional brake system. The purpose was to improve the control of the brake system by reducing the risk of having an accident and by contributing to the vehicle's active safety. The work was initially based on a study of the system's operation and its elements in order to acquire practical knowledge and the skills to implement the system made up of an ABS model with inductive sensors, electrical and mechanical installation. At the end road tests were developed. The data was collected, compared, and analyzed. We concluded that with the adaptation of the system, the driver's ability to control the vehicle regarding an emergency brake increased. In addition, the work incorporated a guide to diagnose every existing error in the system through an auto motor error analyzer.

Key Words: ABS, active security, inductive sensors, ABS module, optimization, implementation, analyzer, error codes, diagnosis.

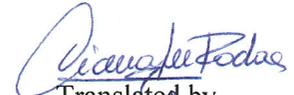

Ing. Hernán Viteri C.
ACADEMIC BOARD


Carlos Bernal C.
STUDENT


Ing. Pablo Segarra C.
DIRECTOR


Adrián Ortega C.
STUDENT


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Translated by,
Diana Lee Rodas

Ortega Calle Adrián Felipe
Bernal Cedillo Carlos Andrés
Trabajo de Graduación
Ing. Pablo David Segarra Coello
Noviembre 2012

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS ABS EN UN VEHÍCULO TOYOTA RAV4 2003 PARA OPTIMIZAR SU FRENADO

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado radicó en la instalación de un sistema de frenos ABS (Frenos Anti-bloqueo) para mejorar la eficacia de frenado en un Toyota Rav4 2003 que originalmente contaba con un sistema de frenos convencional, la implementación del sistema de frenos ABS mejoró la respuesta del vehículo ante un frenado de emergencia aportando significativamente a la seguridad activa del vehículo.

El primer capítulo del trabajo consistió en un estudio del sistema de su principio de funcionamiento, elementos del que está conformado, y de las ventajas que aporta el sistema frente a un sistema convencional y el aporte en la seguridad activa. El segundo capítulo incluyó un estudio de las variables que se dan en el momento del frenado y las fuerzas generadas en las ruedas producto de ésta, que sirvió en lo posterior para los cálculos en las pruebas de frenado. El tercer capítulo involucró todo el proceso práctico en la implementación de los elementos mecánicos y eléctricos para poner el funcionamiento el nuevo sistema en el vehículo. El cuarto capítulo abordó todo lo concerniente a los códigos de falla que existen para el sistema de frenos ABS con su respectivo diagnóstico. El capítulo final incluyó las pruebas de frenado con el sistema convencional y ABS, cuyos resultados se recopilaron, compararon y analizaron.

Producto del análisis de los resultados se concluyó que la adaptación incrementó la capacidad del frenado en reducción de distancia de frenado, incremento de la direccional del vehículo y de la estabilidad en la frenada.

CAPÍTULO 1

SEGURIDAD ACTIVA: FRENOS ABS

1.1 Definición accidente de tránsito

Un accidente de tránsito es la acción que produce un perjuicio a personas o bienes materiales. Las causas para que se produzcan son múltiples, en su mayoría a la acción riesgosa e impericia por parte del conductor o peatón pero también los accidentes son producidos por fallas mecánicas, condiciones ambientales, cruce o presencia de elemento extraño y deficiente estructura de señales y carretera.

1.2 Estadísticas de accidentes de tránsito en el Ecuador

Ecuador posee una geografía compleja debido a que se encuentra ubicado en la cordillera de los Andes, formada por extensas zonas montañosas que cruzan el territorio. En esta zona compleja es donde se encuentran asentadas las carreteras las cuales por su ubicación presentan un grado mayor de dificultad de ser transitadas por los conductores que el común de las carreteras.

Los accidentes de tránsito sin duda debido a su cantidad deben ser de preocupación “el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el 2011 informo que fallecieron en Ecuador 5 150 personas en accidentes de tránsito, duplicando la cifra del 2010.”¹

¹ <http://andes.info.ec/portada/en-ecuador-duplicaron-las-muertes-por-accidentes-de-transito-con-respecto-al-2010-117043.html>

La necesidad de obtener la máxima seguridad en los diferentes mecanismos en un vehículo para evitar los accidentes de tránsito se hacen de una prioridad mucho más notoria debido a la a estos antecedentes antes marcados. Ecuador, después de Paraguay, es el país con más accidentes por cada 100 mil habitantes, según cifras del BID además como la segunda causa de muertes en el país.

1.3 La seguridad en los automóviles

En actualidad la seguridad es considerada parte fundamental a la hora del diseño de un automóvil, la seguridad es vista desde dos diferentes puntos pero complementarios, en donde como parte primordial están aspectos de prevención y limitación de daños, en caso de accidente, para el vehículo pero como principal objetivo la prevención para las personas que utilizan el automóvil, tanto conductores como pasajeros, así la seguridad del automóvil se divide en seguridad activa y seguridad pasiva.

1.3.1. La seguridad activa

La seguridad activa es el conjunto de características, dispositivos y sistemas incorporados al vehículo que tienen por objetivo evitar que ocurran los accidentes de tránsito, se incrementa la seguridad activa proporcionando una buena estabilidad de marcha y contribuyen a circular de una forma segura evitando posibles accidentes.

“En el vehículo existen una serie de sistemas y elementos que se complementan entre sí; entre ellos los más importantes:

- Un sistema de frenos eficaz que sea capaz de proporcionar distancias de frenado cortas conservándola direccionalidad del vehículo.
- Un motor potente y elástico para realizar adelantamientos con holgura.

- Una dirección sensible y rápida a los movimientos del volante, que facilite cualquier tipo de maniobra, sin que por ello los cambios de dirección resulten bruscos e imprevisibles.
- Una suspensión con un nivel adecuado de confort que proporcione una buena adherencia del neumático con el suelo para conseguir elevadas prestaciones en seguridad y estabilidad.
- Una tracción que sea capaz de transmitir la potencia del motor a las ruedas, garantizando con ello un nivel óptimo de estabilidad de marcha.”²

1.3.2. Los sistemas frenos en la seguridad activa

Los sistemas de frenos forman parte importante y crucial dentro de la seguridad activa del automóvil, su misión es disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido. La incorporación de la gestión electrónica, complementada con los sistemas de frenos convencionales ha supuesto una mejora importante en seguridad activa y eficacia en el momento de frenado. Con el avance de la tecnología se ha logrado incrementar los márgenes de seguridad en los automóviles con sistemas que responden de forma más rápida y con mayor fiabilidad.

“Unos frenos muy potentes, capaces de transformar en unas fracciones de segundo gran cantidad de energía, no sirven para nada si la adherencia del automóvil con el suelo no es lo suficientemente efectiva. Es más unos frenos muy potentes, por encima del coeficiente de adherencia del neumático, pueden ser altamente perjudiciales y peligrosos en el desarrollo normal de la conducción.”³

El sistema de frenos más efectivo y que logra en mayor medida la disminución de riesgos de accidentes es cuando mantiene siempre el coeficiente de rozamiento óptimo (como se puede observar en la figura 1.1) que pueden alcanzar los neumáticos en proceso de frenado y que se sitúa entre el 15 y el 22%, para el

² ÁGUEDA CASADO Eduardo, GARCÍA José Luis, AUTOMOCIÓN: ESTRUCTURAS DEL VEHÍCULO, Ediciones Paraninfo, 2010

³ ARROYO SANJUÁN Carlos, LOS FRENOS EN EL AUTOMÓVIL, Ediciones CEAC, 1996, Pág. 217

conductor le es muy difícil en el proceso de frenado cuando ubicarse dentro de esta zona, siendo únicamente los sistemas de frenado gestionados electrónicamente los capaces de mantener el coeficiente de rozamiento óptimo.

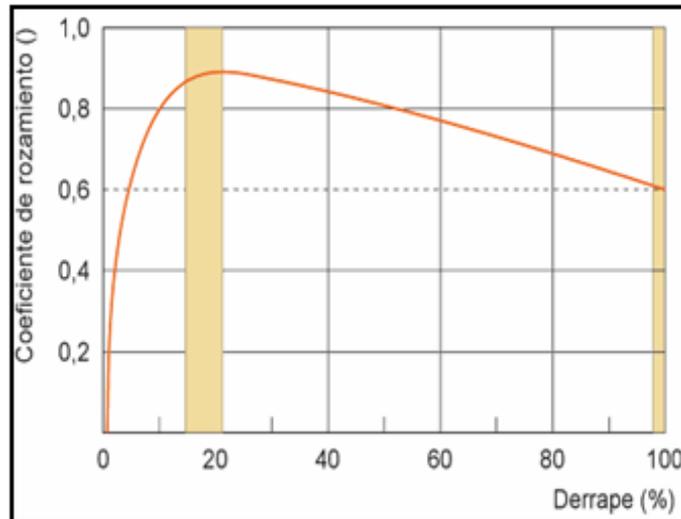


Figura 1.1 Coeficiente de rozamiento y derrape del neumático
Fuente: RUÍZ Julián, Sistemas de transmisión y frenado, Editorial Editex, 2008
[Consulta 24 mayo 2011]

Tanto los frenos como la habilidad del conductor durante las frenadas deben ser adecuadas. Si no se logra una armonía entre estos dos factores, el automóvil tendrá siempre tendencia hacia el deslizamiento incontrolado cuando, a causa de un frenazo brusco, alguna o todas sus ruedas se bloqueen.

1.3.3. Función y necesidad de los frenos

La función de los frenos en un automóvil es la de conseguir detener o aminorar la marcha del mismo en las condiciones que determine el conductor; para ello, la energía cinética que desarrolla el vehículo tiene que ser absorbida, en su totalidad o en parte, por medio de rozamiento, es decir transformándola en calor como se puede observar en la figura 1.2

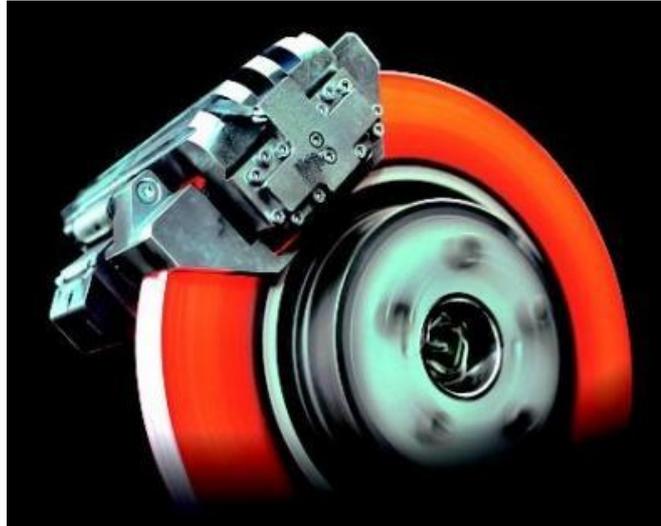


Figura 1.2 Generación de calor por efecto de rozamiento en laboratorio
Fuente: <http://www.mitaller.com/content/fundido-freno> [consulta 24 de mayo del 2011]

En la figura 1.3 se muestra una serie de mecanismos que equipa el vehículo que se encargan de conseguirlo, permitiendo realizarlo en las mejores condiciones de seguridad: tiempos y distancias mínimas, conservación de la trayectoria del vehículo, con una frenada proporcional al esfuerzo del conductor, en diversas condiciones de carga, etc.

Cuando el vehículo está en movimiento se establece una fuerza de adherencia con respecto al piso sobre el que se desplaza. El valor de dicha fuerza depende, en cada instante, de la carga que gravite sobre las ruedas y el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y el suelo, por tanto la fuerza de frenada aplicada debe ser, en todo momento, inferior al límite de adherencia del vehículo. Cuando superamos dicho valor las ruedas se bloquearán.

Las legislaciones actuales regulan los componentes que han de equipar los diferentes vehículos según categorías (número y tipos de mandos, características del circuito, tipo de bomba, etc.) y las especificaciones de frenada (deceleración, esfuerzo del pedal, etc.) que debe cumplir.

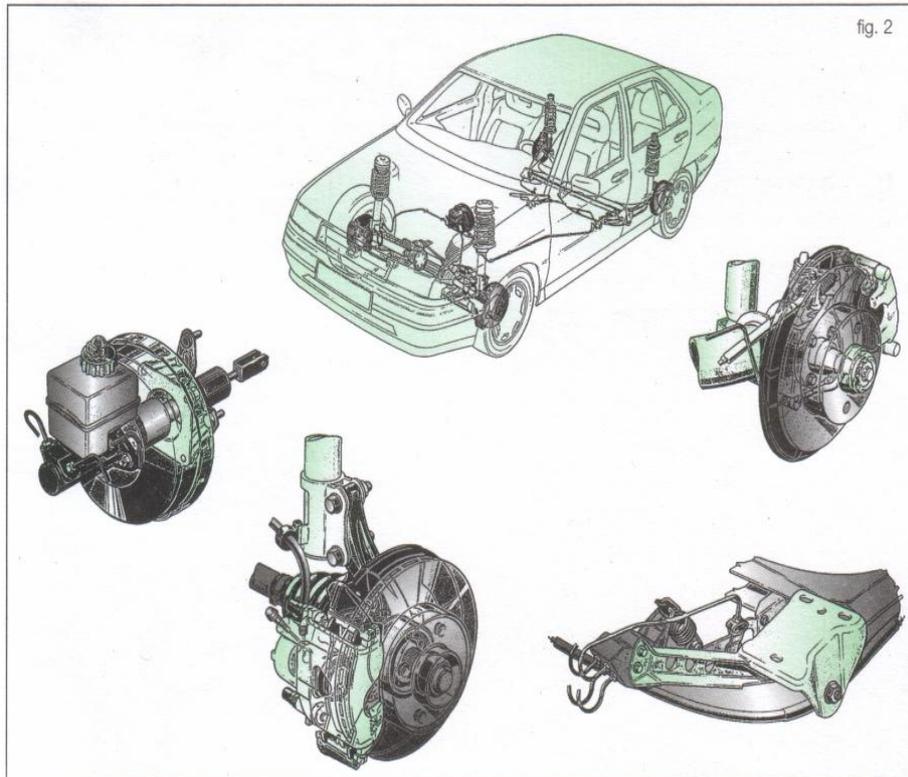


Figura 1.3 Elementos del Sistema de Freno

Fuente: <http://www.mitaller.com/content/fundido-freno> [consulta 24 de mayo del 2011]

Para un mejor rendimiento y efectividad en la acción de frenado en todas las condiciones de funcionamiento (frenados consecutivos, alta velocidad, etc.), los frenos de las ruedas deben satisfacer diferentes características.

1.4. Sistema de frenos ABS

1.4.1. Introducción a los sistemas de freno ABS

La seguridad activa en los vehículos a la hora de la conducción se ha visto mejorada debido a los alcances tecnológicos que se han obtenido en el sistema de frenos con el uso de mejores y más eficientes materiales así como la aplicación de la gestión electrónica en los mismos.

El avance que se ha dado en la tecnología del automóvil así como la necesidad de obtener vehículos con un grado máximo de seguridad para los ocupantes han dado

como resultado que se desarrollen sistemas de frenos de mayor eficacia como lo son los sistemas de frenos ABS, este sistema mediante un proceso electrónico e hidráulico evita que las ruedas se bloqueen durante la acción de frenado del vehículo.

“El primer sistema de antibloqueo de ruedas con estas características lo ideó la casa Bosch por el año de 1978, y le dio el de ABS. Actualmente, bajo estas siglas se conocen, popularmente, a todos los sistemas antibloqueo que realizan la gestión de frenado bajo gestión electrónica. A partir de este sistema básico el ABS se siguió desarrollando y perfeccionando hasta el punto de que, en el día de hoy, forma parte del equipo de serie de casi todos los vehículos modernos.”⁴

En situaciones críticas de frenado existe una gran probabilidad que las ruedas lleguen a bloquearse, como se observa en la figura 1.4, esto ocurre cuando la fuerza de frenado es superior al ejercido por la fuerza de adherencia del neumático, las causas de esto son calzadas mojadas o resbaladizas o una reacción brusca del conductor por un obstáculo imprevisto lo que produce que el vehículo deje de ser maniobrable, haciendo que este pueda derrapar o salirse de la calzada



Figura 1.4 Pérdida de adherencia en las ruedas

Fuente: ASTUDILLO Manuel, Tecnología del automóvil, Editorial Paraninfo, 2010 [consulta 1 junio del 2011]

⁴ HERMÓGENES Gil, LA ELECTRÓNICA EN LOS AUTOMÓVILES, Ediciones CEAC, S.A. 2002

1.4.2. Objetivo del sistema de frenos ABS

El objetivo del sistema ABS es evitar el bloqueo de las ruedas en el proceso de frenado adaptando la presión de frenado que se desarrolla en cada bombín de freno cada vez que esté presente una diferencia de velocidad entre las ruedas y la señal del pedal del freno cuando esté presionado, obteniendo la máxima eficacia al frenar evitando así que se produzca el efecto de bloqueo en las ruedas del automóvil. Sin un sistema ABS en el momento del frenado en ciertas condiciones las ruedas podrían bloquearse, provocando que el conductor pierda el control del automóvil ya que éste se encomienda al estado y valor de las fuerzas de inercia y laterales de que sea objeto en aquel momento. En este caso es como si el neumático se hubiera reducido a cero el coeficiente de adherencia y la masa del automóvil queda sin punto de apoyo. El efecto del bloqueo de los neumáticos produce dos efectos peligrosos para la seguridad del vehículo:

1. *“Si el bloqueo ocurre en las ruedas delanteras, se produce una manifiesta pérdida en la dirección afectando la estabilidad del vehículo, esto debido a que las ruedas no son capaces de transmitir esfuerzos laterales sobre la calzada y por lo tanto no se puede controlar la dirección.*

El coche comenzará a resbalar como se observa en la figura 1.5, sin que el conductor tenga posibilidad alguna de intervenir.



Figura 1.5 Ruedas delanteras bloqueadas

Fuente: ASTUDILLO Manuel, Tecnología del automóvil, Editorial Paraninfo, 2010 [1 de junio del 2011

2. *Si el bloqueo ocurre en las ruedas traseras se produce una acción de derrapado del tren posterior del vehículo.*⁵

Aunque en este caso el peligro puede ser menor debido a que el conductor podría valerse de la dirección para enderezar la falsa trayectoria del vehículo, esta maniobra presentará un peligro debido a que las ruedas traseras se bloquean generando una incapacidad de seguir la trayectoria normal (la deseada por el conductor) y se da el caso de que el automóvil no puede contraponerse a las fuerzas laterales que interviene en aquel momento, de modo que se inicia un deslizamiento lateral que en fracciones de segundo acaba con el atravesado del vehículo en la vía, es decir con la producción de un trompo, muestra de este efecto se puede observar en la figura 1.6.

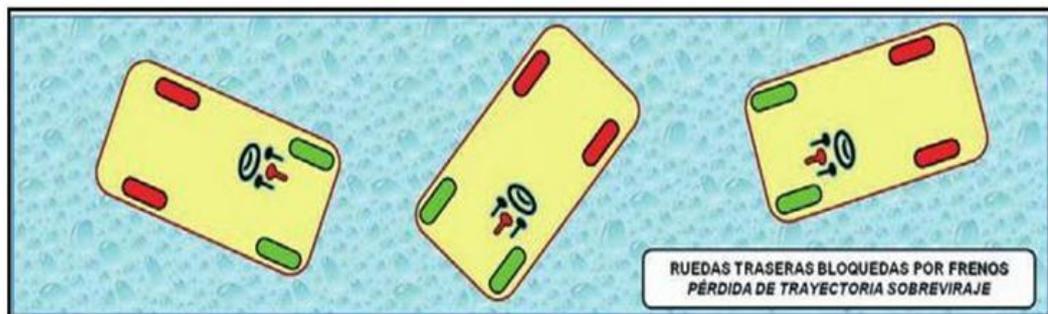


Figura 1.6 Ruedas traseras bloqueadas

Fuente: ASTUDILLO Manuel, Tecnología del automóvil, editorial Paraninfo, 2010 [consulta 2 de junio del 2011]

Así el sistema de frenos ABS tiene como objetivo evitar el indeseable fenómeno de bloqueo de las ruedas que se produce en ciertas condiciones de frenado, haciendo que el vehículo sea maniobrablemente seguro para el conductor en todo el proceso del frenado, produciendo como resultado un sistema de frenos más seguro que eleva la seguridad en la conducción.

“El sistema antibloqueo de frenos (ABS) reconoce a tiempo la tendencia al bloqueo de una o varias ruedas al frenar, y se encarga entonces inmediatamente de mantener constante o reducir la presión de frenado. De este modo no se

⁵ JESÚS CALVO Martín. MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL. Ediciones Reverte S.A. 2001

*bloquean las ruedas y el vehículo obedece a la dirección. Así un vehículo puede frenar o detenerse de forma segura y rápida.*⁶

1.4.3. Beneficios del sistema de frenos ABS

La incorporación del sistema ABS genera un mayor control del vehículo por parte del conductor durante el proceso de frenado, beneficiando en las siguientes condiciones:

- *“Estabilidad en la conducción: Durante el proceso de frenado debe garantizarse estabilidad del vehículo, cuando la presión de frenado aumenta hasta el límite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente, es decir, frenando en situación límite.*
- *Dirigibilidad: El vehículo puede conducirse al frenar en una curva aunque pierdan adherencia alguna de las ruedas.*
- *Distancia de parada: Es decir acortar la distancia de parada lo máximo posible todo ello para cualquier condición de calzada.”*⁷

Otro beneficio del ABS es su eficacia sobre suelo mojado evitando el acuaplaning en el frenado. Este fenómeno se genera cuando se frena sobre mojado y también se presenta el bloqueo de las ruedas produciéndose la pérdida de drenaje que existe en las ranuras del dibujo del neumático generando la pérdida de control del vehículo.

“Cuando hay tal cantidad de agua sobre el asfalto y la velocidad de avance del automóvil es tal que las ranuras del dibujo de la banda de rodadura de las ruedas no pueden drenar el agua de abajo de ellas. Cuando se llega a esta situación se crea una cuña de agua que va penetrando debajo del neumático hasta que éste pierde el contacto con el asfalto, en esta situación el vehículo flota sobre un colchón de agua sin control alguno, tal es así que una leve ráfaga de viento puede

⁶ POST WOLF, SISTEMAS DE FRENOS CONVENCIONALES Y ELECTRÓNICOS. Ediciones Reverte S.A. 2003

⁷ <http://www.buenastareas.com/ensayos/Frenos-Abs/4274516.html>

empujarlo fuera de la carretera, el ABS mediante su gestión evita que las ruedas dejen de girar manteniendo el efecto de drenaje en todo momento.”⁸

1.4.4. Disposiciones del sistema ABS

Dentro del sistema de frenos ABS existen diferentes disposiciones. Estas diferencias son marcadas por el esquema de circuito, el número de canales, así como el número de sensores presentes y la forma en la que se encuentran controladas las ruedas. Como normativa de seguridad se tiene que para todos los vehículos el sistema de frenos es formado por dos circuitos independientes. Esto para que en caso que falle un circuito el vehículo pueda seguir con el otro circuito en funcionamiento pero con menor eficacia.

- “Un circuito para el eje delantero y otro para el eje trasero, disposición típica en vehículos con tracción trasera y tracción total. La figura 1.7 muestra dicha disposición.

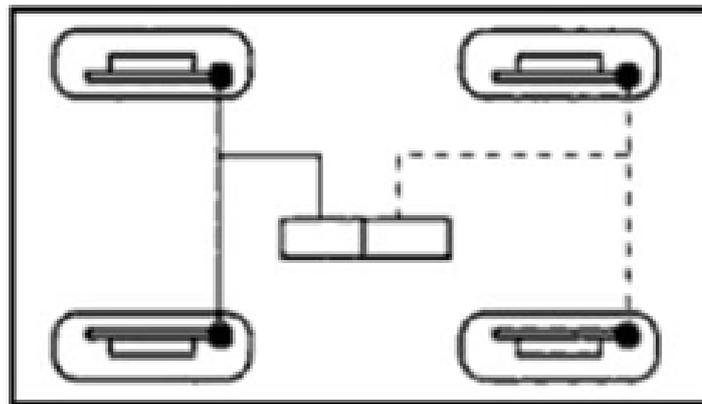


Figura 1. 7 Circuito de frenos delante-atrás,
Fuente: CALVO MARTIN Jesús, Mecánica del automóvil, Editorial Reverte, 1997 [consulta
7 de junio del 2011]

⁸ MARTÍ PARERA Albert, FRENOS ABS, Editorial Marcombo S.A

- Circuitos de frenos en diagonal que es la más utilizada en vehículos de tracción delantera los cuales tienen mayores variaciones de distribución de carga en la frenada. La figura 1.8 muestra esta disposición.

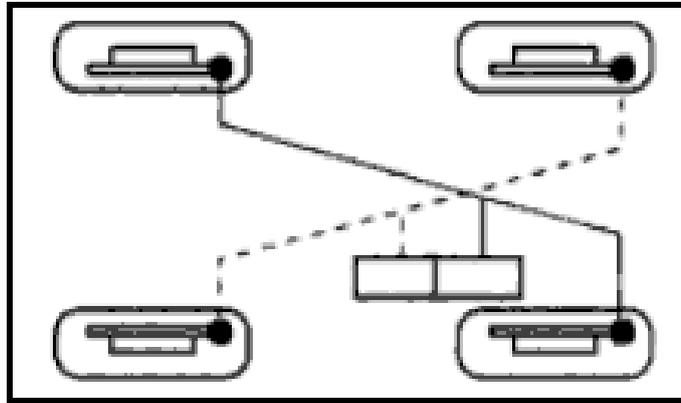


Figura 1.8 Circuito en diagonal,
Fuente: CALVO MARTÍN Jesús, Mecánica del automóvil, Editorial Reverte, 1997 [consulta 7 de junio del 2011]

El número de canales viene determinado por el número de electroválvulas que regulan las ruedas, pudiendo regularlas de forma independiente o regulando las dos ruedas de un mismo eje.

1.4.5. Tipos básicos de regulación de ruedas

- **Regulación individual:**

En la que cada rueda se controla de manera independiente y por lo tanto cada rueda dispone de una electroválvula independiente.

- **Select low:**

Las dos ruedas de un mismo eje se controlan con los valores obtenidos por el captador de la rueda que tiene indicios de bloquear en primer lugar. Una electroválvula común a las dos ruedas regula la misma presión hidráulica para ambas.

- **Select high:**

Las dos ruedas se controlan en este caso con los valores de la rueda que mayor adherencia tenga. También disponen de una única electroválvula para ambas ruedas.⁹

1.4.6. Esquemas del sistema ABS

- **4 canales y 4 sensores con distribución delante- detrás:**

Este esquema permite la regulación de cada rueda en forma individual a partir de los datos obtenidos en cada uno de los sensores (figura 1.9). Para evitar la inestabilidad presente en el vehículo en acciones de frenado sobre firmes asimétricos, este sistema permite el control del eje trasero mediante el tipo de regulación ‘select low’.

- **4 canales y 4 sensores con distribución diagonal:**

Las 2 ruedas delanteras se regulan por separado y las traseras normalmente por “select low”. Al estar el circuito en diagonal, cada rueda del eje trasero lleva una electroválvula individual como se observa en la figura 1.9. Este sistema es típico en vehículos de tracción delantera de gamma alta.

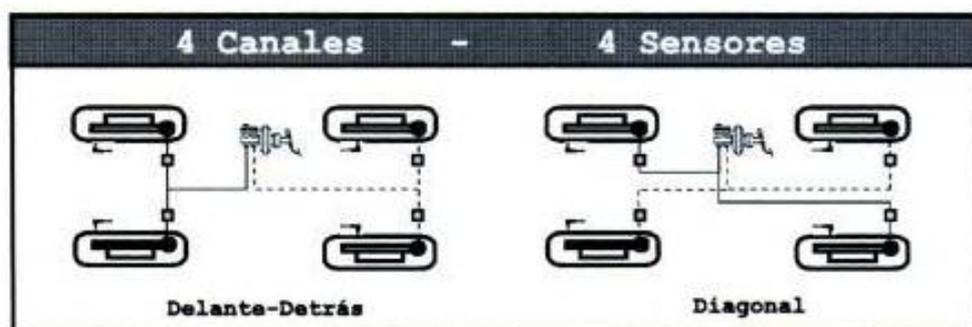


Figura 1.9 Esquema 4 canales – 4 sensores (Delante-Atrás y Diagonal)
Fuente: CALVO Jesús, Mecánica del automóvil, Editorial Reverte S.A [14 de junio del 2011]

⁹ CALVO MARTÍN Jesús, MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL, Ediciones Reverte, 1997, Pág. 15

- **3 canales y 4 sensores con distribución delante-detrás:**

Las ruedas delanteras se controlan individualmente y las traseras mediante “select low”. En firmes asimétricos el control inicia sobre el eje delantero se realiza conjuntamente sobre las dos ruedas dando lugar posteriormente a un control individualizado sobre la rueda delantera con mayor adherencia. Este es el esquema más utilizado en vehículos de media gamma con tracción delantera (figura 1.10).

- **3 canales y 3 sensores con distribución delante-detrás:**

En la figura 1.10 se observa este tipo de esquema más típico de vehículos con tracción trasera, cuyo funcionamiento es similar al anterior con la salvedad que el sensor del eje trasero va colocado en grupo cónico en lugar de un sensor independiente en cada rueda.

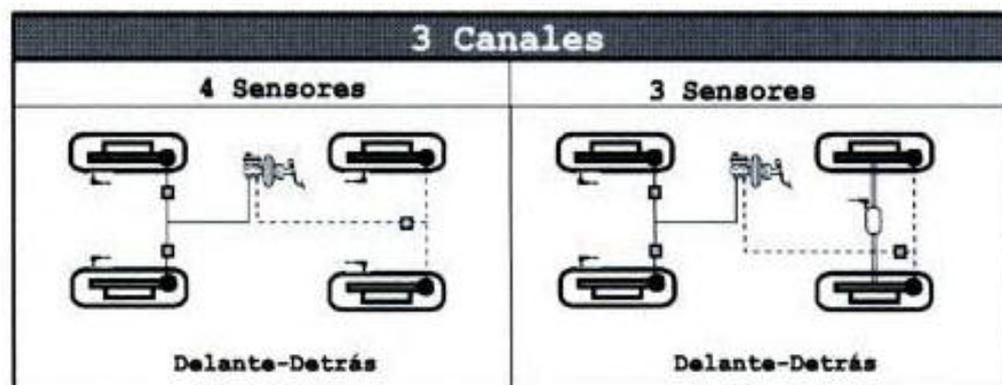


Figura 1. 10 Esquema 3 canales – 3 y 4 sensores (Delante-Atrás)

Fuente: CALVO MARTÍN Jesús, Mecánica del automóvil, editorial Reverte S.A, 1997 [consulta 15 de junio del 2011]

- **2 canales y 2 sensores con distribución delante-detrás:**

Este sistema dispone de una electroválvula para cada eje y dos sensores de rueda como en la figura 1.11 que están colocados uno en una rueda delantera y otro en una rueda trasera.

○ **2 canales y 2 sensores con distribución en diagonal:**

La presión de las ruedas delanteras se regula por separado gracias a las dos electroválvulas y dos sensores que están colocados cada uno en cada rueda delantera (figura 1.11). Las ruedas traseras se controlan en común con la única acción del compensador de frenada para evitar el bloqueo. Es la opción más utilizada en vehículos de gama baja de tracción delantera.

○ **2 canales y 3 sensores con distribución delante-detrás:**

El funcionamiento es similar al de dos sensores pero con un tercer sensor que mide la velocidad de la corona del grupo reductor. En estos sistemas de la figura 1.11 de dos canales y distribución delante-detrás el eje delantero se controla mediante "select high".

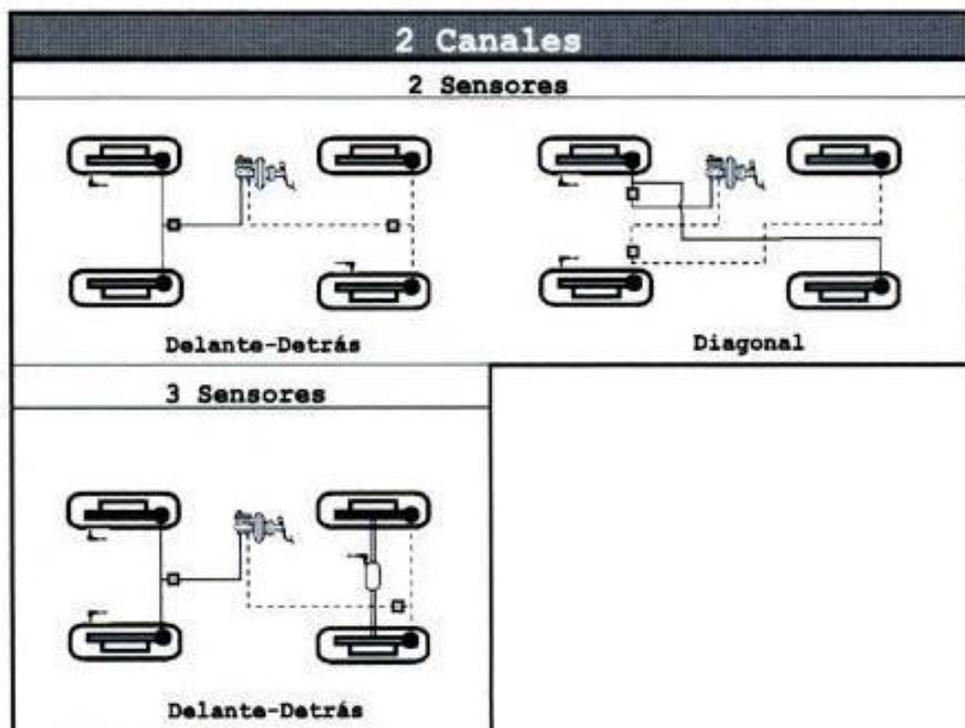


Figura 1.11 Esquema 2 canales – 2 y 3 sensores (delante-atrás y diagonal)
 Fuente: CALVO MARTÍN Jesús, Mecánica del automóvil, Editorial Reverte S.A. 1997 [consulta 25 de junio del 2011]

○ **1 canal y 1 sensor con distribución delante-detrás:**

En la figura 1.12 se observa esta variante que es muy poca utilizada debido a su falta de capacidad de control de dirección en frenadas de emergencia.

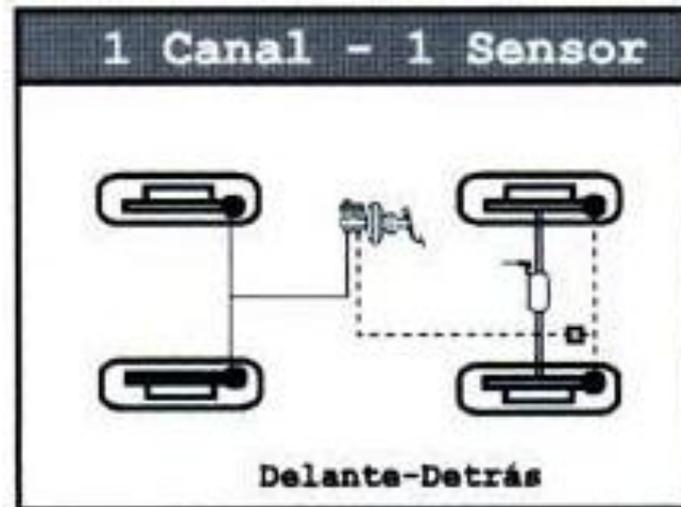


Figura 1.12 Esquema 1 canal – 1 sensor (delante-atrás)

Fuente: CALVO MARTÍN Jesús, Mecánica del automóvil, Editorial Reverte S.A 1997 [consulta 27 de junio del 2011]

1.4.7. Funcionamiento del sistema ABS

Las señales de velocidad de giro de las ruedas son interpretadas por la unidad de control para conocer cuales ruedas pueden presentar peligro de bloqueo, con esto el módulo actúa sobre la presión de fluido de freno de dicha rueda (manteniendo o disminuyendo la presión) evitando el bloqueo de dicha rueda o de las ruedas.

En muchos sistemas ABS debido a la operación de aplicar y soltar los frenos se sentirán en el pedal pulsaciones que informaran al conductor cuando el sistema está funcionando, pero otros sistemas utilizan una válvula que absorbe estas pulsaciones para que no se sientan en el pedal de freno, actualmente el número de pulsaciones puede ser de hasta 16 por segundo.

1.4.8. Fases de regulación del sistema ABS

1.4.8.1. Primera fase: Frenado normal o subida de presión

La figura 1.13 muestra el desarrollo de esta fase donde se produce una frenada convencional, podemos asumir como que al momento no existiese el sistema de frenos ABS únicamente los sensores (7) indican al modulo (1) que se está generando un descenso de la velocidad de las ruedas por intermedio de las ruedas dentadas (8)

La presión que genera el pedal de freno llega a los bombines; la válvula (5) está en reposo existiendo una comunicación directa entra la bomba y los bombines, al no existir un peligro de bloqueo por parte de ninguna de las ruedas el ABS no actúa y se realiza un frenado normal.

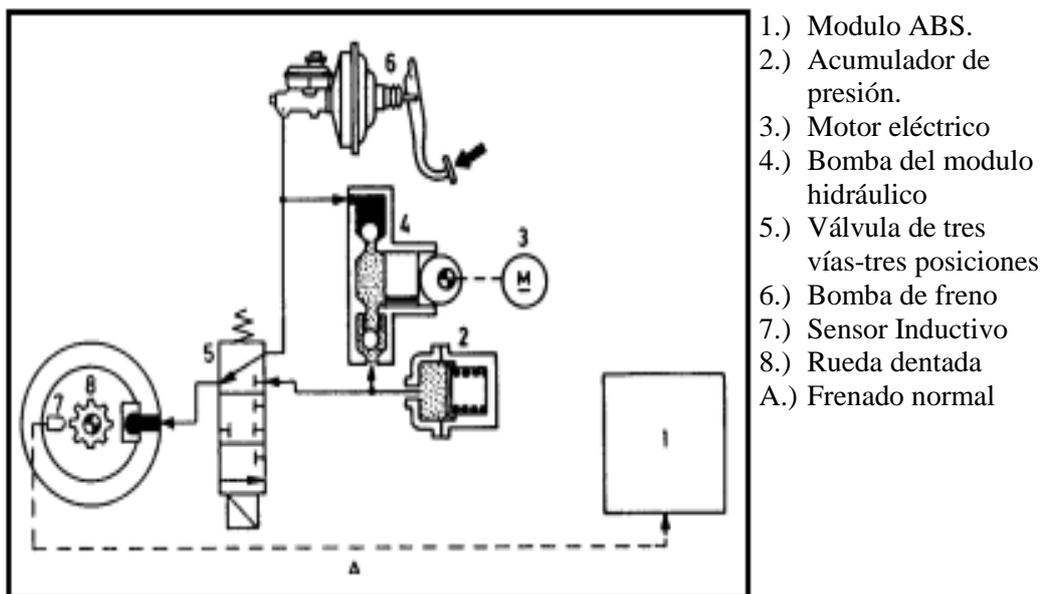


Figura 1.13 Fase de frenado Normal.

Fuente:http://www.acta.es/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=19&view=finish&cid=531&catid=6 [1 de julio del 2011]

1.4.8.2. Segunda fase: Mantener la presión

En la figura 1.14 se desarrolla el frenado en donde una de las ruedas tiende a bloquearse, el sensor de velocidad (7) informa al modulo (1) que una de las

ruedas presenta peligro de bloqueo comparando los datos con el de los otros sensores, generándose una señal de salida en forma de un impulso eléctrico que activara la bobina del electroimán de la válvula de tres vías-tres posiciones (5), la cual se colocará en la posición central de bloqueo de las tres vías. Esto provoca que la presión de la bomba que genera el conductor al pisar el pedal no se transmita al bombín de freno de la rueda que presenta peligro de bloqueo.

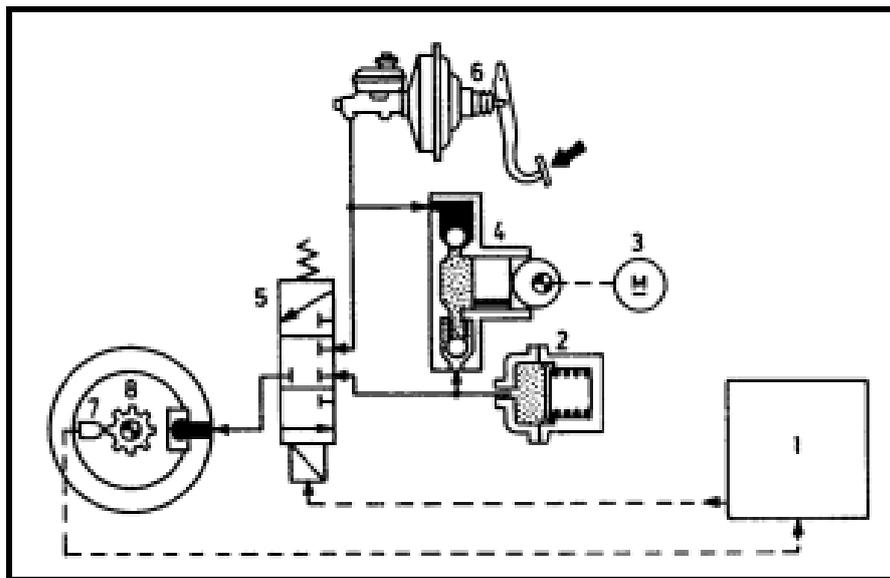


Figura 1.14 Fase de mantenimiento de la presión

Fuente: http://www.acta.es/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=19&view=finish&cid=531&catid=6 [consulta 1 de junio del 2011]

1.4.8.3. Tercera fase: Disminuir la presión

Si el peligro de bloqueo continúa a pesar de que se mantiene la presión de frenado en la rueda en la rueda (segunda fase) el módulo electrónico (1) actuará generando un mayor impulso a la válvula de tres vías-tres posiciones (5) cuyo electroimán la situará en la tercera posición. De esta forma la válvula mantiene el bloqueo de la entrada de presión de la bomba de frenos y además comunica ahora el bombín de con el acumulador (2) la bomba (4) de la figura 1.15. El módulo activa la bomba para disminuir la presión en el bombín, absorbiendo líquido de frenos y

reenviándolo hacia el cilindro de la bomba de frenos. El desarrollo de este fenómeno hace que se genere una vibración normal en el pedal de freno.

“Un sistema de frenos antibloqueo es capaz de realizar en un segundo de 20 a 40 ciclos, considerando un ciclo pasar sucesivamente por las tres fases.”¹⁰

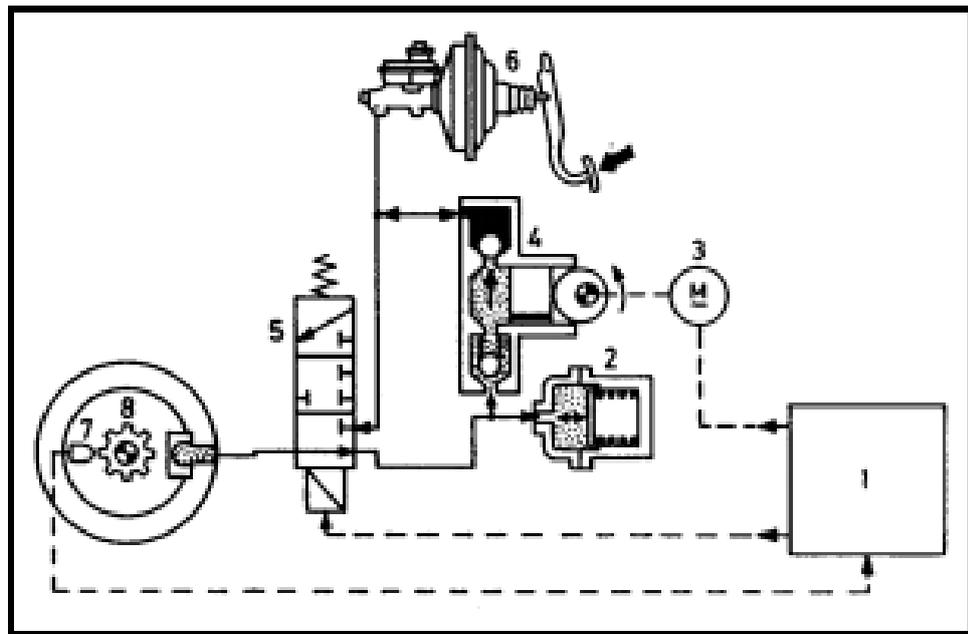


Figura 1.15 Fase de disminución de la presión.

Fuente: http://www.acta.es/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=19&view=finish&cid=531&catid=6 [consulta 7 de junio del 2011]

1.5. Componentes del sistema ABS

Todos los sistemas ABS disponen de forma básica, a pesar de que su forma, su disposición en el circuito, o su función difieran entre los distintos sistemas, según la firma que los fabrica de los siguientes elementos que se observan en la figura 1.16:

¹⁰ MARTI PARERA Albert, FRENOS ABS EN LOS AUTOMÓVILES, Etapas de Funcionamiento, Marcombo, Pág. 91

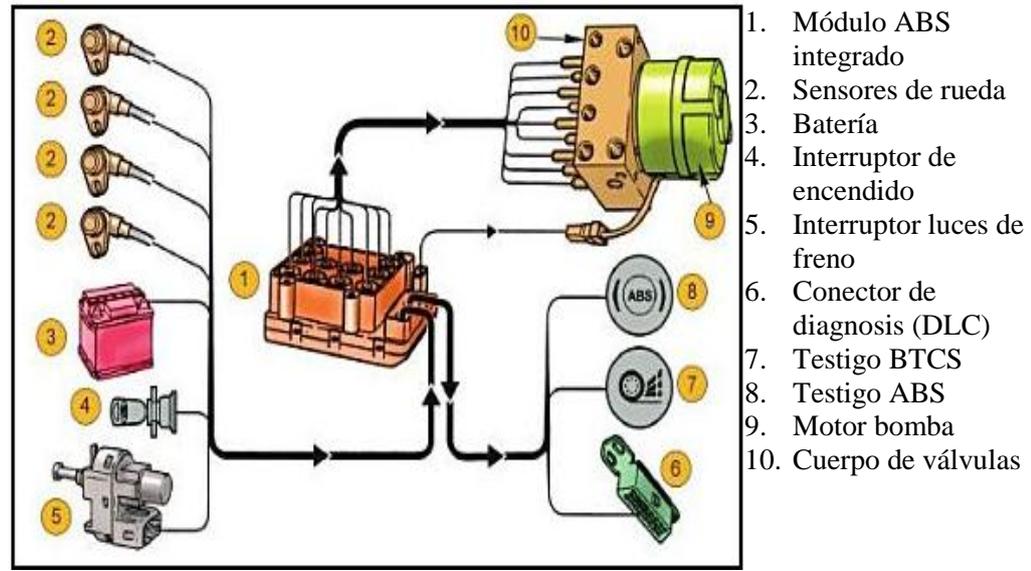


Figura 1. 16 Principales componentes del sistema ABS

Fuente: FERRER Luís Julián, Sistemas de transmisión y frenado, Editex S.A. 2008, Pág. 327 [consulta 20 de junio del 2011]

Además dentro del sistema de frenos ABS se añaden también los elementos que componen un sistema convencional de frenos, así el sistema de frenos ABS es formado por todos los elementos que intervienen el sistema de frenos del vehículo.

“En un sistema ABS (figura 1.17) se encuentra: la bomba de freno o cilindro principal del doble circuito (4) para independizar los frenos de las ruedas del eje delantero de las del eje trasero o dos circuitos en diagonal con servofreno de vacío o hidráulico, los bombines de freno de las ruedas, las ruedas fónicas (9) con su correspondiente captador (10) que generan las señales básicas, el módulo electrónico (7) que controla las señales básicas generadas por los captadores y que emite las señales de salida para controlar el sistema de frenos, el módulo hidráulico (6) que recibe la presión generada en la bomba de freno cuando se pisa el pedal (2), a más también otro componente que es parte del sistema de frenos está el servofreno (3) que puede ser de vacío o hidráulico, algunos sistemas de frenos ABS toman como señal también el interruptor de las luces de freno con relé (1) que en este caso se activa al pisar el pedal de freno. También es

*parte del sistema ABS una luz testigo en el cuadro de instrumentos que su función es alertarnos de alguna anomalía en el sistema ABS.*¹¹

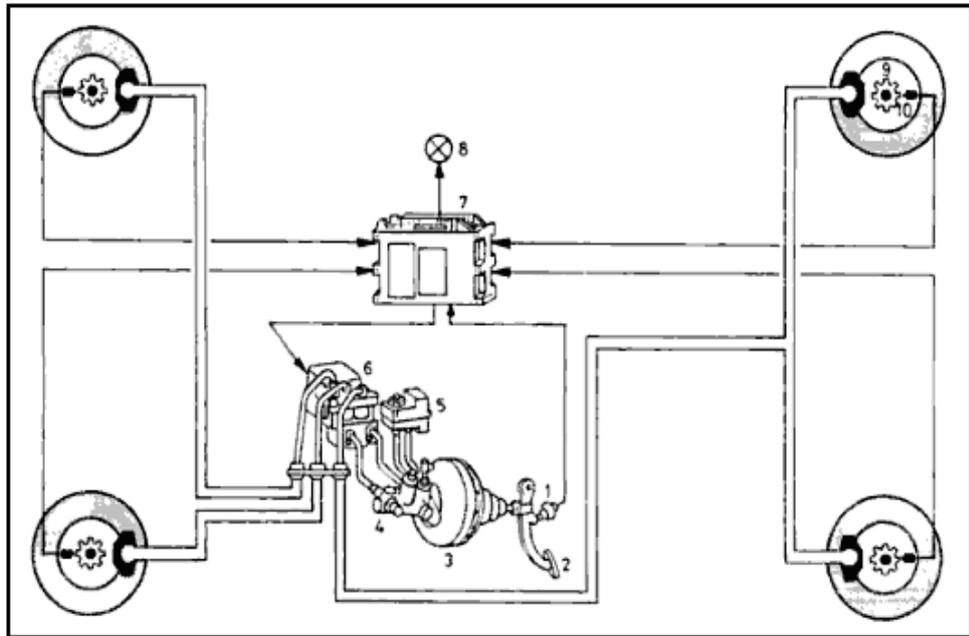


Figura 1.17 Esquema general de un sistema ABS

Fuente: MARTÍ PARERA Albert, frenos ABS, Editorial Marcombo S.A [consulta 1 de julio del 2011]

1.5.1. Unidad de control electrónica del ABS

El módulo del ABS es el que recibe, evalúa y procesa las señales de los sensores de rueda y calcula el deslizamiento de cada rueda, el resultado de éstos cálculos son enviados como señales eléctricas al grupo hidráulico. En la actualidad la unidad de control electrónica forma un solo cuerpo con la unidad hidráulica, en el pasado el módulo de control electrónico se encontraba separado del cuerpo de válvulas. La función de la unidad es calcular y determinar las condiciones de las ruedas al momento del frenado y tomar decisiones por medio del grupo hidráulico que controla sobre la presión de frenado. El cálculo realizado por el módulo es diseñado por cada constructor tomando en cuenta aceleración longitudinal y lateral, interruptor de freno, señales de los sensores.

¹¹ MARTÍ PARERA Albert, FRENOS ABS, Editorial Marcombo S.A

“El programa de control está almacenado en una memoria de semiconductores. De la ejecución del programa se encarga uno o varios microcontroladores. Los componentes de la unidad de control se designan como “hardware”.

La unidad de control ha de corresponder a altas exigencias. Está sometido a altas cargas por:

- *Temperaturas ambientales extremas (en condición de marcha normal de -40°C hasta +60....+125°C),*
- *Grandes cambios de temperatura,*
- *Sustancias empleadas en el servicio (aceite, combustible, etc.),*
- *Influencias de humedad y*
- *Esfuerzos mecánicos como p.ej. vibraciones producidas por el motor*

Otras exigencias se derivan de la necesaria insensibilidad de las perturbaciones electromagnéticas. Los requerimientos formulados a la insensibilidad a perturbaciones y a la limitación de la irradiación de señales parasitas de alta frecuencia son muy altos.”¹²

1.5.2. Sensores de velocidad de giro de las ruedas

Son los elementos que detectan las revoluciones de las ruedas y cuyas señales son enviadas a la unidad de control. Estas señales son generadas mediante unas coronas dentadas solidarias a la rueda que forma parte de la punta del eje. Dentro de los sensores tenemos dos tipos los inductivos y los activos. En la figura 1.18 se puede observar la posición del sensor de velocidad de giro de las ruedas y las coronas dentadas muy pegadas a dicho sensor.

¹² WULF Post, DIETSCHKE Karl-Heinz, SISTEMAS DE FRENOS CONVENCIONALES Y ELECTRÓNICOS, Editorial Reverte S.A, 2003

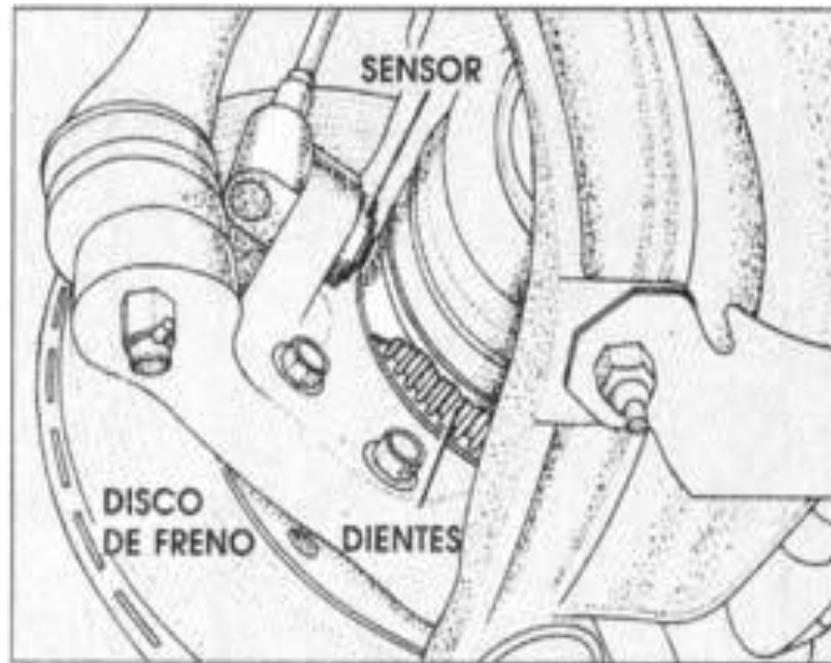


Figura 1.18 Sensor de velocidad de rueda y corona dentada,
Fuente: GARCÍA CASTRO José María, Electromecánica de vehículos, 1995 [consulta 14 de julio del 2011]

1.5.2.1. Estructura y funcionamiento de sensores inductivos

El sensor inductivo está formado por un imán permanente, una bobina y su anillo dentado. El imán permanente se encuentra arrollado por la bobina y ubicado directamente sobre el anillo dentado, el campo magnético que el imán produce llega hasta los dientes del anillo, penetrando en estos como se puede observar en la figura 1.19 el giro de la rueda ocasiona una la variación del flujo magnético dentro del imán y por consiguiente, también dentro del arrollamiento de la bobina que la rodea produciendo la generación de una tensión alterna.

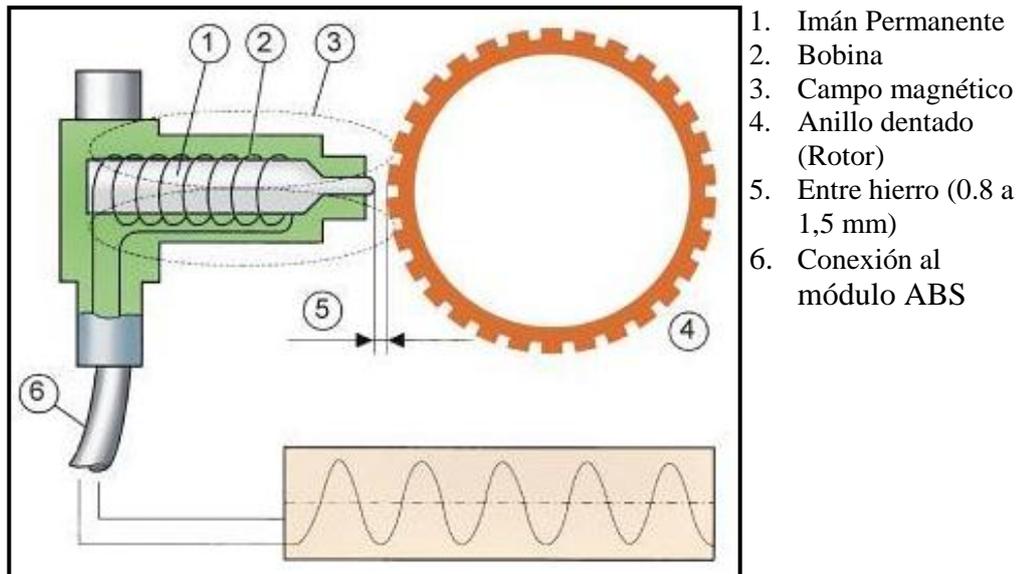


Figura 1.19 Sensor Inductivo y Señal alterna

Fuente: FERRER RUIZ Julián, Esteban, DOMÍNGUEZ SORIANO José, Sistemas de transmisión y frenado, Editex, 2008 [consulta 27 de julio del 2011]

“Tanto la frecuencia como la amplitud de la tensión alterna (figura 1.20) son proporcionales a la velocidad de giro de la rueda. Cuando la rueda está parada, la tensión inducida es igual a cero. La velocidad mínima mesurable depende de la forma de los dientes, del entrehierro, de la pendiente de la subida de tensión y de la sensibilidad de entrada de la unidad de control.”¹³

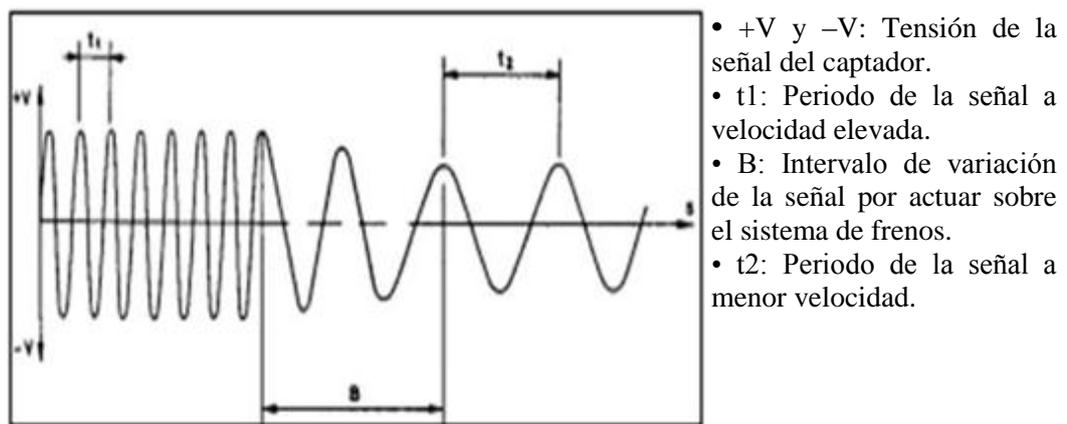
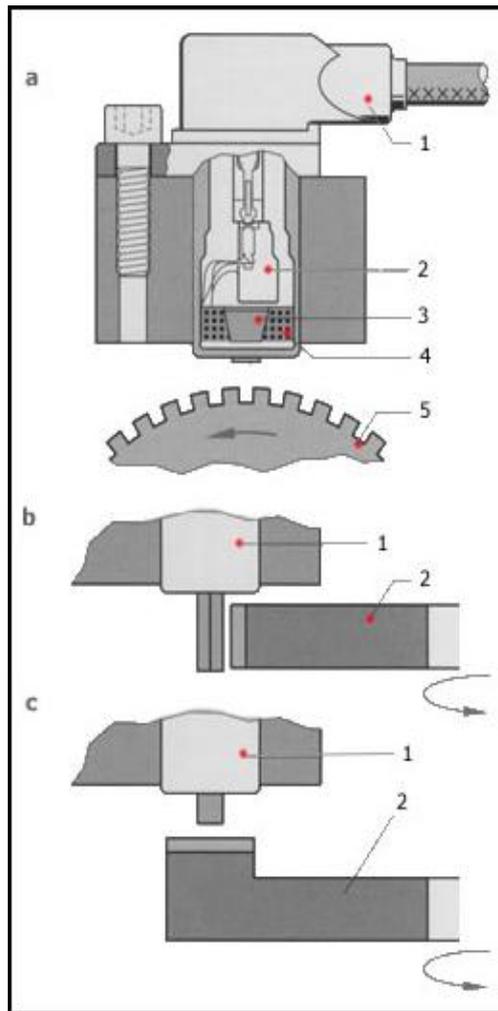


Figura 1.20 Frecuencia pulsatoria de los Sensores Inductivos

Fuente: http://www.acta.es/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=19&view=finish&cid=531&catid=6 [consulta 3 de agosto del 2011]

¹³ POST Wulf, DIETSCHKE Karl-Heinz, SISTEMAS DE FRENOS CONVENCIONALES Y ELECTRÓNICOS, Editorial Reverte S.A, 2003

El sensor de velocidad de giro y la rueda dentada están separados por un entrehierro de aprox. 1 mm con estrechas tolerancias, para garantizar una detección eficaz de las señales. Además, una fijación firme del sensor de velocidad de giro impide que sus señales sean alteradas por vibraciones procedentes del freno de rueda. En la figura 1.21 se muestran los diferentes tipos de disposiciones que tienen los sensores inductivos.



- a. Espiga polar en forma de cincel, montaje radial toma radial.
- b.- Espiga polar en forma de rombo, montaje axial, toma radial.
- c.- Espiga polar redonda, montaje radial, toma axial.

- 1.- Caja con conexión eléctrica.
- 2.- Imán permanente.
- 3.- Núcleo de hierro dulce (espiga polar).
- 4.- Arrollamiento (bobina).
- 5.- Corona generadora de impulsos.

Figura 1.21 Formas de Espiga Polar y Modos de Montaje.
Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org> [14 de agosto del 2011]

1.5.3. Luz testigo de ABS

Se encuentra ubicada en el tablero de instrumentos, en caso que la unidad electrónica de control detecte un desperfecto ó avería en el sistema, enciende

inmediatamente la luz de advertencia “ABS”, al mismo tiempo que el sistema deja de funcionar hasta corregir la falla. La luz testigo se enciende también cuando el interruptor de encendido está en la posición “ON” que indica que se está efectuando una prueba del sistema, dicha prueba tarda unos segundo en el momento que la luz testigo se apaga la prueba ha terminado, en la figura 1.22 se observa la luz de un testigo ABS normada para todos los vehículos.



Figura 1.22 Luz testigo ABS

Fuente: <http://www.mifordfiesta.com/foro042004/index.php?showtopic=21345> [consulta 3 septiembre del 2011]

1.5.4. Grupo hidráulico

Es el que realiza las órdenes de la unidad electrónica de control y regula a través de las electroválvulas las presiones en los frenos de rueda independientemente de lo que haga el conductor. Constituye la unión hidráulica entre el cilindro principal y los cilindros de freno de rueda y se encuentra en el compartimiento del motor, a fin de poder mantener cortas las tuberías hidráulicas al cilindro principal y a los cilindros de freno de rueda. En la figura 1.23 se observa la parte interna de un grupo hidráulico ABS.

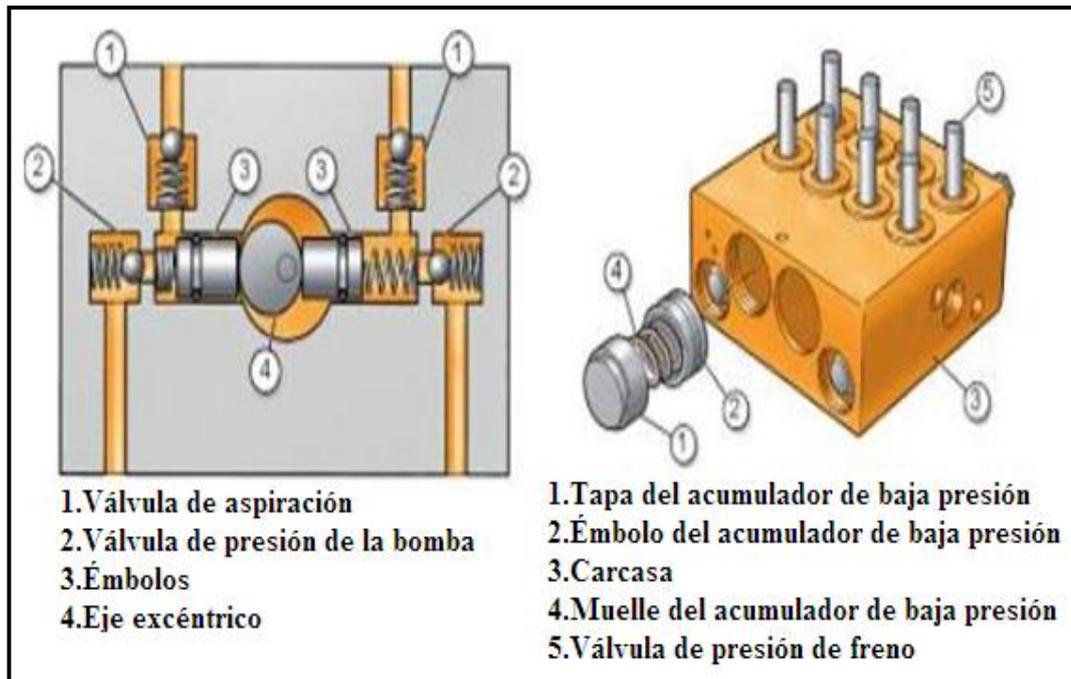


Figura 1.23 Unidad Hidráulica del ABS

Fuente: FERRER RUIZ Julián, DOMÍNGUEZ SORIANO José, Sistemas de transmisión y frenado, Editex, 2008 [consulta 20 de septiembre del 2011]

1.5.4.1. Elementos que componen un grupo hidráulico

- Las electroválvulas
- La bomba de recirculación
- Una cámara acumuladora

1.5.4.1.1. Las electroválvulas

Comandadas por solenoides que realizan la variación de la presión hidráulica hacia los cilindros de rueda. El número de electroválvulas varía según la marca y el tipo de ABS, siendo los más comunes el de 8 electroválvulas 2/2 y el de 4 electroválvulas 3/3. Las electroválvulas conectan la bomba principal con los cilindros de rueda así como a la bomba de recirculación.

Electroválvulas 3/3

Son válvulas que se accionan de forma magnética de 3 conexiones hidráulicas y 3 de conmutación, así se puede establecer la comunicación entre el cilindro principal, los cilindros de freno y el retorno. Sus tres posiciones son:

- Aumento de presión: comunicación directa entre el cilindro principal y el de freno de rueda, la electroválvula se encuentra desactivada.
- Mantener la presión: la electroválvula se activa (recibe corriente) y actúa como un tapón que impide el aumento de presión al cilindro de rueda.
- Reducir la presión: La electroválvula recibe la corriente máxima de energía, y permite el paso de líquido del cilindro de rueda hacia la bomba de recirculación.

Estructura de las electroválvulas 3/3

“Formada por un cilindro 4 alrededor del cual se sitúa la bobina 2, a cuyo campo magnético está sometido el núcleo deslizante 7, acoplado en el interior del cilindro y mantenido en posición de reposo por el muelle 10. En el interior del núcleo 7 se alojan las válvulas 11 y 8, que abren o cierran respectivamente los conductos de entrada 3 desde el cilindro maestro de frenos, y de retorno 6.

El muelle 9 posiciona convenientemente estas válvulas, de manera que en posición de reposo el conducto de retorno 6 está cerrado y el de llegada 3 desde la bomba abierto (como muestra el esquema de la figura 1.24), estableciendo comunicación alrededor del tubo 6 con el cilindro de rueda. En esta posición de la válvula, por tanto, se permite el paso de líquido de frenos desde la bomba hacia los cilindros de rueda para efectuar un frenado normal”¹⁴

¹⁴ ALONSO PÉREZ José Manuel, TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL. CHASIS, 2008, pág 326

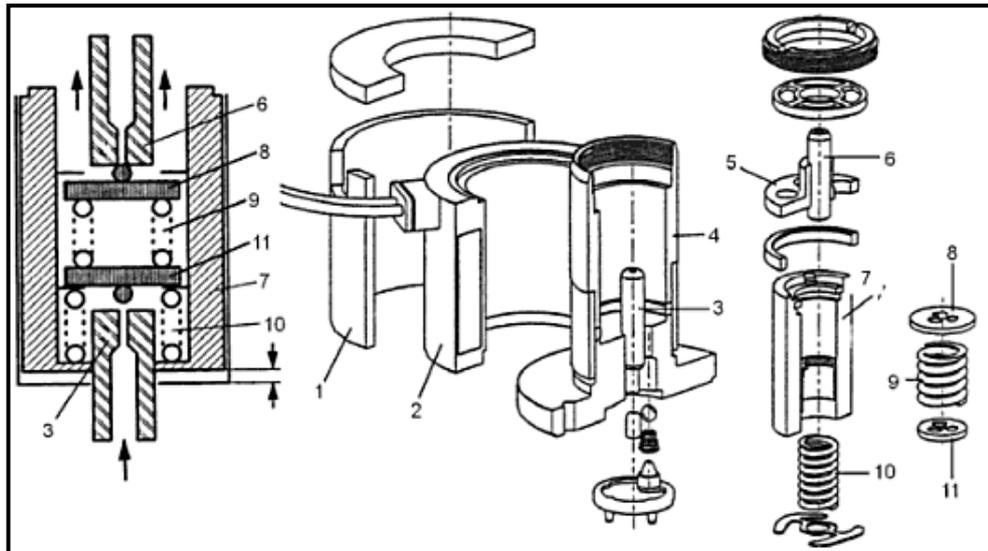


Figura 1.24 Estructura de electroválvula 3/3

Fuente: ALONSO PÉREZ José Manuel, Técnicas del automóvil y chasis, 2008, pág. 326 [consulta 1 de octubre del 2011]

Electroválvulas 2/2

Este tipo de electroválvulas es utilizado para sistemas más modernos de ABS como el de la figura 1.25, en donde 2 electroválvulas trabajan para un circuito de freno de rueda. Una electroválvula es denominada de entrada y la otra de salida, debido a su función que realizan dentro del sistema. Cada rueda es comandada por una pareja de electroválvulas, este tipo de sistema es común disposiciones de freno de distribución en X. Las electroválvulas 2/2 poseen dos conexiones hidráulicas y dos posiciones de conmutación.

“La válvula de entrada establece la comunicación entre:

- El cilindro principal y
- El cilindro de freno de rueda

Y cuida así de que se aumente la presión. La válvula de salida establece la comunicación entre:

- El cilindro de rueda y
- La bomba de recirculación

Mediante una activación correspondiente, también con estas válvulas se pueden generar los tres estados de modulación de la presión posibles con las electroválvulas 3/3.”¹⁵

La figura 1.25 se observa un sistema formado por electroválvulas 2/2.

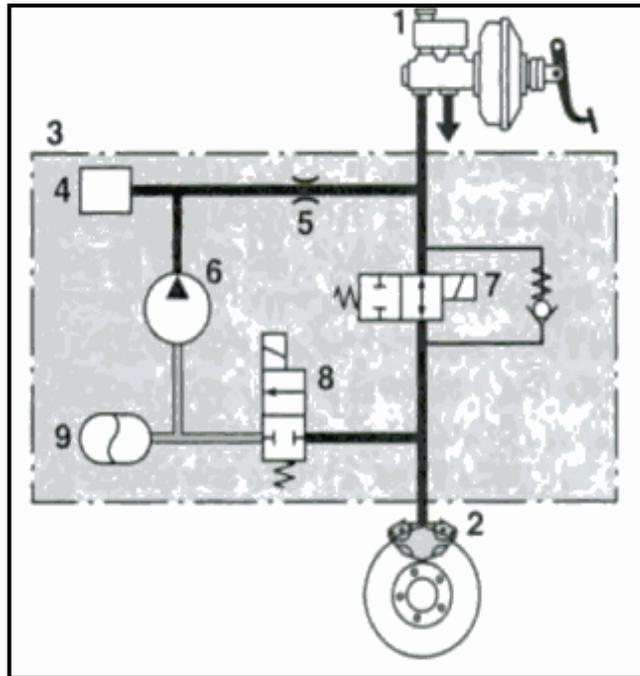


Figura 1.25 Sistema ABS con electroválvulas 2/2

Fuente: BOSCH GMBH Robert, Manual de la técnica del automóvil, 2005, Pág. 810 [consulta 5 de octubre del 2011]

La ventaja de las electroválvulas 2/2 sobre las 3/3 es que son comandadas por un circuito electrónico más sencillo ya que las 2/2 solo necesitan de un pulso mientras que las de 3/3 necesitan de una diferente intensidad para ser activadas.

Estructura de la válvula 2/2

Para un frenado normal la electroválvula de la figura 1.26, también conocida como de admisión está abierta y la de escape (b) cerrada. La presión pasa directamente desde la bomba principal (1) hacia el de la rueda (3).

¹⁵ POST Wulf, DIETSCHKE Karl-Heinz, Robert Bosch GmbH, SISTEMAS DE FRENOS CONVENCIONALES Y ELECTRÓNICOS, Editorial Reverte S.A, 2003

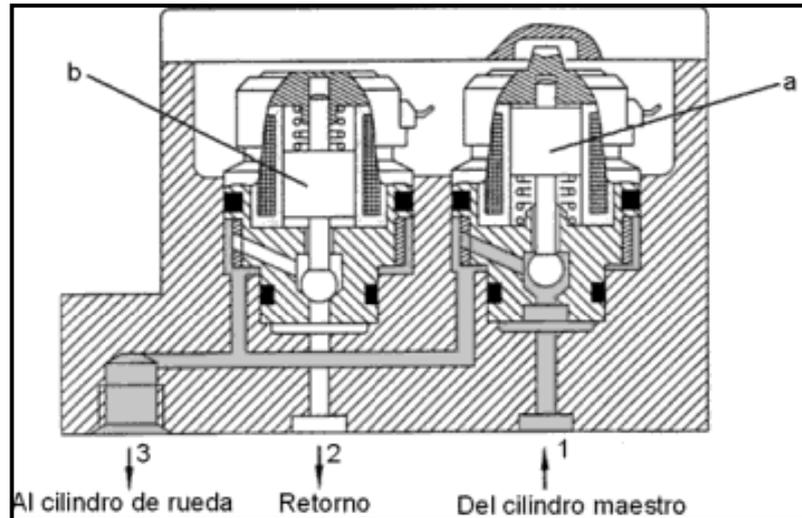


Figura 1. 26 Estructura válvula 2/2 (aumento de presión)
 Fuente: ALONSO PÉREZ José Manuel, Técnicas del automóvil y chasis, 2008, pág. 328 [consulta 11 de octubre del 2011]

En fase de mantenimiento que se muestra en la figura 1.27, se energiza la electroválvula a (admisión), bloqueando el paso de presión entre el cilindro de freno principal y el freno de rueda. La electroválvula de escape continúa cerrada ya que no recibe señal del módulo.

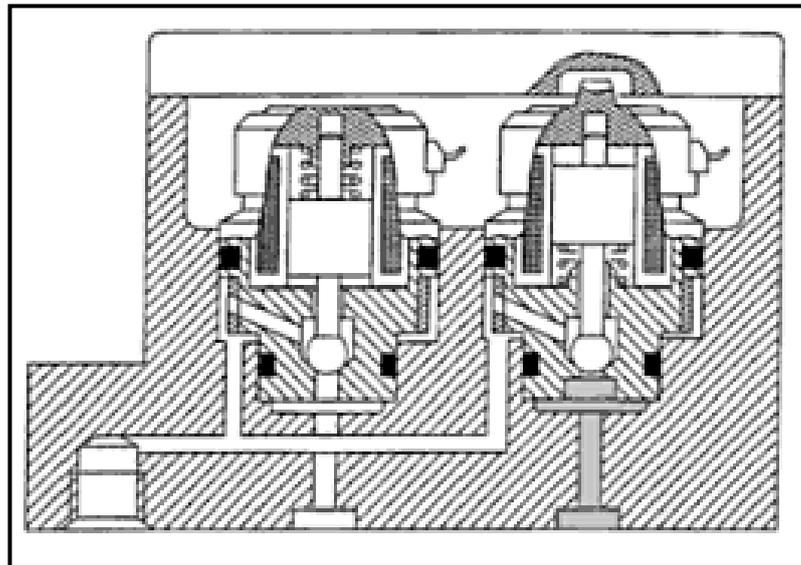


Figura 1.27 Estructura válvula 2/2 (mantención de presión)
 Fuente: ALONSO PÉREZ José Manuel, Técnicas del automóvil y chasis, 2008, pág. 328 [consulta 11 de octubre del 2011]

La fase de reducción de presión la electroválvula de admisión se encuentra cerrada al igual que en la fase de mantención de presión, mientras que la de escape recibe señal del módulo y se activa (electroválvula abierta) comunicando el cilindro de rueda (3) con el retorno de la bomba (2), generándose una descarga de la presión (figura 1.28).

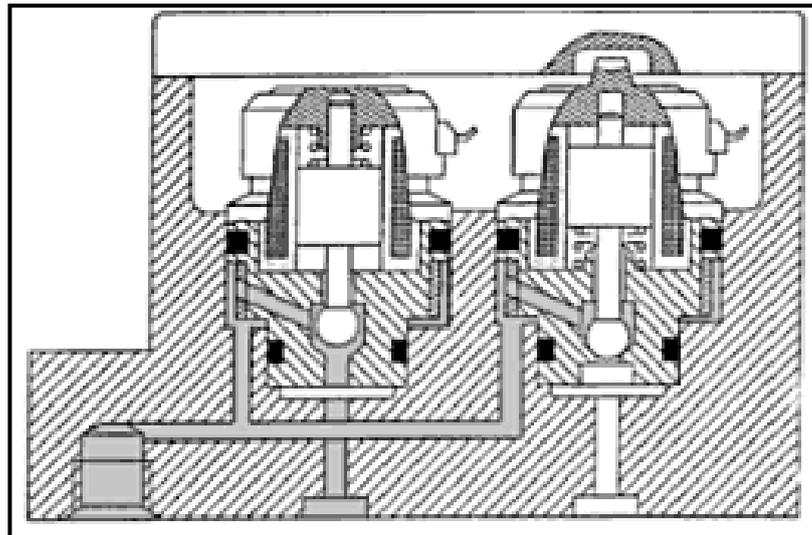


Figura 1.28 Estructura válvula 2/2 (reducción de presión)

Fuente: ALONSO PÉREZ José Manuel, Técnicas del automóvil y chasis, 2008, pág. 328 [consulta 15 de octubre del 2011]

1.5.4.2. La bomba de recirculación

Controlado eléctricamente por la unidad de control e incorporado al módulo ABS y su función es retirar líquido de freno en la fase de disminución de presión desde los bombines de freno a la bomba de freno este efecto de aspiración de líquido por la bomba provoca vibraciones que son perceptibles por el conductor en el pedal de freno. En la figura 1.23 se puede observar que la bomba está formada por una pieza excéntrica (4) que es arrastrada en su eje por un motor eléctrico que pone en movimiento en una carrera alternativa a dos émbolos (3)

CAPÍTULO 2

DINAMICA DEL FRENADO DEL VEHÍCULO

2.1. Dinámica del frenado

La misión del sistema de frenos es transformar la energía cinética que posee el vehículo en movimiento en energía calórica que se irradia a la atmósfera por medio del rozamiento con el objetivo de disminuir o eliminar la velocidad de éste.

La eficacia del frenado radica en:

- Detención en distancia y tiempo mínimo
- En la operación frenado no se desvíe de su trayectoria
- Que el conductor no realice grandes esfuerzos

2.1.1. La fuerza de adherencia.

Los esfuerzos que transmiten los neumáticos al suelo se le conocen como fuerza de adherencia. La fuerza de adherencia máxima depende del peso del vehículo y del coeficiente de adherencia.¹⁶

$$F_a = \mu \times P \quad (2.1)$$

¹⁶ TIPLER Paul Allen, MOSCA Gene, FÍSICA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, Edición Reverte, 2005, Página 118

Donde :

$F_a = \text{Fuerza de adherencia (N)}$

$\mu = \text{Coeficiente de adherencia}$

$P = \text{Peso del vehículo (N)}$

El coeficiente de adherencia depende del estado de las ruedas (nuevas, usadas, presión de aire) como del tipo de terreno (asfalto, tierra, etc.), el estado de éste sobre el que se desplaza el vehículo (seco, mojado, etc.) y la velocidad de marcha. En la figura 2.1 se puede observar la dependencia del coeficiente de adherencia máximo con respecto a la velocidad del vehículo, el gráfico indica cuando se frena a una mayor velocidad existe un menor coeficiente de adherencia.

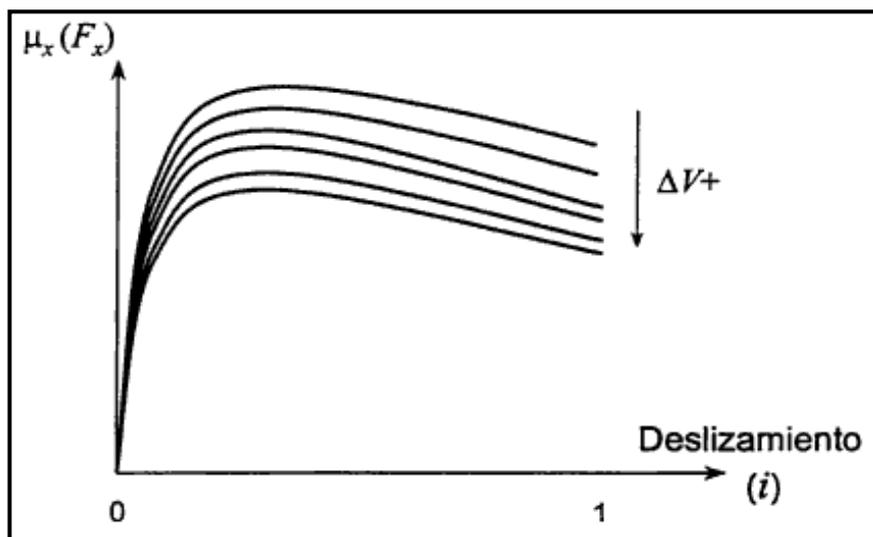


Figura 2.1 Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de adherencia

Fuente: LUQUE RODRÍGUEZ Pablo, ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de accidentes de tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, pág. 116 [consulta 4 de diciembre del 2011]

En el proceso de frenado el coeficiente de adherencia puede tomar diferentes valores desde cero (comienzo del frenado) hasta conforme se aumenta la fuerza de frenado, donde el máximo coeficiente es la máxima adherencia entre el neumático

y la carretera. La tabla 2.1 muestra los diferentes coeficientes de adherencia para distintos tipos de velocidades para neumáticos nuevos y usados.

Los principales factores internos que afectan el coeficiente de adherencia (μ) son:

- Velocidad de recorrido
- Dibujo de la banda del neumático
- Carga normal sobre la rueda

Los principales factores externos que afectan el coeficiente de adherencia (μ) son:

- Estado de la superficie de la carretera
- Tipo de superficie de la carretera
- Estado de limpieza de la carretera

Velocidad de marcha (Km/h)	Estado de los neumáticos	Estado de la carretera				
		Seca	Mojada (altura agua aprox 0,2 mm.)	Lluvia fuerte (altura agua aprox 1 mm.)	Encharcada (altura agua aprox 2 mm.)	Helada
		Coeficiente de adherencia (μ_b)				
60	nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 y
	gastados	1	0,5	0,4	0,25	menos
80	nuevos	0,8	0,6	0,3	0,05	
	gastados	0,95	0,2	0,1	0,1	
100	nuevos	0,75	0,55	0,2	0,2	
	gastados	0,9	0,2	0,1	0,1	

Tabla 2.1 Coeficientes de adherencia máximos para diferentes tipos de carretera,
Fuente: KOST Friedich, Sistemas para la estabilización del vehículo, Reverte, 2005 [consulta 14 de diciembre del 2011]

En el gráfico 2.2 se puede analizar que en carretera seca los neumáticos desgastados poseen un mejor coeficiente de adherencia que los neumáticos nuevos, pero es totalmente lo contrario para carreteras con lluvia o hielo, donde los neumáticos nuevos tienen un coeficiente de adherencia máxima mayor como se observa en la tabla 2.1.

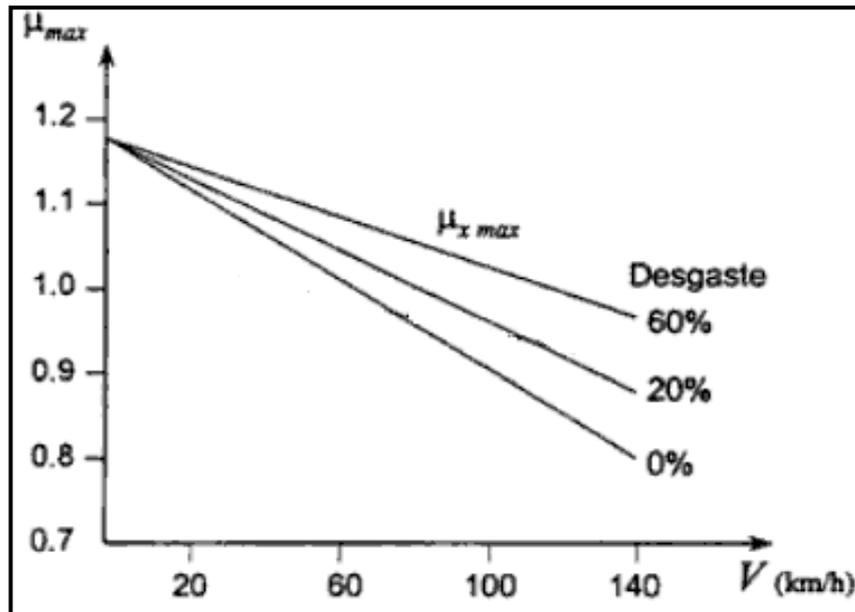


Figura 2.2 Coeficientes de adherencia máximas para con diferente desgaste,
Fuente: ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de Accidentes de Tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, pág 116 [consulta 18 de diciembre del 2011]

2.1.2. Energía del frenado

La energía cinética que posee un cuerpo en movimiento (en este caso el vehículo) viene limitado por su peso y su velocidad. La energía que debe disipar el sistema de frenos para detener el vehículo es la energía que posee el vehículo al instante del frenado.

$$E.C = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.2)$$

Donde :

$E.C.$ = energía cinética (J)

m = masa del vehículo (kg)

v = velocidad del vehículo (m/s)

Y la masa equivale a:

$$m = \frac{P}{g} \quad (2.3)$$

Donde:

$$P = \text{peso del vehículo}(N)$$

$$g = \text{gravedad } (9,8 \text{ m/s}^2)$$

Sustituyendo la ecuación 2.2 en la ecuación 2.3 se obtiene:

$$E.C = \frac{1}{2} \frac{P}{g} v^2 \quad (2.4)$$

2.1.3. Fuerza de frenado.

La capacidad de eliminar esta energía cinética para detener el vehículo lo genera la fuerza de frenado que se aplica por cierto tiempo en el que el vehículo recorrió una cierta distancia hasta que se detuvo como se puede observar en la figura 2.3.

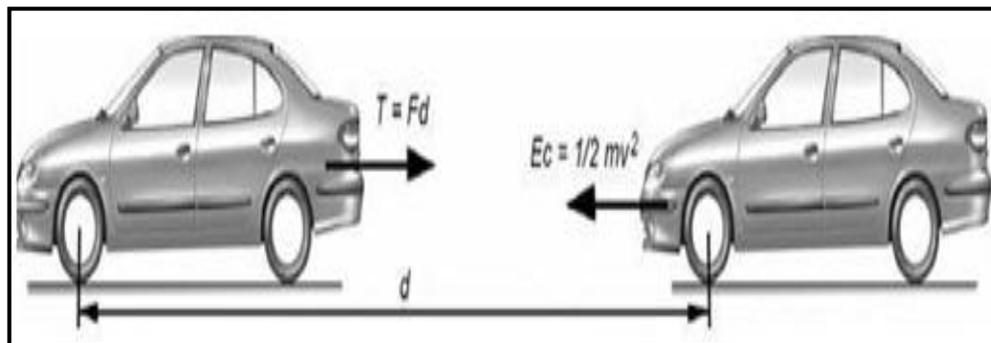


Figura 2.3 Energía cinética y trabajo de frenado,

Fuente: HEWITT Paul G; Física conceptual, Pearson Educación, 2004, Página 110 [consulta 5 de enero del 2012]

$$T = Ff \times d \quad \dots (2.5)$$

Donde:

$T = \text{Trabajo de frenado (N} \times \text{m)}$

$F_f = \text{fuerza de frenado (N)}$

$d = \text{Distancia de frenado (m)}$

Las fuerzas de frenado se generan en el contacto rueda-calzada, cuando se les aplica pares que se oponen al movimiento, la fuerza de fricción sobre el disco de freno genera momentos sobre la calzada. Según la figura 2.4 los momentos generados son los siguientes:

$M_f = \text{Momento de frenado}$

$M_R = \text{Momento de reacción del suelo sobre el neumático}$

$w = \text{velocidad angular}$

$F_f \text{ disco} = \text{Fuerza de fricción sobre el disco}$

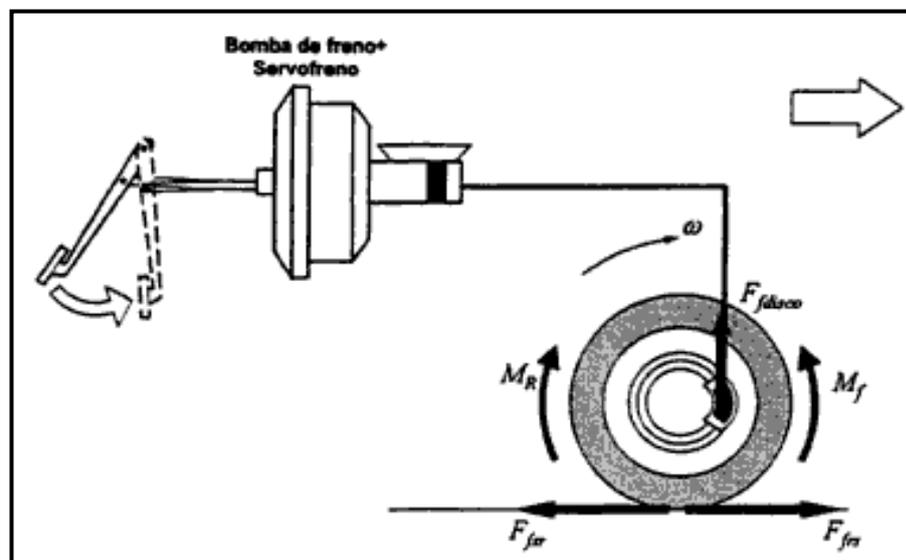


Figura 2.4 Fuerzas de frenado generadas en el contacto neumático-carretero
Fuente: LUQUE RODRÍGUEZ Pablo, ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de accidentes de tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, pág 206 [consulta 7 de enero del 2012]

Como se puede observar en la figura 2.5, al aplicar a la rueda un par de frenado (M_f), el neumático sufre un alargamiento en la entrada del contacto con la carretera (tracción) y una deformación en la salida (compresión). En estas condiciones la rodadura del neumático se produce como si el radio fuese mayor comparado con el radio del neumático cuando gira libremente (sin momento de frenado). La velocidad con la que se desplaza el eje de la rueda (V) es superior que la comparada con la teórica (wrc), donde rc es el radio del neumático en condiciones de rodadura libre.

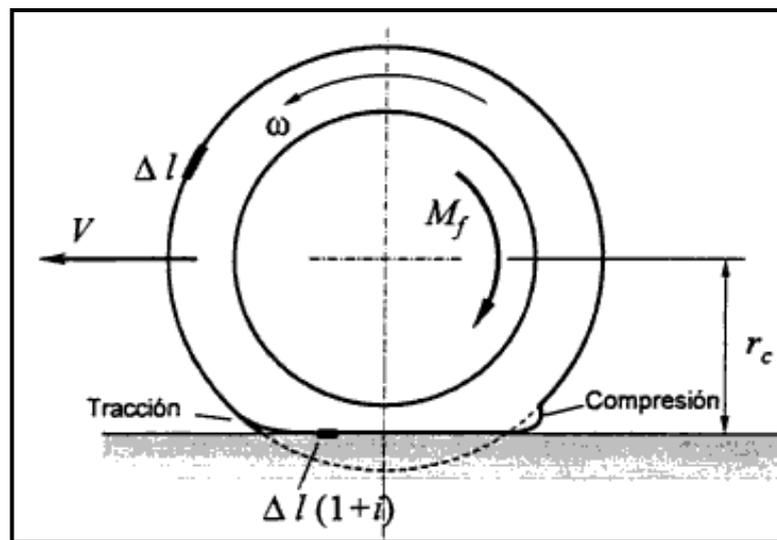


Figura 2.5 Neumático sometido a un esfuerzo longitudinal de frenado
Fuente: RODRÍGUEZ LUQUE Pablo, ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de accidentes de tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, Página 115

“Esta diferencia de velocidades es considerada como el deslizamiento por deformación de frenado y el valor de dicho deslizamiento (if) se define según la siguiente ecuación:”¹⁷

$$if = 1 - \frac{w \times rc}{v} = 1 - \frac{rc}{re} \quad (2.6)$$

¹⁷ RODRÍGUEZ Pablo Luque, MÁNTARAS Daniel Álvarez, INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁFICO, Universidad de Oviedo, 2003, Página 115

Donde:

$i_f = \text{deslizamiento por frenado (\%)}$

$w = \text{velocidad angular (rad/s)}$

$v = \text{velocidad de desplazamiento (m/s)}$

$r_c = \text{radio de neumático en giro libre (m)}$

$r_e = \text{radio de efectivo bajo carga de frenado (m)}$

En la ecuación 2.6 se puede apreciar que cuando $i_f = 1$ (ó $i_f=100\%$), $w = 0$ que es cuando la rueda está bloqueada y se produce deslizamiento puro. Este efecto se visualiza en la figura 2.6 donde se muestra el efecto que se genera cuando una rueda no se bloquea por frenado en la izquierda y una rueda que se bloquea en la derecha.

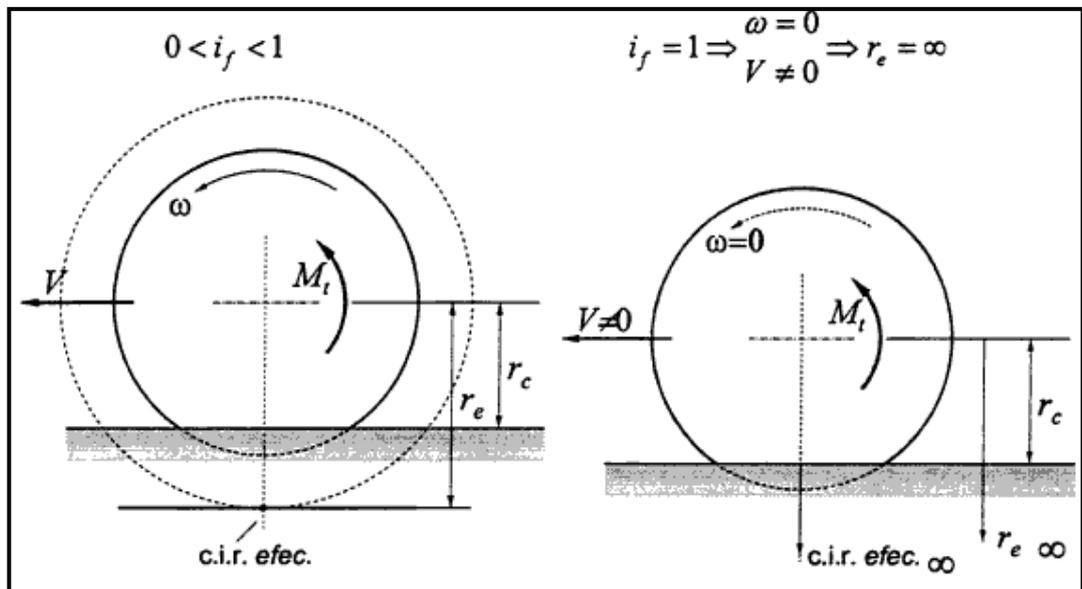


Figura 2.6 Variación de radio efectivo por frenado,

Fuente: RODRÍGUEZ LUQUE Pablo, ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de accidentes de tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, Página 115 [consulta 15 de enero del 2012]

2.1.4. Tipos de fuerzas de frenado

En el proceso de frenado para detener un vehículo se pueden generar 2 fuerzas de frenado distintas: Fuerza de rozamiento estática y fuerza de rozamiento dinámica.

2.1.4.1. Fuerza de rozamiento Estática

Si durante el frenado el neumático de un vehículo rueda y no patina sobre la carretera, la fuerza de frenado existente es la fuerza de rozamiento estática que tiene un coeficiente de 0 a μ_{max} , este valor llamado coeficiente de fricción estático (μ_e) va aumentando a medida que aumenta la fuerza de frenado. Es decir:

$$0 \leq \mu_e \leq \mu_{max} \quad (2.7)$$

Donde:

μ_e = coeficiente de rozamiento estático

μ_{max} = coeficiente de rozamiento máximo

2.1.4.2. Fuerza de rozamiento Dinámica

Si la rueda patina sobre la carretera, la fuerza de frenado presente es la fuerza de rozamiento dinámica, que es el momento en el que se supera el valor del coeficiente de adherencia máximo (μ_{max}), y se convierte en un coeficiente de fricción dinámico (μ_d). El coeficiente dinámico es inferior al de adherencia y por lo tanto lo es también menor al estático (μ_e)

$$\mu_d < \mu_{max} \quad (2.8)$$

De la ecuación 2.7 y 2.8 se obtiene la siguiente ecuación:

$$\mu d < \mu e \quad (2.9)$$

“Una frenada con coeficiente de rozamiento dinámico producirá el bloqueo de los neumáticos haciendo que la transformación de la energía cinética en la rueda provocando un aumento considerable de la temperatura en ésta produciéndose fusión del caucho quedando impregnada la marca producto del patinado de la rueda en la carretera.¹⁸”

2.2. Física de frenado del ABS

Teniendo en cuenta que la fuerza de rozamiento estático es mayor que la fuerza de rozamiento dinámico el ABS logra maximizar la fuerza de adherencia y minimizar la distancia de frenado manteniendo siempre el giro de las ruedas evitando que éstas patinen, el sistema mantiene la frenada con el coeficiente de rozamiento estático. En la figura 2.7 se enmarca la regulación del ABS manteniendo siempre el coeficiente de adherencia estático máximo que es el óptimo evitando el deslizamiento del vehículo. Un frenado hasta más allá de estos valores marcados (máximo coeficiente estático) significa sobrefrenar el vehículo, hasta el punto de disminuir el coeficiente estático y aumentar el dinámico.

“El deslizamiento por frenado es una medida del rozamiento dinámico: cuando el deslizamiento es igual a 1 se bloquea la rueda y existe sólo rozamiento dinámico”¹⁹

La figura 2.7 muestra que el sistema de frenos ABS mantiene siempre if entre los valores de 0,15 a 0,30

¹⁸ SERWAY Raymond A., JEWETT John W., FÍSICA PARA CIENCIAS E INGENIERÍA, Volumen1, Cengage Learning Editores, 2005, Página 136

¹⁹ POST Wulf, DIETSCHKE Karl-Heinz, Robert Bosch GmbH, SISTEMAS DE FRENOS CONVENCIONALES Y ELECTRÓNICOS, Editorial Reverte S.A, 2003

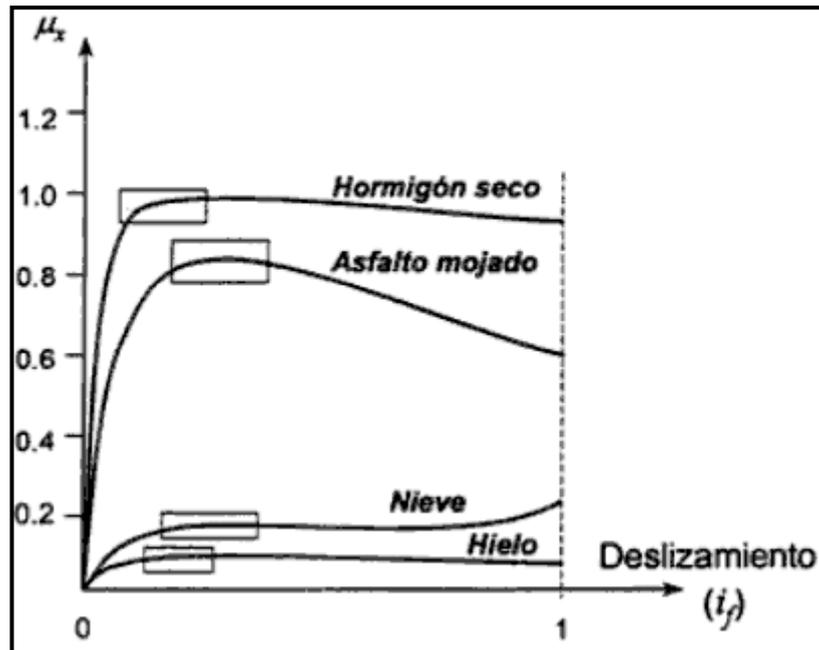


Figura 2.7 Campos de regulación del ABS para diferentes condiciones carreteras
 Fuente: LUQUE RODRÍGUEZ Pablo, ÁLVAREZ MÁNTARAS Daniel, Investigación de accidentes de tráfico, Universidad de Oviedo, 2003, pág 206 [consulta 23 de enero del 2012]

El ABS evita que el deslizamiento por frenado llegue a valores críticos, manteniendo siempre la fuerza máxima de frenado que es la zona de mayor estabilidad. En la zona inestable se presenta una reducción de la fuerza de frenado donde se da el bloqueo de las ruedas.

Como una excepción en carretera con nieve el bloqueo de la rueda ($if = 1$) provoca un aumento de la fuerza de frenada como se puede observar en la figura 2.7 ya que se crea una cuña adelante de neumático que se opone al movimiento disminuyendo la distancia de frenado, esto en un vehículo sin un sistema ABS únicamente.

2.3. Eficacia de los frenos

La eficacia de frenado que posee un vehículo viene dado en forma porcentual, y representa la máxima desaceleración a la que puede frenar un vehículo, este valor depende del coeficiente de adherencia existente entre la rueda y el terreno en

función de la fuerza que los frenos aplican y el peso del vehículo. La máxima eficacia de los frenos tiene un valor del 100% cuando la fuerza del frenado es igual al peso del vehículo. Normalmente se consideran buenos frenos a los que tienen una eficacia del orden del 80%.

$$E = \frac{d}{g} \quad (2.10)$$

Donde:

$$d = \text{desaceleración del vehículo (m/s}^2\text{)}$$

$$g = \text{gravedad (m/s}^2\text{)}$$

Multiplicando la desaceleración y gravedad por la masa del vehículo de la ecuación 2.10 se obtiene:

$$E = \frac{m \times d}{m \times g} = \frac{Ff}{P} \quad (2.11)$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$E = \frac{Ff}{P} \quad (2.12)$$

Donde:

$$E = \text{Eficacia frenos (\%)}$$

$$Ff = \text{fuerza de frenado (N)}$$

$$P = \text{Peso del vehículo (N)}$$

2.4. Transferencia de carga

El peso que soporta cada eje estáticamente es diferente, el eje delantero siempre soporta más peso que el trasero ya que el motor se encuentra ubicado en la parte

delantera, y más aún si el vehículo es de tracción delantera donde elementos como la caja de cambios, diferencial, las transmisiones se encuentran también adelante. Al momento del frenado se genera una fuerza de inercia que hace que el peso en los ejes varíe produciendo una transferencia de peso del eje trasero al eje delantero aumentando el peso que soporta en ese momento.

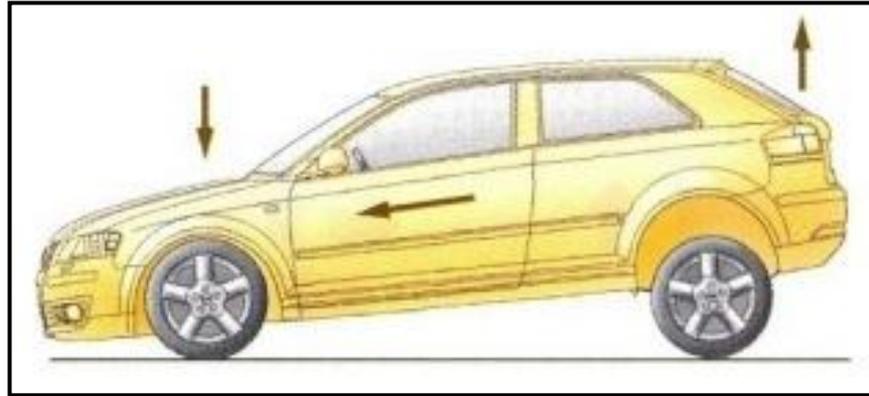


Figura 2.8 Transferencia de carga por frenado
<http://www.monroebrakes.com/about-monroe/safety-triangle?lang=es>
 [consulta 25 de enero del 2012]

2.4.1. Cargas dinámicas

Al utilizar los frenos se genera una fuerza de inercia (fuerza de frenado) que se aplica en el centro de gravedad del vehículo como se puede verificar en la figura 2.9. Este centro es el punto donde se aplican todas las fuerzas generadas por la masa del vehículo y su fuerza motriz. La fuerza creada producto de la inercia produce un empuje en el sentido de la marcha generando el momento:

$$M = F_f \times h \quad (2.13)$$

Donde:

$M =$ Momento de frenado ($N \times m$)

$F_f =$ Fuerza de frenado (N)

$h =$ Altura del centro de gravedad (m)

“Cuando un vehículo cambia de velocidad, frena o realiza un giro, se produce una transferencia de pesos (muy fácil de detectar en cualquier turismo) que modifica constantemente el centro de gravedad del vehículo”²⁰

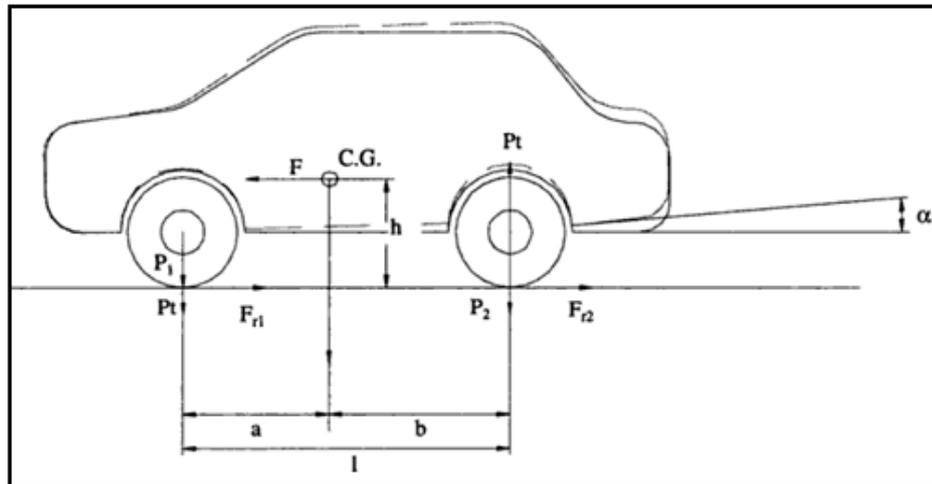


Figura 2.9 Reparto de la fuerza de frenado,
Fuente: ALONSO PÉREZ José Manuel, Técnicas del automóvil y chasis, editorial paraninfo, 2008
[consulta 2 de febrero del 2012]

El momento M producido por la inercia es transferido al eje delantero como el momento del peso producto de la distancia entre ejes.

$$Ff \times h = Pt' \times l \quad (2.14)$$

Despejando Pt' de la ecuación 2.14 se obtiene la siguiente ecuación:

$$Pt' = \frac{Ff \times h}{l} \quad (2.15)$$

Donde:

$Pt' =$ Peso transferido del eje trasero al delantero (N)

$l =$ Distancia de la batalla del vehículo (m)

²⁰ MARTÍN NAVARRO José, GÓMEZ MORALES tomás, ESTRUCTURAS DEL VEHICULO 2a edición, Paraninfo, 2010, Pág. 183

La ecuación 2.15 representa la carga y descarga de los ejes en el frenado que se puede representar en la siguiente ecuación:²¹

$$\text{Carga} = \text{Descarga} = \frac{F_f \times h}{l} \quad (2.16)$$

El peso total que se genera en el eje delantero producto de un frenado es la suma del peso en carga estática más la carga por transferencia de frenado:

$$P'd = Pd + \frac{F_f \times h}{l} \quad (2.17)$$

Donde:

P'd = Peso en el eje delantero en frenado (N)

Pd = Peso del eje delantero en carga estática (N)

h = Altura del centro de gravedad (m)

l = Distancia de la batalla (m)

Ff = Fuerza de frenado (N)

Y el peso total que se genera en el eje trasero es:

$$P't = Pt - \frac{F_f \times h}{l} \quad (2.18)$$

Donde

P't = Peso en el eje trasero en frenado (N)

²¹ ALONSO PÉREZ José Manuel, TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL. CHASIS, Editorial Paraninfo, 2008, Página 236

De la ecuación 2.12 se despeja la fuerza de frenado:

$$F_f = E \times P \quad (2.19)$$

La ecuación 2.19 se reemplaza en la ecuación 2.17 y 2.18 respectivamente obteniéndose las ecuaciones siguientes:

$$P'd = Pd + EP \frac{h}{l} \quad (2.20)$$

$$P't = Pt - EP \frac{h}{l} \quad (2.21)$$

Donde:

$$P'd = \text{Peso eje delantero}(N)$$

$$P't = \text{Peso eje trasero}(N)$$

$$E = \text{Eficacia de frenado} (\%)$$

$$P = \text{Peso del vehículo} (N)$$

$$l = \text{Distancia de la batalla del vehículo}(m)$$

$$h = \text{Altura del centro de gravedad} (m)$$

La relación existente entre la altura del centro de gravedad y la batalla del vehículo se denomina factor de forma del vehículo:

$$x = \frac{h}{l} \quad (2.22)$$

Además la relación entre el peso estático del eje trasero y del peso total se lo conoce como:

$$\gamma = \frac{Pt}{P} \quad (2.23)$$

La relación entre el peso estático y el del eje delantero es:

$$1 - \gamma = \frac{P'd}{P} \quad (2.24)$$

Sustituyendo las ecuaciones 2.22 y 2.23 en la ecuación 2.20 se obtiene la ecuación de las carga para el eje delantero:

$$P'd = P(1 - \gamma + Ex) \quad (2.25)^{22}$$

Sustituyendo las ecuaciones 2.22 y 2.24 en la ecuación 2.21 se obtiene la ecuación de las carga para el eje trasero:

$$P't = P(\gamma - Ex) \quad (2.26)$$

Aplicando la ecuación 2.19, la fuerza de frenado (Ff) es el resultante de la suma de las fuerzas de frenado aplicados en cada eje.

$$Ff = Ffd + Fft \quad (2.27)$$

Donde:

Ff = Fuerza de frenado (N)

Ffd = Fuerza de frenado eje delantero(N)

Fft = Fuerza de frenado eje trasero (N)

Reemplazando la ecuación 2.19 en la ecuación 2.27 se obtiene la siguiente ecuación:

$$Ff = (E \times P'd) + (E \times P't) \quad (2.28)$$

En donde las fuerzas de frenado para cada eje se obtienen reemplazando las ecuaciones 2.25 y 2.26 respectivamente:

²²http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/proyectos/Proyecto_Tecnico.pdf, REFORMA DEL SISTEMA DE FRENADO DE UN VEHÍCULO DE TURISMO, Universidad Carlos III de Madrid

$$Ffd = E \times P(1 - \gamma + Ex) \quad (2.29)$$

$$Fft = E \times P(\gamma - Ex) \quad (2.30)$$

Igualando las ecuaciones 2.29 y 2.30, y despejando x se obtiene la relación existente entre la fuerza de frenado del eje trasero y el delantero:

$$X = \frac{Ffd \times \gamma + Fft \times \gamma - Fft}{(Fft + Ffd) \times E} \quad (2.31)$$

El reparto de frenado entre ejes de un vehículo depende de la implementación del grupo motor propulsor al ser el grupo que más peso aporta:

- *“Para vehículos con motor delantero y propulsión trasera, sobre cada eje descansa aproximadamente el 50% del peso total.*
- *Para vehículos con motor delantero y tracción delanteros, sobre este eje descansa aproximadamente el 75%, y el 35% sobre el eje trasero.*
- *En los vehículos de motor y propulsión traseros, el reparto es contrario al del caso anterior: sobre el eje trasero descansa aproximadamente el 75% del peso total.”²³*

²³ ALONSO PÉREZ José Manuel, TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL. CHASIS, Editorial Paraninfo, 2008, Página 237

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS ABS EN UN VEHÍCULO TOYOTA RAV4 2003

3.1. Sistema convencional de frenos del vehículo Toyota Rav4

A continuación se detallarán y analizarán el funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema convencional de frenos y posteriormente los elementos del sistema ABS que necesitan ser implementados.

3.1.1. Disposición del circuito de frenos del Toyota RAV4

La norma ISO 611 establece que los sistemas de frenos en vehículos de turismos se diseñen con dos circuitos de freno independientes. El circuito de freno en el vehículo Toyota RAV4 es distribución diagonal (X). Un circuito actúa sobre la rueda izquierda con la trasera derecha y otro circuito con la rueda delantera derecha con la trasera izquierda, este circuito típico utilizado para los vehículos de tracción delantera (FWD). La figura 3.1 muestra la distribución diagonal (X), la misma que se encuentra instalada en el vehículo Toyota Rav4.

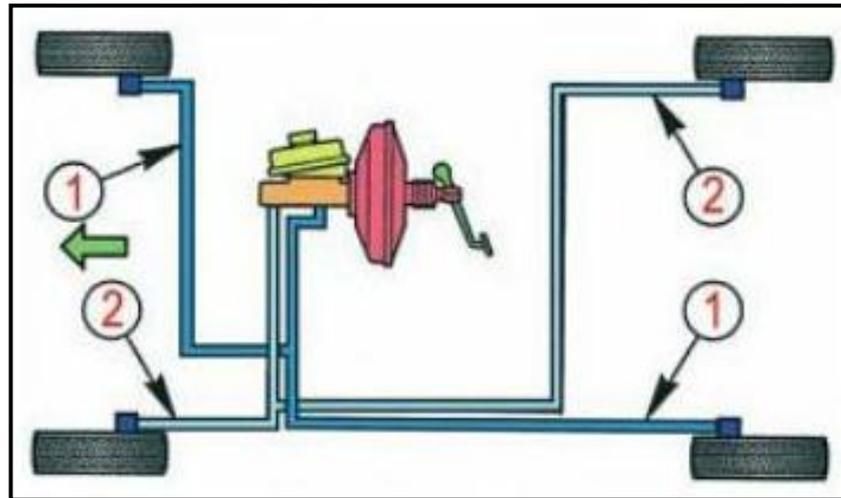


Figura 3.1 Circuito de freno disposición en diagonal

Fuente: ÁGUEDA CASADO Eduardo, Técnicas básicas de mecánica y electricidad, editorial Paraninfo, 2009, pág. 185 [consulta 17 de enero del 2012]

3.1.2. Componentes del sistema de frenos convencional

- Pedal de freno
- Servofreno
- Cañerías de freno metálicos y de goma
- Bomba de freno (Cilindro principal)
- Interruptor de freno
- Luz de alerta de frenos
- Sistema de freno eje delantero
- Sistema de freno eje posterior

Pedal de freno

Es el elemento que transmite la fuerza que ejerce el conductor a la bomba principal de freno durante el proceso del frenado.

Servofreno

Mecanismo que proporciona una energía auxiliar de la generada por la fuerza del pie del conductor al accionar el pedal de freno. Este de tipo neumático

(mastervac) ya que se encuentra ubicado entre el pedal de freno y la bomba principal de freno.

Cañerías de freno

Son conductos metálicos y de goma donde el líquido de freno es conducido, los metálicos son los que se ubican desde el cilindro principal a los puntos de conexión que están ubicados cerca de las ruedas, a partir de los puntos de conexión se utilizan tubos flexibles hasta los cilindros de rueda. Tienen la característica de soportar niveles altos de presión que genera el sistema de frenos.

Cañerías rígidas: Sus extremos están formadas por uniones roscadas, en su exterior están revestidas de plástico para protección para combatir la corrosión. En la figura 3.2 se observa las cañerías rígidas del vehículo.



Figura 3.2 Cañerías rígidas

Cañerías de goma: En su interior están formados internamente de goma y una capa de rayón que cumple la función de reforzamiento en su exterior, se utilizan estos tipos de cañerías ya que deben presentar flexibilidad pues están ubicados en las zonas móviles del vehículo. La figura 3.3 muestra una cañería de goma del Toyota Rav4.



Figura 3.3 Cañerías flexibles

Bomba de freno (cilindro principal)

Transforma la fuerza mecánica generada en el pedal de freno en fuerza hidráulica la que es transmitida al líquido de frenos por medio del circuito hidráulico para el accionamiento de los cilindros de rueda. La bomba del freno se visualiza en la figura 3.4.



Figura 3.4 Bomba de frenos (cilindro principal)

Por normativa toda bomba de frenos trabaja para dos circuitos de freno independientes. En la gráfica 3.5 se puede observar la salida de dos cañerías de la bomba de frenos del RAV4, estas dos salidas son independientes y representan los dos circuitos freno que según por norma los vehículos de turismo tienen que disponer.



Figura 3.5 Salida de presión de los 2 circuitos de la bomba

Como se puede observar en la gráfica 3.5 la bomba del Toyota está conformada por dos circuitos independientes, la salida de la derecha de la bomba será el circuito para los frenos del eje delantero, mientras la salida de la izquierda para los frenos del eje posterior.

Interruptor de luz freno

Su función en el sistema convencional de frenos es de encender las luces de freno cuando se acciona el pedal para alertar a los conductores que se encuentran atrás para que tomen las precauciones del caso como disminuir la velocidad.

En el sistema de frenos ABS aparte de esta importante operación de encender las luces de freno, el interruptor también tiene la importante función de informar al módulo de control del ABS cuando el conductor aplica el pedal de freno, envía una señal de 12V al módulo para que el sistema ABS se active o desactive

rápidamente su funcionamiento de regulación del antibloqueo de las ruedas. El interruptor es de tipo normalmente abierto, es decir mientras el pedal no se presione el circuito eléctrico se encuentra abierto y no existe el paso de corriente. El interruptor de luz de freno del Toyota Rav4 se visualiza en la figura 3.6.

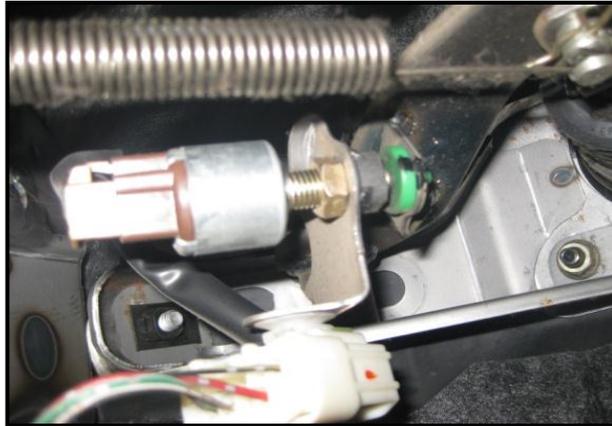


Figura 3.6 Interruptor luz de freno

Luz de alerta de frenos

La luz de alerta roja está localizada en el panel de instrumentos para identificar la aplicación del freno de estacionamiento o indicar bajo nivel de fluido de frenos. La luz se enciende también en la posición de prueba de focos del interruptor de encendido, y debe apagarse al arrancar el motor, esto indica un correcto funcionamiento del indicador. Este indicador se observa en la figura 3.7.



Figura 3.7 Luz alerta de frenos

3.1.3. Constitución sistema de frenos eje delantero

Para el eje delantero el sistema está compuesto por frenos de disco ventilados con mordaza tipo flotante (mordaza móvil).

Disco de frenos

Son discos de freno autoventilados como se puede ver en la gráfica 3.8, en los que se visualizan las dos pistas de rozamiento y entre las dos se encuentran atravesadas aletas que permiten el paso de aire en su interior para producir el enfriamiento del disco.



Figura 3.8 Disco de freno, eje delantero

3.1.4. Constitución sistema de frenos eje trasero

El sistema de frenado en el Toyota RAV4 para el eje trasero está conformado por frenos de tambor, este tipo de sistema es muy utilizado por los fabricantes ya que las ruedas posteriores intervienen menos en una frenada que las delanteras debido a la transferencia de carga que se da en el frenado analizado en el capítulo anterior.

3.2. Elementos para sistema de frenos ABS en el Toyota RAV4

Para el funcionamiento del sistema ABS en el Toyota Rav4 aparte de los elementos de freno convencional se necesitan instalar también componentes exclusivos del sistema de frenos ABS, estos son tanto elementos mecánicos, hidráulicos como eléctricos. Los elementos que tienen que ser implementados para el funcionamiento del sistema ABS son los siguientes:

- Puntas de eje con ruedas fónicas integradas
- Sensores de ruedas delanteras
- Manzanas posteriores con sensor posterior incluido
- Cañerías de freno
- Soporte módulo ABS
- Luz de alerta de ABS
- Módulo ABS (grupo hidráulico incluido)

Puntas de eje con Ruedas Fónicas integradas

Se realizó la sustitución de las puntas de eje que equipaba el vehículo por puntas de eje que posean el dentado (ruedas fónicas) para que los sensores de rueda generen las señales para el módulo del ABS sobre el estado del giro de las ruedas delanteras. Estas ruedas se encuentran ubicadas muy firmemente a presión sobre la superficie cónica de la punta para asegurar que las señales sean generadas de forma precisa sin ninguna alteración para determinar el estado de giro de las ruedas sin ninguna alteración. En la figura 3.9 se visualizan las puntas de eje.



Figura 3.9 Punta de eje con rueda fónica

Sensores de velocidad de giro de las ruedas (sensores inductivos)

En la figura 3.10 se visualizan los sensores inductivos, como dice su nombre inducen una tensión alterna al bobinado interno del sensor por medio de la variación del flujo magnético. Internamente el sensor está formado por una espiga polar la cual se encuentra arrollada (bobina), unido a la espiga polar se encuentra un imán permanente, este imán produce un campo magnético que afecta a los elementos del sensor hasta la rueda fónica. El campo magnético del imán permanente sufre modificaciones por el paso de los dientes de la rueda fónica frente al polo magnético (núcleo de hierro). La ubicación del sensor es perpendicular al de la rueda fónica por lo que la forma de montaje del sensor es de polo plano (montaje radial).



Figura 3.10 Sensores inductivos de tipo polo plano

Sensores de ruedas posteriores con manzanas incluidas:

En los vehículos 4x2 como el Toyota Rav4, las ruedas posteriores no poseen toma de fuerza por lo que giran libres solidarias al movimiento del vehículo, por tal motivo las ruedas posteriores no poseen puntas de eje. La ubicación de las ruedas fónicas en este caso es internamente en las manzanas, debido a esto se necesita reemplazar las manzanas posteriores que no poseen dentado por manzanas que poseen dentado para la generación de las señales del giro de las ruedas posteriores. En la figura se visualizan las manzanas posteriores.



Figura 3.11 Manzanas posteriores con ruedas fónicas y sensor incluido

La característica de este tipo de manzana es que posee un solo conjunto con el dentado así como también incluido el sensor de revoluciones. Únicamente posee un conector con 2 pines para la conexión eléctrica al módulo.

Cañerías de freno

La disposición de las cañerías rígidas cambia ya que ahora de los 2 circuitos que sale de la bomba, éstas ya no van a las ruedas directamente, sino que van dirigidas al módulo del ABS. Esto hace que las cañerías cambien físicamente en su forma y longitud al tener un mayor recorrido hacia el módulo. Del módulo salen ya otras 4 cañerías que van ya dirigidas hacia cada una de las ruedas hasta las cañerías flexibles que no tienen ningún cambio.

Para el sistema se necesitaron de 6 cañerías:

- 2 cañerías de la bomba de frenos a la entrada del módulo
- 4 cañerías de la salida del módulo a cada una de las ruedas

La figura 3.12 se observan las 6 cañerías que fueron instaladas para el funcionamiento del sistema ABS.



Figura 3.12 Cañerías de freno rígidas para el sistema ABS

Luz de alerta de ABS

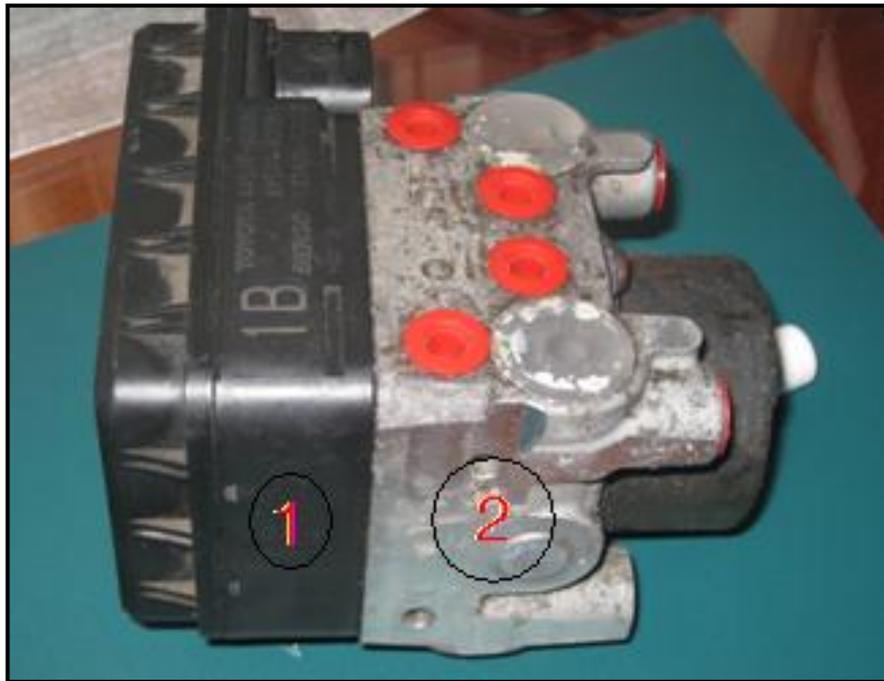
Se enciende brevemente al encender la ignición, realizando una verificación automática, la luz se apaga después de aproximadamente de 3 segundos en caso de que el sistema ABS este en buen funcionamiento. El sistema ABS siempre realiza una autoprueba cada vez que se coloca el interruptor de encendido en “ON”. Es señal de un desperfecto en el sistema si la luz de advertencia:

- No se enciende cuando se enciende la ignición
- No se apaga
- Se enciende mientras se conduce

Módulo del ABS (Grupo hidráulico incluido)

El módulo de control posee la característica que forma un solo conjunto el módulo de control electrónico con la unidad hidráulica del sistema a diferencia de sistemas más antiguos que poseían el módulo electrónico separado del hidráulico.

El módulo que se instaló se visualizar en la figura 3.13, de marca Denso, además en la gráfica se puede visualizar al módulo donde se indica la unidad de control del ABS y la unidad hidráulica que forman un solo conjunto.



Módulo ABS para Toyota RAV4
1. Módulo control electrónico 2. Unidad hidráulica

Figura 3.13 Módulo ABS Denso

3.3. Disposición y funcionamiento del sistema ABS de Toyota

En la figura 3.14 se observa la disposición del sistema ABS de Toyota usa un módulo de control con los actuadores como una sola unidad, ubicada entre la bomba de freno (cilindro principal) y los cilindros de ruedas controlando la presión hidráulica del sistema.

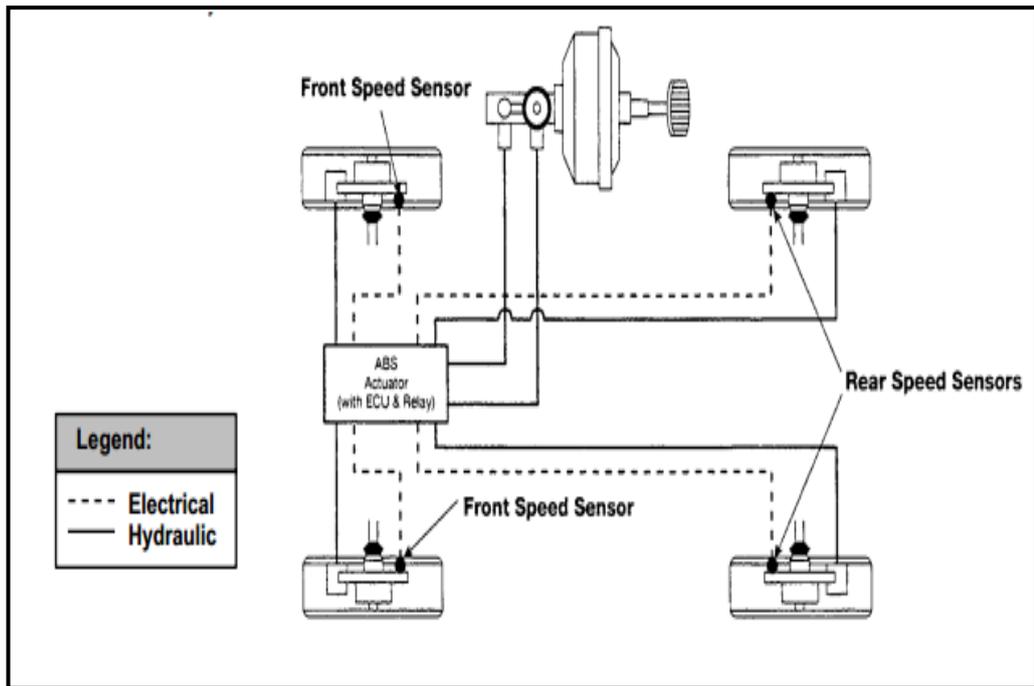


Figura 3.14 Sistema ABS para Toyota

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 2 de febrero del 2012]

3.4 Constitución del sistema ABS de Toyota

Se encuentra formado por 4 sensores de rueda que son monitoreadas por el módulo de control del ABS, éste calcula la velocidad de rotación de la ruedas. El sistema controla las 2 ruedas delanteras individualmente y las dos traseras como una sola.

Los sensores al detectar un cambio inesperado en la velocidad de las ruedas en el frenado, el módulo interpretan estos datos y da instrucciones a los actuadores hidráulicos para proporcionar la óptima presión de frenado para cada rueda. Los actuadores hidráulicos trabajan cuando reciben señales del módulo para mantener, reducir o aumentar la presión de frenado del fluido para mantener el óptimo resbalamiento por frenado entre 10% y 30% y prevenir a las ruedas que se bloqueen.

3.5. Procesamiento de datos del ABS para Toyota

El módulo monitorea los 4 sensores de rueda, con esta información procesa los datos y controla los solenoides de los actuadores y el motor-bomba a través del relé del ABS. El módulo es el encargado por medio de datos que recibe, de tomar las decisiones necesarias para que no se dé el bloqueo de las ruedas. En la figura 3.15 se observa los datos de entrada de información del módulo al igual que los de salida.

Además también el módulo interpreta que exista un mal funcionamiento del sistema ABS y enciende la luz de alerta del ABS y envía el código de falla a la memoria del conector DLC3. De esta forma interactúa el módulo, de un lado recibiendo señales que le sirven para tomar decisiones en el frenado, y envía señales para actuar sobre la unidad hidráulica o en caso de falla, hacia el DLC3 para almacenar el código. El sistema ABS para Toyota el módulo recibe y envía las siguientes señales eléctricas de la siguiente manera:

Entrada:

- 4 sensores de entrada
- Batería
- Interruptor de luz de freno

Salida:

- Solenoides (electroválvulas)
- Actuador Motor-Bomba
- Conector DLC3 (datos códigos de falla)
- Luz alerta del ABS

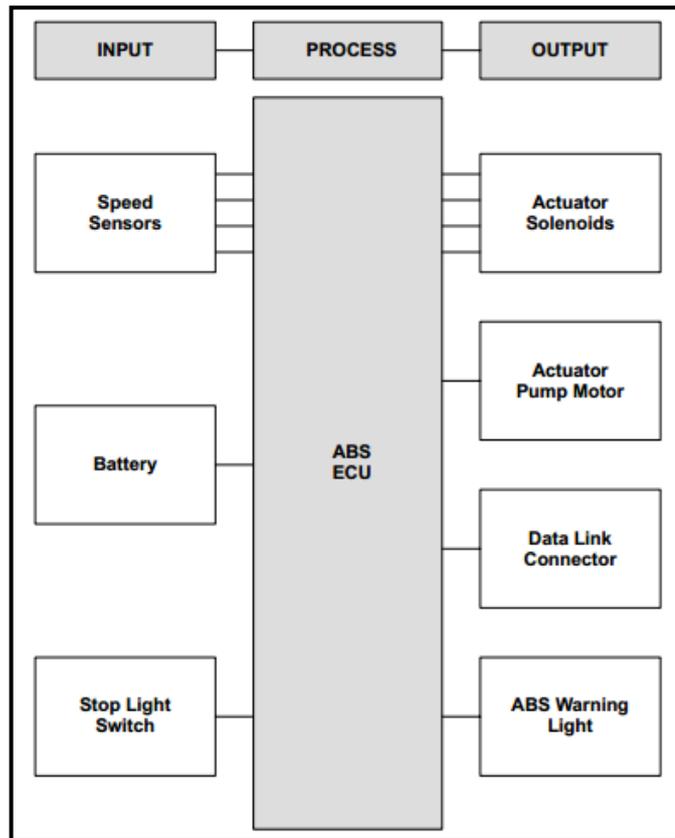


Figura 3.15 Entrada y salida de datos del módulo ABS,
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 5 de febrero del 2012]

3.6. Tipos de sistema ABS de Toyota

En los modelos de vehículos de Toyota existen 4 tipos de sistema ABS que se diferencian por el número de posiciones de sus electroválvulas. Los modelos son los siguientes:

- Electroválvula de 2 posiciones (DENSO)
- Electroválvula de 3 posiciones con válvula mecánica (BOSCH)
- Electroválvula de 3 posiciones
- Electroválvula de 2 posiciones controlado por mando hidráulico de la dirección que controla la presión del sistema de frenos.

Si bien estos cuatro sistemas varían en su funcionamiento ya que constan de diferentes números de electroválvulas, trabajan con válvulas mecánicas como el sistema Bosch, o conjuntamente con el sistema de dirección hidráulica, todos

tienen por objetivo el mismo que es evitar el bloqueo de las ruedas en la operación de frenado.

3.6.1. Sistema de frenos ABS con Electroválvula de 2 posiciones (DENSO)

El sistema de DENSO con electroválvulas de 2 posiciones está conformado por 8 electroválvulas donde una pareja de éstas controla la presión de cada rueda del vehículo. Cada circuito hidráulico es controlado por una pareja de electroválvulas.

Electroválvula de mantenimiento de presión:

La electroválvula de la figura 3.16 abre y cierra el circuito entre el cilindro principal y el cilindro de rueda. La válvula es cargada por medio de un muelle para la posición de abierta, si la electroválvula recibe una señal en la bobina cierra. La válvula check (1) brinda una liberación extra cuando la presión en el cilindro principal cae.

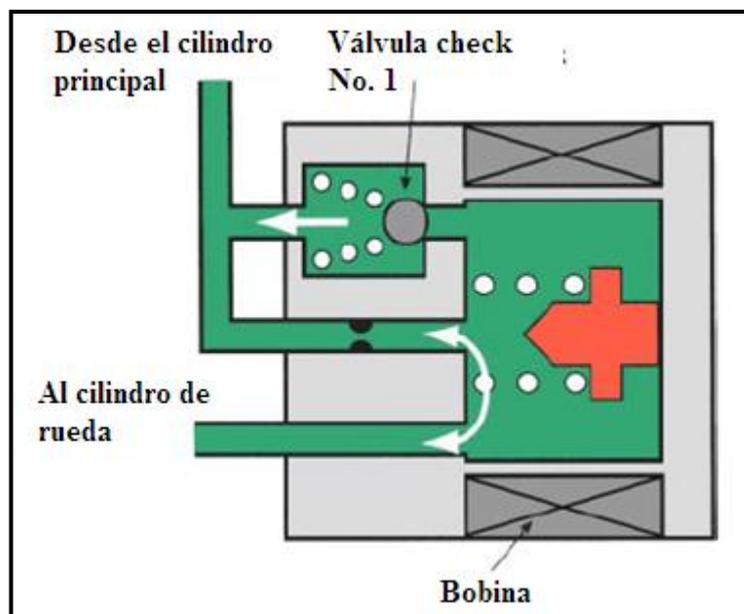


Figura 3.16 Electroválvula de mantenimiento de presión

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 17 de febrero del 2012]

Electroválvula de reducción de presión.

La válvula de la figura 3.17 abre y cierra el circuito entre el cilindro de rueda y la bomba. La válvula es cargada igualmente con un muelle para su posición de cerrada, al recibir una señal la válvula comprime el muelle y abre.

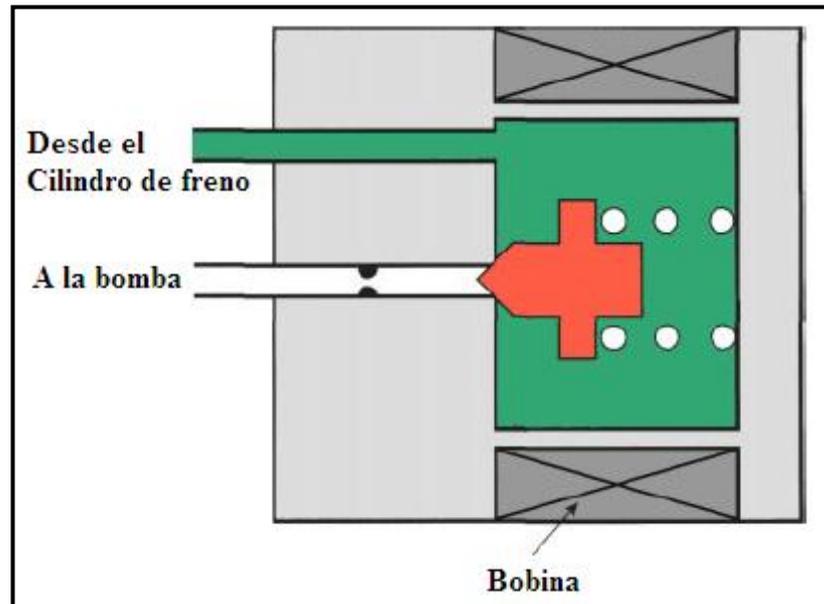


Figura 3.17 Electroválvula de reducción de presión

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 17 de febrero del 2012]

En la figura 3.18 se observa la disposición de las 8 electroválvulas de 2 posiciones que controlan la presión del circuito hidráulico de las 4 ruedas en 3 fases:

- Mantenimiento de la presión
- Reducción de la presión
- Incremento de la presión

Operación:

- Los 4 sensores de velocidad proporcionan las señales de entrada al módulo, que controla la operación de las electroválvulas y previene el bloqueo.

- Las 2 ruedas delanteras son controladas de forma independiente y las 2 posteriores son controladas simultáneamente por control de 3 canales.

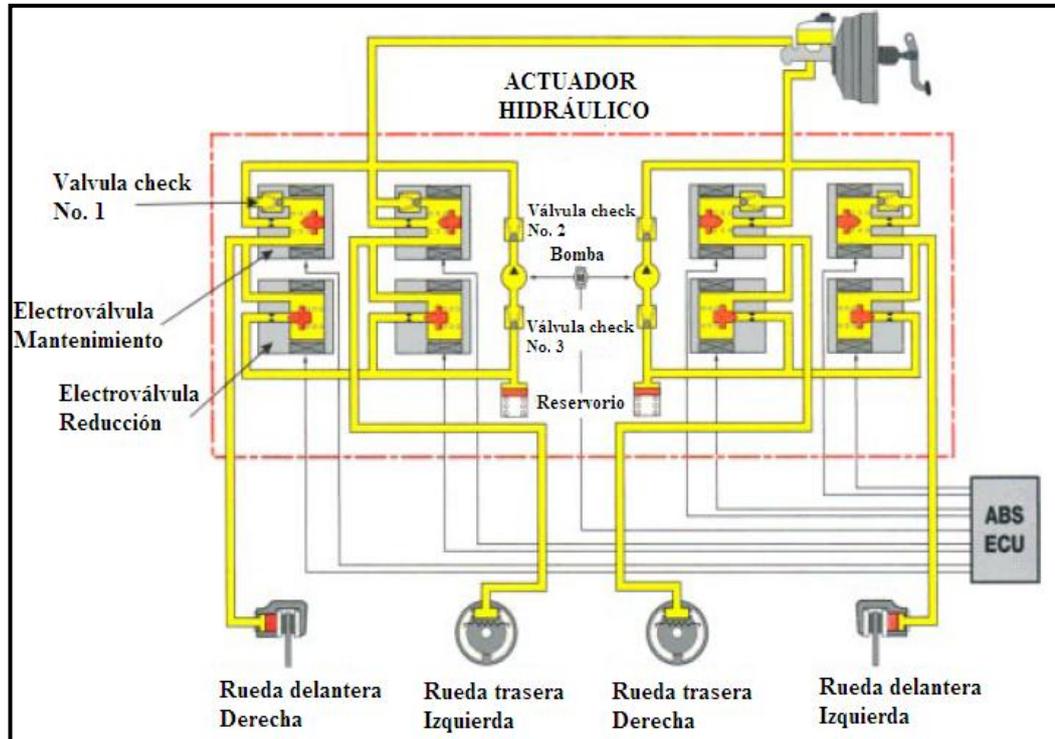


Figura 3.18 Configuración de la Unidad Hidráulica del ABS tipo DENSO
Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 20 de febrero del 2012]

3.6.2. Fases de operación de la unidad hidráulica del ABS DENSO para el Toyota RAV4

Fase de frenado normal (ABS no activado):

Como se observa en la figura 3.19, en la operación de un frenado normal las electroválvulas no son energizadas por lo tanto la electroválvula de mantenimiento permanece abierta y la de reducción cerrada. Cuando el pedal de freno es comprimido, el fluido transita a través de la válvula de mantenimiento al cilindro de rueda. La válvula de reducción impide el paso del fluido a la bomba generando un frenado normal.

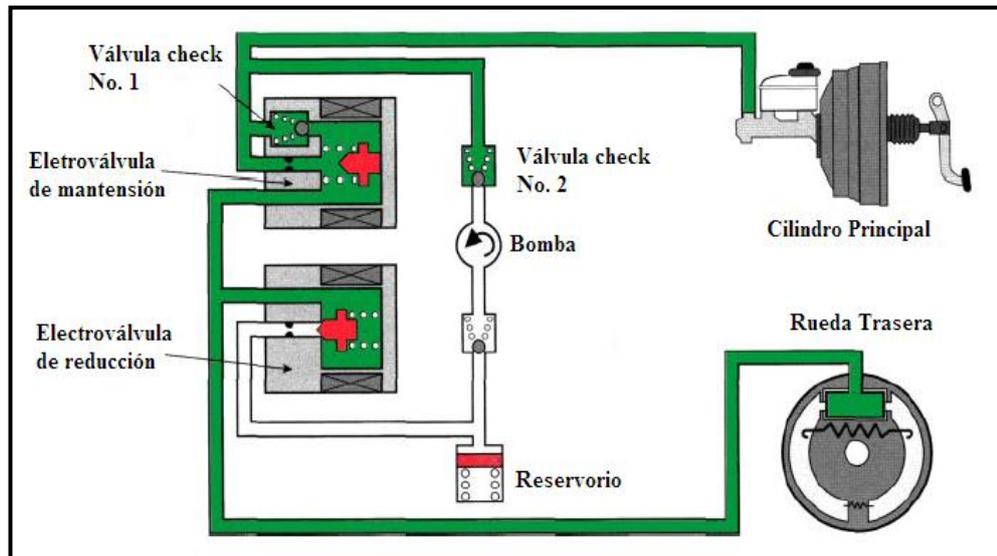


Figura 3.19 Fase de frenado normal

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 20 de febrero del 2012]

Fase de mantención de presión

Cuando el módulo determina que una rueda está cerca del bloqueo, el módulo inicia la fase de mantenimiento de la presión. El módulo por medio de una señal eléctrica activa la electroválvula de mantención de la presión que cierra evitando el paso de fluido al cilindro de rueda, esta fase se visualiza en la figura 3.20.

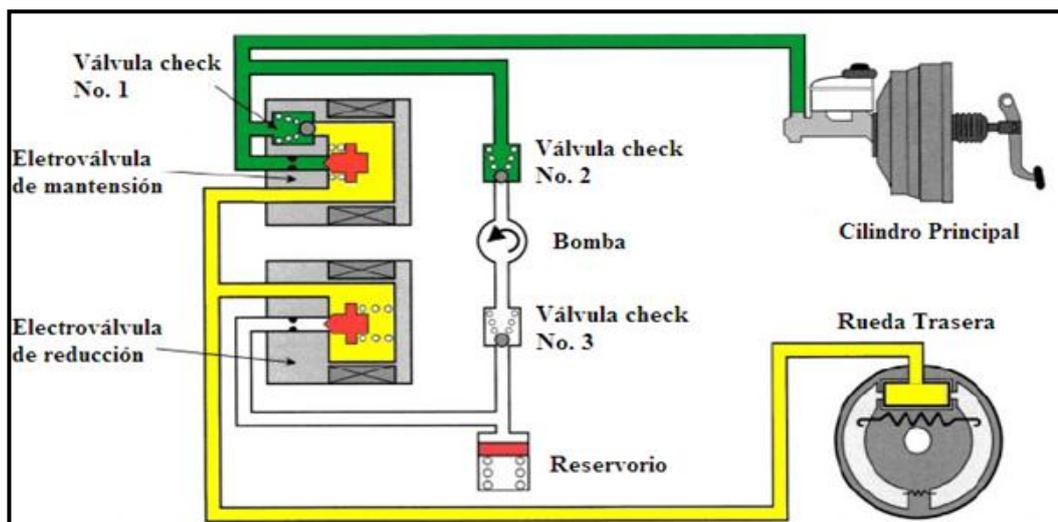


Figura 3.20 Fase de mantención de presión

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 20 de febrero del 2012]

Fase de reducción de presión

Iniciada la fase de mantenimiento de la presión, el módulo energiza las dos electroválvulas, la electroválvula de mantenimiento de presión continúa bloqueando el paso de fluido del cilindro principal y además se abre la electroválvula de reducción de presión donde el fluido de hidráulico fluye del cilindro de rueda al reservorio reduciendo la presión de frenado en el circuito como se observa en la figura 3.21. En esta fase además el módulo energiza la bomba eléctrica para dirigir el fluido del reservorio hacia la bomba principal.

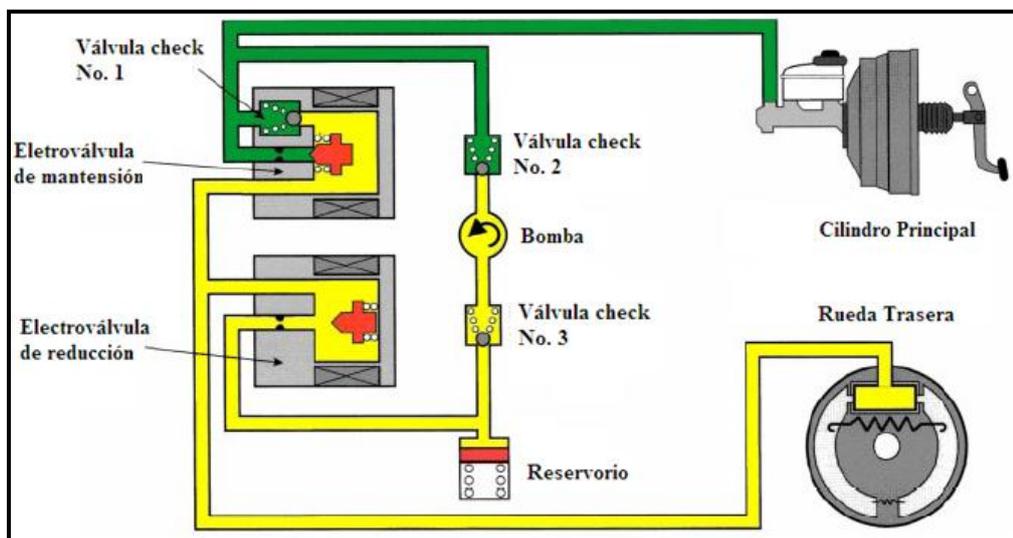


Figura 3.21 Fase reducción de presión

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 20 de febrero del 2012]

Fase de incremento de la presión

A medida que la presión en el cilindro de rueda es disminuida y el sensor de rueda envía señales indicando que la velocidad de la rueda está dentro de los límites (sin peligro de bloqueo) el módulo deja de enviar señales de las electroválvulas regresando a su estado de reposo (figura 3.22). La electroválvula de reducción cierra con lo que el fluido deja de ingresar al reservorio y la electroválvula de mantenimiento de la presión abre permitiendo que presión hidráulica ingrese al cilindro de rueda si el conductor continúa aplicando presión al pedal del freno.

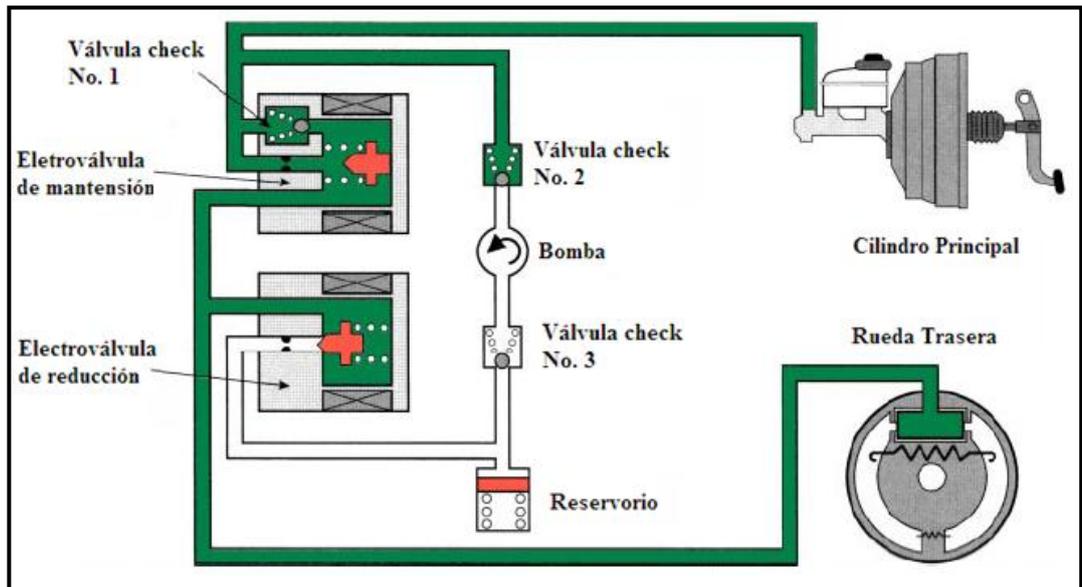


Figura 3.22 Fase incremento de presión

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 20 de febrero del 2012]

3.7. Implementación de los elementos para funcionamiento del sistema ABS en el Toyota RAV4

Puntas de eje y sensores delanteros

Se realizó conjuntamente la implementación de las puntas de eje y sensores delanteros, ya que se aprovechó durante la operación de desmontado de los ejes para descomponer también las manguetas delanteras para la instalación de los sensores de rueda. Se embancó el vehículo con toda la seguridad en su parte delantera y se retiraron las ruedas.

Como se observa en la figura 3.23 las ruedas fueron retiradas y se procedió a retirar las mordazas de freno unidas a los porta mordazas por medio de dos pernos 14mm, posterior a esto se retiraron las pastillas de freno y luego se retiraron los terminales de la dirección unidas a la mangueta, para esto se retiraron sus seguros y con una llave 14mm se retiraron sus tuercas.



Figura 3.23 Embancado del Toyota RAV4

El siguiente paso fue aflojar los 2 pernos 19 mm que unen la mangueta con el amortiguador, se necesitó de una palanca de fuerza para esta operación, así se retiraron las tuercas y se dejaron solo los pernos para que sostengan la mangueta por seguridad. Se aflojó la tuerca de 30mm que sostiene la punta de eje con una palanca de fuerza, hecha esta operación se retiraron las porta mordazas unidos a la mangueta por 2 pernos 17mm. De esta manera los 2 discos de freno quedaban libres para poder ser retirados sin problema. Los discos de freno se visualizan en la figura 3.24.



Figura 3.24 Discos de freno

Después de realizadas las operaciones anteriormente descritas quedaban ahora por retirar las manguetas y los ejes (figura 3.25) que son los elementos que se necesitan para realizar los cambios para el sistema ABS.



Figura 3.25 Mangueta y punta de eje

Para desmontar las manguetas se retiraron 3 pernos que unen con el plato inferior que son de 14mm, hecho estos se pudo descartar las manguetas en donde instalaremos los sensores de ruedas. En la figura 3.26 se observan las manguetas desmontadas.



Figura 3.26 Manguetas desmontadas

Retiradas las manguetas se hizo posible el desmontaje de los semiejes, al intentar retirar el semieje izquierdo del acople de la caja nos percatamos debido a la dureza de retirarlo que debía tener un seguro para desmontar, se necesitó la ayuda de una palanca y un martillo para disponer de fuerza extra para retirarlo. Para el semieje derecho se necesitaron retirar 2 pequeños pernos 14mm que unían el semieje con un anillo que tenía la función de dar estabilidad al semieje ya que este es más largo en comparación con el izquierdo. Al desmontar el semieje no se necesitó de fuerza para retirarlo del acople de la caja, más que un suave jalón, nos percatamos que a diferencia del otro semieje, éste no tenía seguro.

Con las manguetas ya libres se dispuso a acoplar los sensores de ruedas delanteros, para esto se necesitaron realizar 2 agujeros para cada sensor, el uno será donde el mismo sensor va alojado y el otro donde se colocará el perno para la sujeción libre del sensor. Los agujeros fueron realizados en la parte maciza de la mangueta como se muestra en la figura 3.27 por medio de un torno. Se tomaron las medidas del diámetro del sensor y del agujero de acople del perno.

- Ø Sensor: 16 mm
- Ø Perno: 5 mm



Figura 3.27 Zona de acoplamiento del sensor de revoluciones

Con las medidas del diámetro del sensor y del acoplamiento del perno se comenzó con el trabajo en el torno (figura 3.28) para hacer los agujeros. Primero se encontró el punto central donde iba a ser ubicado el sensor que nos sirve como punto de referencia en la realización del agujero, el primer agujero se realizó con una broca de un diámetro menor (5mm) que sirve como eje de referencia al momento de realizar el agujero con brocas de mayor diámetro.



Figura 3.28 Agujero de referencia

Realizado el agujero como eje de referencia se procedió a realizar el agujero con una broca de mayor diámetro (8 mm), y por último se incrementó el diámetro del agujero con una broca de 16 mm que coincide con el diámetro del sensor de revoluciones de la rueda. Al probar como se ajustaba el sensor en el agujero, éste no calzó de forma correcta, nos vimos obligados a aumentar un mínimo el diámetro para que el sensor case de forma correcta sin hacer mucho esfuerzo. En la figura 3.29 se visualiza el momento en que se realizaba el agujero en la mangueta para el acoplamiento de los sensores.



Figura 3.29 Agujero para sensor de revoluciones

Acabado el agujero donde se ubicará el sensor de revoluciones procedimos a realizar el agujero y roscado para el tornillo de sujeción del sensor (figura 3.30), el diámetro que tiene el agujero para el tornillo es de 5mm, para encontrar el punto donde se debía ejecutar el agujero se colocó el sensor y se marcó el lugar exacto donde se asentaba el agujero para el tornillo, marcado el punto se procedió a realizar el agujero en el punto que se encontró con una broca de 5mm.



Figura 3.30 Agujero para tornillo de sujeción del tornillo

Formado el agujero se realizó la rosca interna para el tornillo. Se comprobó que el tornillo ingrese sin problema y se colocó el conjunto sensor-tornillo para verificar si existía algún defecto o si existía algún problema a la hora de colocar el sensor. Satisfactoriamente el conjunto estuvo correctamente colocado. Acabado la implementación de los 2 sensores se procedió al cambio de las puntas de eje por las puntas con las ruedas fónicas. Se intentó que al momento de retirar las puntas de eje estas no sufran daño para en cualquier eventualidad se puedan reutilizar, por tal motivo se enviaron los semiejes a Chacón, lamentablemente se hizo imposible retirar sin dañar las puntas debido a que las mismas se encontraban muy tomadas por lo que no hubo otra solución que retirar las puntas con amoladora dañándolas. La figura 3.31 muestra los semiejes del vehículo con las puntas retiradas.



Figura 3.31 Semiejes con puntas retiradas

A continuación como se visualiza en la figura 3.32 se colocaron las puntas eje con las ruedas fónicas, el primer paso que se realizaron fueron engrasar las mismas y colocar los protectores de caucho con sus bridas, estos protectores y cauchos vinieron nuevos junto con las puntas de eje. Después de engrasadas las puntas se procedió a colocarlas en el semieje y así mismo los protectores con sus bridas metálicas.



Figura 3.32 Colocado de las puntas y de los protectores de caucho

Con las puntas de eje con sus ruedas fónicas armadas se procedió a armar todo el conjunto (figura 3.33), se realizó el mismo proceso que el de desarmado colocando los semiejes en la caja, se armaron las manguetas y dando los torques adecuados a todos los pernos. Así mismo se armó el conjunto de freno (discos, portamordazas, pastillas, mordazas) y se colocaron por último las ruedas.



Figura 3.33 Armado de los semiejes

En el siguiente gráfico se puede observar y verificar el semieje armado con el agujero para sensor de ruedas y en el interior la rueda fónica generadora de señales. En donde se puede verificar la correcta implementación de los elementos del eje delantero. La figura 3.34 muestra el conjunto armado donde se observa el dentado de la punta de eje junto con el agujero de acoplamiento del sensor.



Figura 3.34 Agujero del sensor y rueda fónicas armadas

Soporte y Módulo ABS

El soporte del módulo consta de 3 agujeros para los tornillos que sujetaran firmemente al soporte del módulo ABS con el compartimento del motor. Los 3 agujeros roscados de 7,5mm de diámetro en el compartimento del motor ya se encuentran realizados de fábrica por lo que se busco los pernos con hilo normal, diámetro y largo adecuados que ajusten en estos agujeros. Con los 3 pernos se procedió a colocar el soporte del módulo para verificar que este se encuentre colocado firmemente.

A continuación se instaló el módulo en el soporte, la unión de estos 2 elementos es por medio de tres partes, la una es un pasador con un buje que posee el soporte que se empotra con un agujero del módulo, y las otras 2 se unen por medio de

pernos que unen el soporte con la parte posterior del módulo. Se realizaron bujes plásticos como en la figura 3.35 para rellenar los 2 agujeros donde ingresan los pernos en el módulo y se realizó el roscado en estos 2 bujes para pernos de diámetro 5,5mm para los pernos. Se escogieron pernos con cabeza de estrella para una mayor facilidad de colocación.



Figura 3.35 Bujes plásticos y colocación del módulo en el soporte

Con el módulo instalado en el soporte se procedió a colocar el conjunto completo en el vehículo por medio de los 3 pernos de unión al compartimento del motor con un dado y llave de 12mm. Se comprobó que el conjunto este firmemente colocado. La instalación del módulo en el vehículo se observa en la figura 3.36.



Figura 3.36 Colocación de pernos de unión módulo con compartimento del motor

Finalizado el colocado de los tres pernos de unión se concluyó la instalación del módulo, a continuación se puede observar la ubicación del módulo en el vehículo (figura 3.37). Posterior a esta operación se procede a colocar las cañerías rígidas de freno que se ubican en el módulo.

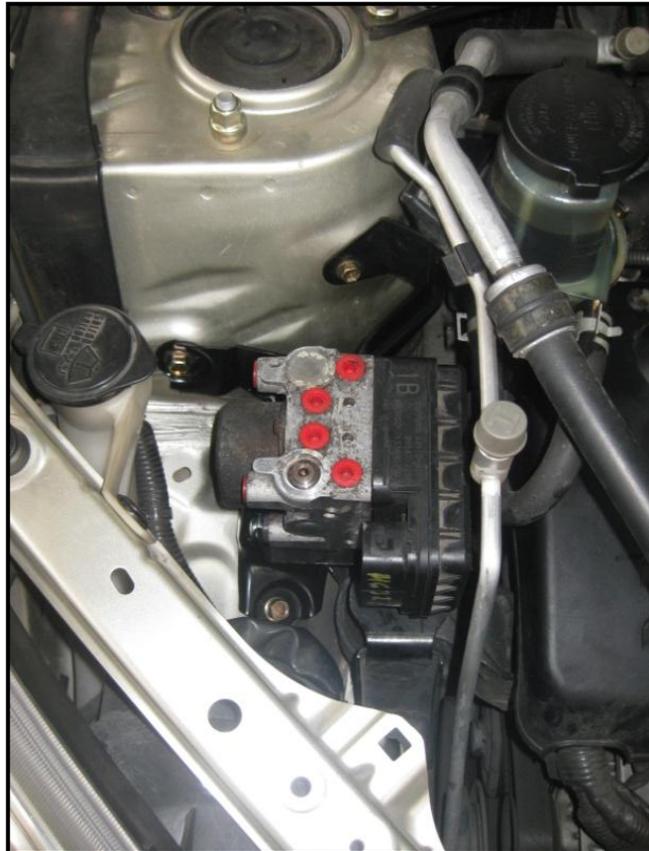


Figura 3.37 Módulo ABS instalado

Instalación Cañerías de frenos

En la figura 3.38 y 3.39 se observa la disposición de las cañerías diferente debido a la presencia del módulo, se instalaron 6 cañerías con la siguiente disposición:

- Cañerías de la bomba de frenos a la entrada del módulo (2 cañerías)
- Cañerías de la salida del módulo a las respectivas ruedas (4 cañerías)

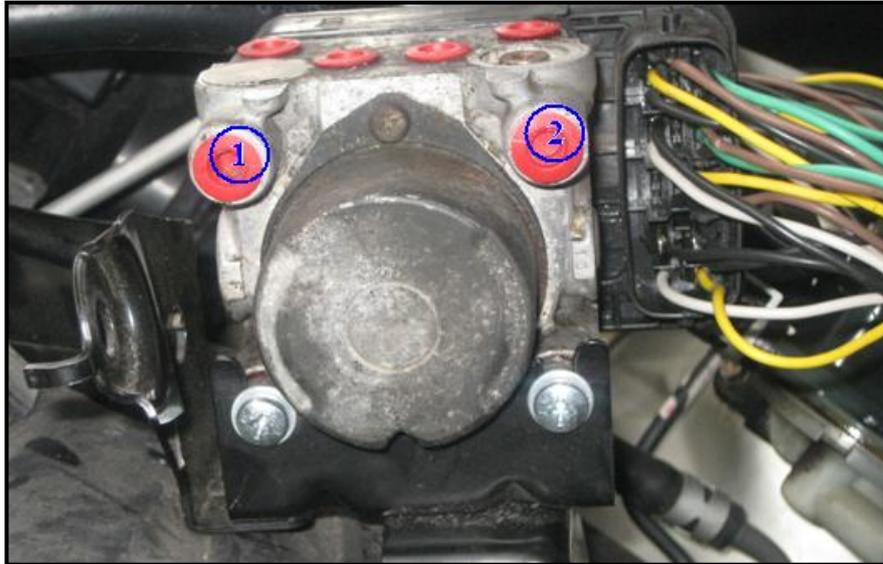


Figura 3.38 Entrada de cañerías desde la bomba de frenos al módulo

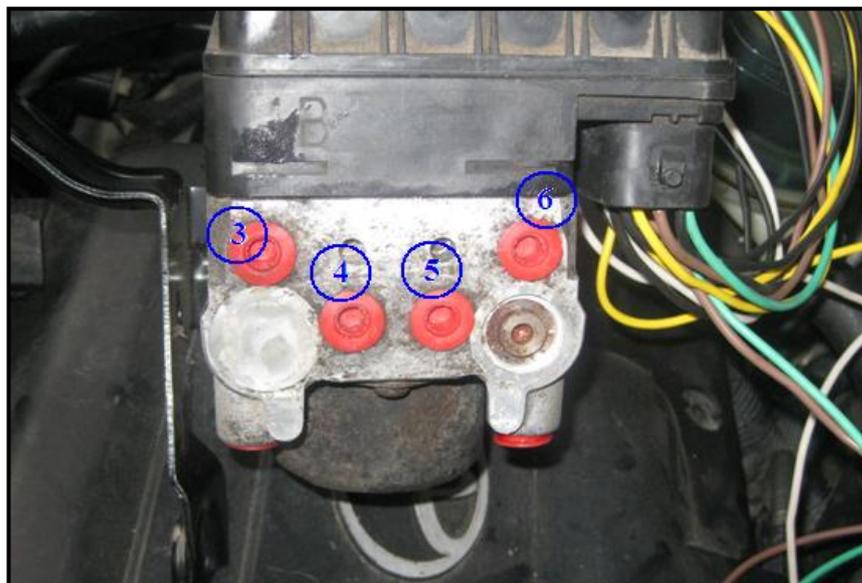


Figura 3.39 Salidas hacia ruedas delanteras y válvula doble de proporcionalidad

En el sistema convencional existía la presencia de una válvula repartidora de presión que se visualiza en la figura 3.40 ubicada en la salida de la bomba para el circuito delantero. Su función es enviar la presión a la rueda delantera izquierda para evitar que las cañerías sean muy largas y ahorro de material. Esta válvula se elimina ya que la presión tiene que ingresar primero al módulo para luego ser repartida a cada rueda.



Figura 3.40 Válvula repartidora de presión

Se retiraron todas las cañerías del sistema para instalar las cañerías para el sistema ABS. La figura 3.41 muestra la bomba de frenos con las cañerías retiradas.



Figura 3.41 Cañerías y válvula retiradas del sistema de frenos

Válvula Proporcional Doble

La figura 3.42 se visualiza como está compuesta esta válvula, que posee 2 entradas de la bomba y las 3 salidas hacia las ruedas traseras y hacia la rueda delantera. La salida de presión hacia la rueda delantera está conectada directamente con la entrada de presión como se ve en la parte interna de la válvula

lo que no varía la presión para esta rueda. Podemos asumir que para la rueda delantera no existe ninguna variación de presión y tomarle como una unión directa con la bomba. La figura 3.43 muestra esta válvula en el vehículo.

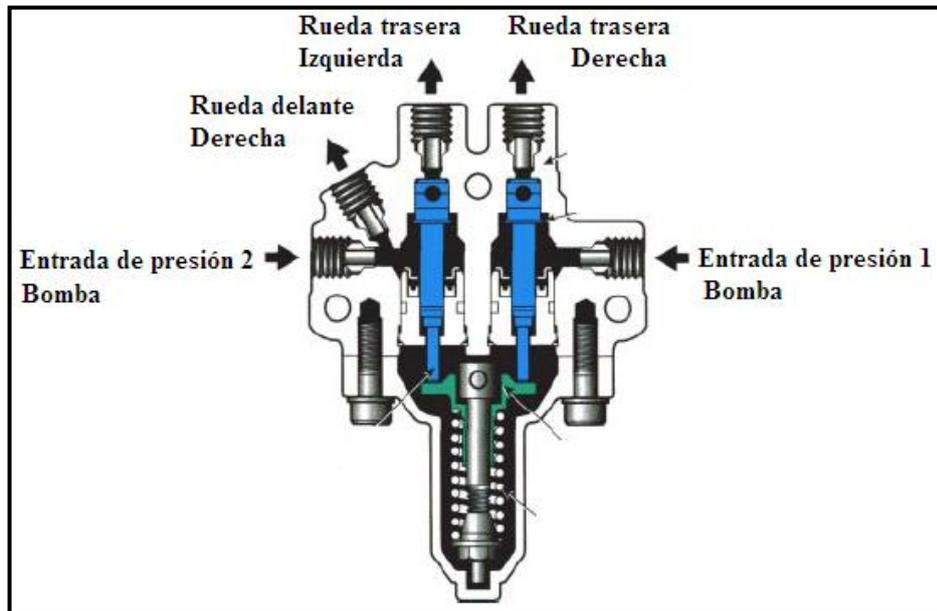


Figura 3.42 Válvula de proporción doble
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

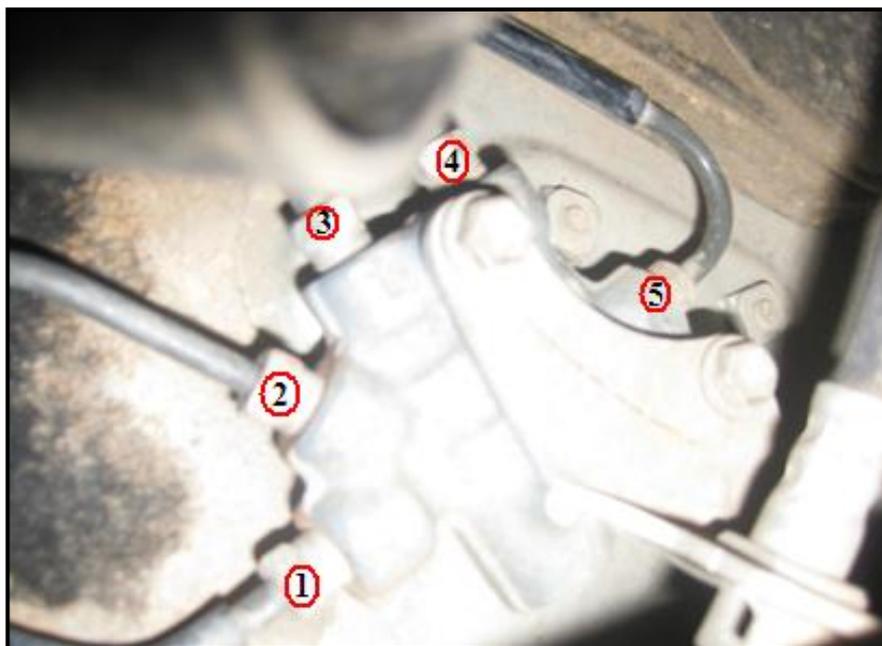


Figura 3.43 Válvula de proporción doble

1. Entrada de presión de la bomba de frenos
2. Salida de presión a la rueda delantera derecha
3. Salida de presión a la rueda posterior izquierda
4. Salida de presión a la rueda posterior derecha
5. Entrada de presión de la bomba de frenos

Para la instalación de las cañerías del ABS la válvula sigue cumpliendo su misión pero ahora solo posee 2 salidas hacia las ruedas posteriores como se puede observar en la figura 3.44, ya que la cañería de la rueda derecha que sale del módulo se dirige directamente a la rueda sin pasar por la válvula.

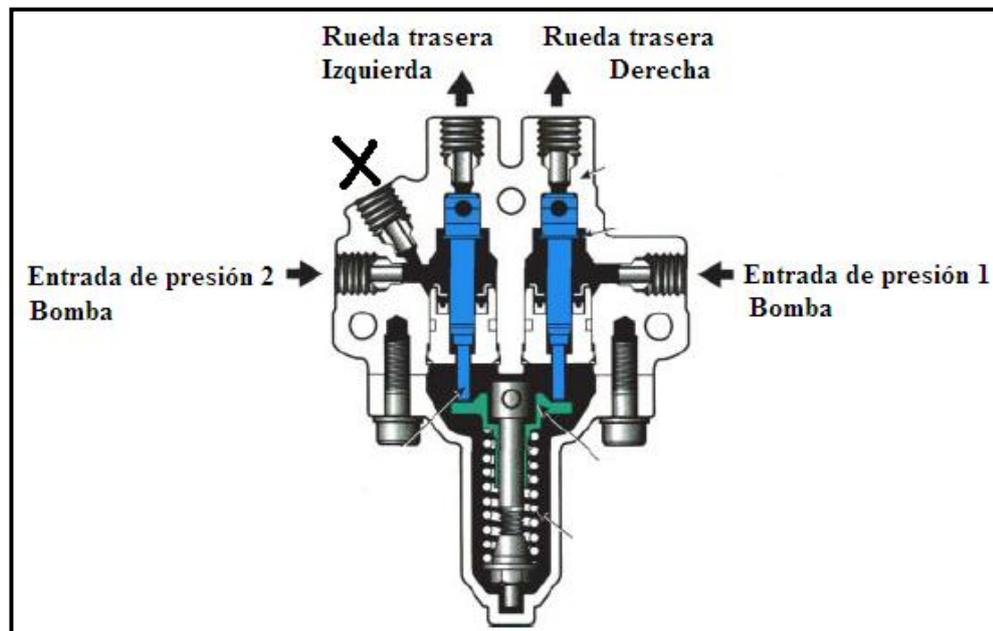


Figura 3.44 Válvula de doble proporción para el sistema ABS
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

Para bloquear la salida de líquido se instaló un neplón tipo tapón que cumpla la finalidad de evitar que fluido de frenos pase esta de la salida de la válvula. La ubicación del neplón se puede observar en la figura 3.45.



Figura 3.45 Válvula de doble proporción para el sistema ABS modificada

La figura 3.46 muestra las cañerías para el sistema ABS según el orden, debido al largo y dificultad de colocar las cañerías se realizó el desarmado de sujeción de conjuntos de la batería, depósito dirección hidráulica, mangueras con el motivo de facilitar su colocación.



Figura 3.46 Cañerías para sistema ABS instaladas

3.8. Conexión eléctrica del sistema ABS

La conexión eléctrica es el camino por donde circulará la energía para el funcionamiento del sistema, dicha energía la es concedida por la batería como fuente de alimentación para el módulo. La conexión eléctrica del módulo permitirá el enlace con los componentes internos del módulo como los externos que son parte del sistema ABS.

Conector del módulo.

El conector del módulo como se observa en la figura 3.47 consta de 34 pines. Estos pines conectan eléctricamente el módulo con los componentes externos del sistema como los sensores de rueda, luz testigo del ABS, interruptor de luz de parada, DLC3, con batería como su fuente de alimentación y con la presencia de elementos de protección eléctrica (relés y fusibles) y los elementos de la unidad hidráulica que tiene incorporado.

En la gráfica se puede observar la numeración de los pines del conector del ABS del manual de Toyota RAV4, en el diagrama el conector es representado como el elemento A5 que servirá para la interpretación del orden de conexión en los diagramas para en lo posterior conectarlo en el vehículo, en la parte inferior del gráfico se puede visualizar el conector del módulo que se va a instalar.

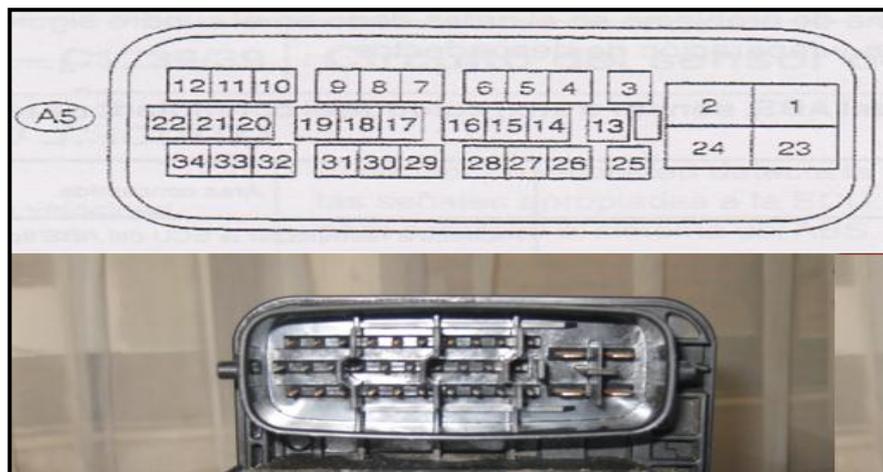


Figura 3.47 Conector del módulo ABS (NUMERACIÓN DE PINES)

Denominación de pines

PIN #	DENOMINACIÓN
1	Alimentación de la computadora
2	Masa 1 de la computadora
4	Señal sensor de desaleración
7	Tierra del sensor de velocidad
8	Sensor de velocidad delantero izquierdo (-)
9	Sensor de velocidad delantero izquierdo (+)
10	Interruptor de luz de freno
11	Sensor de velocidad posterior izquierdo (+)
12	Sensor de velocidad posterior izquierdo (-)
13	Circuito luz de advertencia del ABS
15	Conector de la base de datos DLC3 (Ts)
16	Conector de la base de datos DLC3 (Tc)
23	Alimentación del motor bomba
24	Masa 2 de la computadora
25	Circuito fuente de alimentación IG1
28	Alimentación del sensor de desaceleración
30	Sensor de velocidad delantero derecho (-)
31	Sensor de velocidad delantero derecho (+)
32	Circuito luz de advertencia del freno
33	Sensor de velocidad posterior derecho (+)
34	Sensor de velocidad posterior derecho (-)

Tabla 3.1 Numeración de pines

Esquema eléctrico ABS.

En el sistema eléctrico de la figura del [Anexo 1](#) se puede observar que el conjunto del ABS trabaja como una unidad independiente que en su interior se encuentran las electroválvulas y el motor eléctrico.

3.9. Instalación eléctrica del sistema

Analizadas las diferentes conexiones que se requieren para el funcionamiento del sistema, se decidió realizar la instalación en 4 fases:

- Fase 1: Instalación de la alimentación, sensores y masa del módulo
- Fase 2: Instalación de luces de advertencia del tablero (ABS y freno)
- Fase 3: Instalación de señales de freno (servicio y estacionamiento) y autodiagnóstico
- Fase 4: Instalación al OBD2 para almacenamiento de código de fallas

Materiales:

- Cables: 100m
- Cautín, Estaño, Pinzas y alicates
- Llaves y desarmadores
- Taladro
- Multímetro
- Bridas plásticas y cinta aislante

Las líneas que se tienen que instalar para el sistema ABS, según el esquema eléctrico son conectadas a los bloques de fusibles (también conocidos como J/B por el manual de Toyota como se observa en la figura 3.49) que posee el vehículo, los bloques de fusibles se encuentran ubicados en diferentes posiciones y es necesario conocer su ubicación en el vehículo para la instalación del sistema.

El Toyota RAV4 está compuesto por 3 bloques de fusibles según su ubicación:

- Bloque compartimiento del Motor
- Bloque del lado del conductor
- Bloque del lado del pasajero

En la siguiente figura se visualizan sus posiciones en el vehículo:

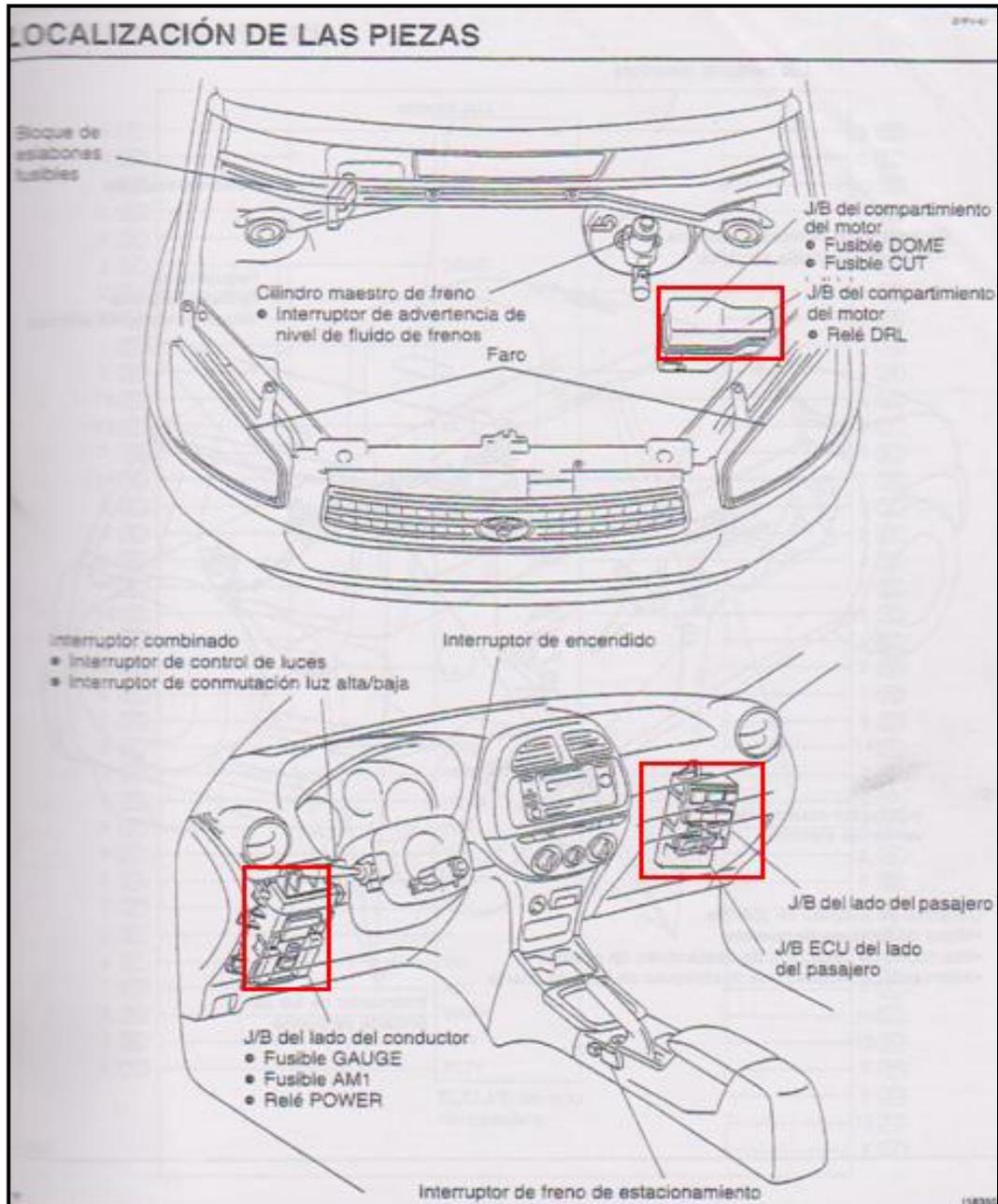


Figura 3.48 Localización de bloques fusibles
 Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000 [consulta 13 de marzo del 2012]

El armado de las líneas se hizo de forma tal que siga los caminos del cableado principal del vehículo para conseguir seguridad, orden y estética, de este modo se requirió desarmar tablero, tapizado y realizar agujeros dependiendo del camino que recorran las líneas y ubicación de las conexiones. La figura 3.51 visualiza el cableado para el sistema ABS.

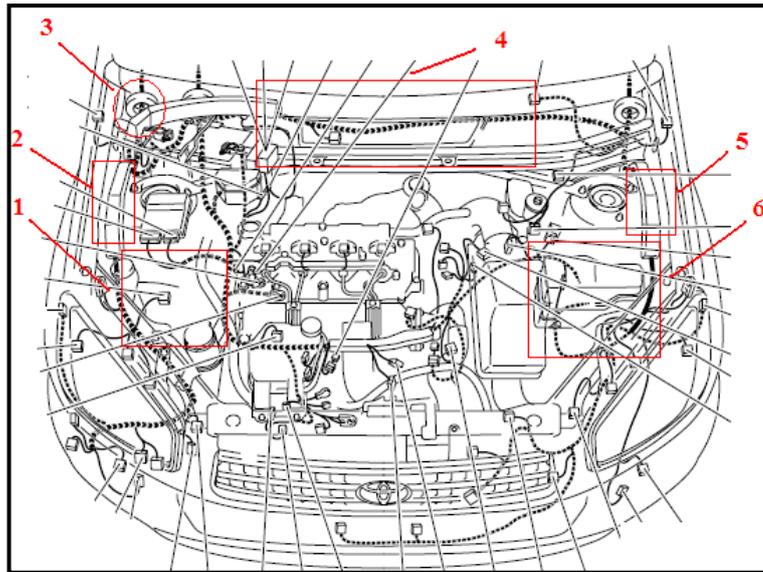


Figura 3.49 Posición del cableado para el sistema ABS
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

1. Módulo ABS
2. Salida de cableado del conector ABS
3. Entrada de cableado al habitáculo (sensores de velocidad posteriores, conexión del tablero, conexión OBD2)
4. Cableado hacia caja de fusibles
5. Cableado hacia caja de fusibles
6. Caja de fusibles.

Fase 1

Instalación de la alimentación del módulo

La alimentación está dada por las 2 líneas resaltadas con rojo ([Anexo 1](#)) que van conectadas a la batería intercaladas por 2 fusibles ubicados en el bloque del compartimento del motor (figura 3.51). La alimentación directa de la batería están dispuestas para el conjunto electroválvulas y motor-bomba.

- Pines de alimentación del módulo: 1 y 23
- Línea: Desde los pines 1 y 23 hasta los pines 5 y 4 respectivamente de la parte posterior del bloque 1.

Los pines 1 y 23 del módulo son de mayor sección comparados con sus otros pines, por lo que la alimentación del módulo supone una mayor corriente de alimentación, se utilizaron cables de una sección adecuada para evitar el calentamiento de éstos. Los dos cables de salida de los pines 1 y 23 se unieron con los pines 4 y 5 del conector 1E de la parte posterior del bloque 1 (fig. 3.52).

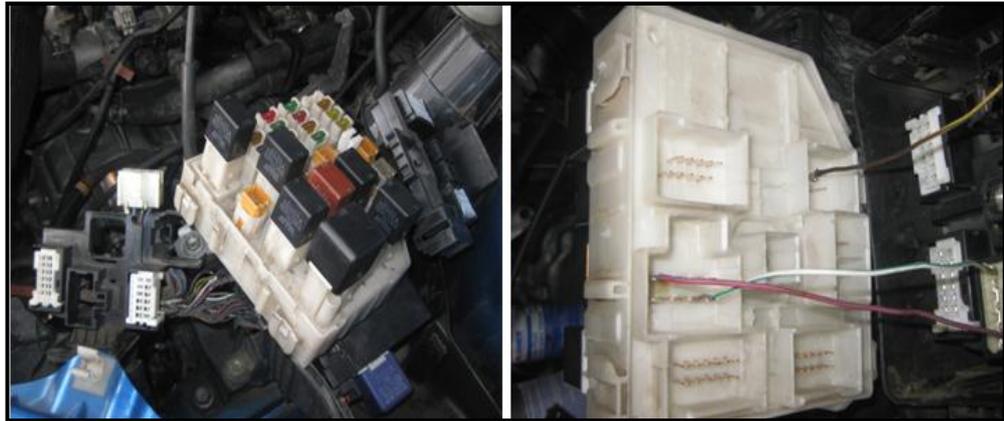


Figura 3.50 Bloque del compartimiento del motor y unión de pines de la parte posterior

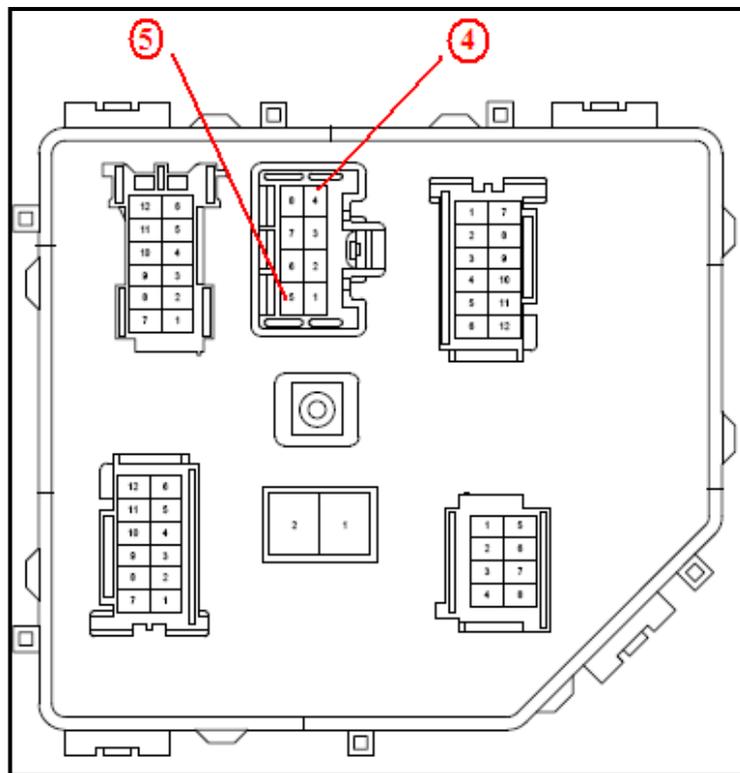


Figura 3.51 Pines posteriores del bloque de fusibles del compartimiento del motor, Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

- Pin 5 se conecta con Pin 1 de alimentación del módulo (Cable rojo)
- Pin 4 se conecta con Pin 4 de alimentación del módulo (Cable verde-blanco)

La línea del pin 1 del módulo es protegido con un fusible de 30A (ABS2) y la línea del pin 23 con un fusible de 40A (ABS1). La ubicación de los fusibles se visualizan en la figura 3.53.

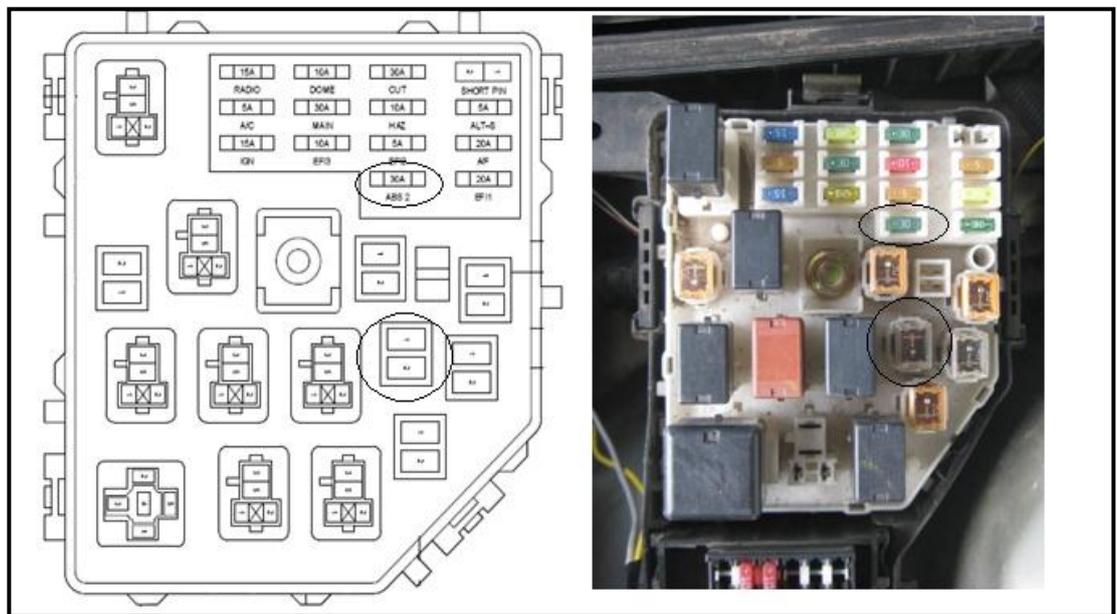


Figura 3.52 Ubicación de fusibles de protección del sistema

Instalación de los sensores de velocidad y masa del módulo

Sensores delanteros

Pin N.-	Elemento	Cable
8	Sensor de velocidad delantero izquierdo (-)	Verde
9	Sensor de velocidad delantero izquierdo (+)	Café
30	Sensor de velocidad delantero derecho (-)	Blanco
31	Sensor de velocidad delantero derecho (+)	Negro

Tabla 3.2 Cableado sensores delanteros

Se soldaron 4 cables a los pines de los sensores de rueda del conector del módulo (figura 3.54) y se enviaron las líneas respectivas hacia los sensores.

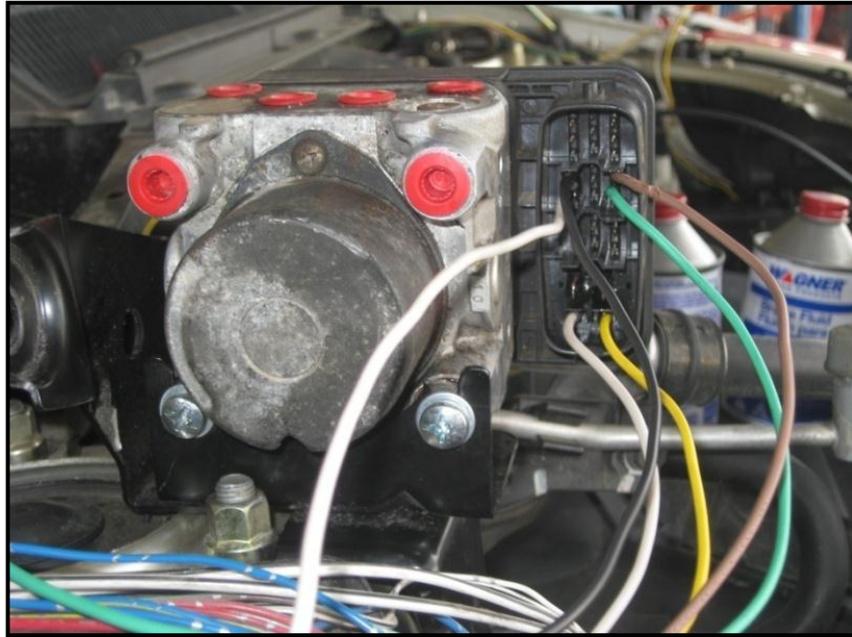


Figura 3.53 Soldado de los cables para los sensores delanteros y alimentación del módulo

Para comprobar que los sensores trabajen se verificó colocando las puntas del multímetro en resistencia entre los 2 pines de conexión del sensor, comprobando que al girar el eje la resistencia varíe. La resistencia no varió por lo que las causas podrían ser un daño en el sensor o éste se encuentra muy alejado de la rueda fónica. La primera posible causa fue descartada ya que se hizo pasar un metal por el sensor y existió un cambio de resistencia. Se colocó un perno más pequeño para que el sensor se encuentre más apegado a la rueda. Comprobados que los 2 sensores se encuentren trabajando se soldaron y aislaron las líneas como se observa en la figura 3.55 de los sensores con los que vienen del módulo.

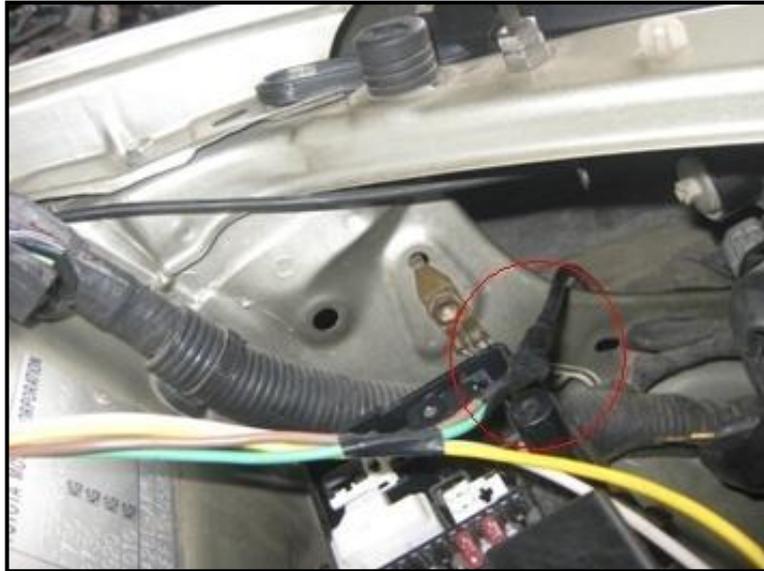


Figura 3.54 Unión cables café verde (módulo) con cables del sensor de velocidad izquierdo

Sensores posteriores

Se soldaron de igual manera 4 cables en los pines del módulo y se llevaron las líneas hacia la parte posterior del vehículo por el habitáculo siguiendo el mismo camino del cableado que va hacia las luces posteriores retirando los protectores, asientos posteriores y el tapizado (figura 3.56). Se encontraron 2 agujeros por donde se pudieron unir los cables de los sensores con los del módulo.

Pin N.-	Elemento	Cable
11	Sensor de velocidad posterior izquierdo (+)	Verde
12	Sensor de velocidad posterior izquierdo (-)	Negro
33	Sensor de velocidad posterior derecho (+)	Amarillo
34	Sensor de velocidad posterior derecho (-)	Café

Tabla 3.3 Cableado sensores traseros



Figura 3.55 Cableado para conexión de los sensores posteriores

Al igual que para los sensores delanteros se comprobaron que los sensores estén trabajando girando las manzanas posteriores para verificar si la resistencia del sensor varía como se observa en la figura 3.57.



Figura 3.56 Verificación de los sensores posteriores

En la figura 3.58 se observa el soldado de los cables de los sensores con los del conector del módulo y aislarlos.



Figura 3.57 Soldado de los cables de conexión de los sensores posteriores

Masa del sistema ABS

PIN N.-	ELEMENTO	CABLE
2	Masa del módulo	Verde
24	Masa del módulo	Negro

Tabla 3.4 Pines de masa del módulo

Los 2 respectivos cables de masa del módulo se hicieron puente con el arnés de cables de masa del chasis pero con cables diferentes para evitar el recalentamiento de éstos.

Fase 2

Instalación de la luz de advertencia ABS

Se determinó si el tablero contenía el aviso ABS, así se procedió al desarmado completo del tablero, en la figura 3.59 se observa el tablero desarmado.

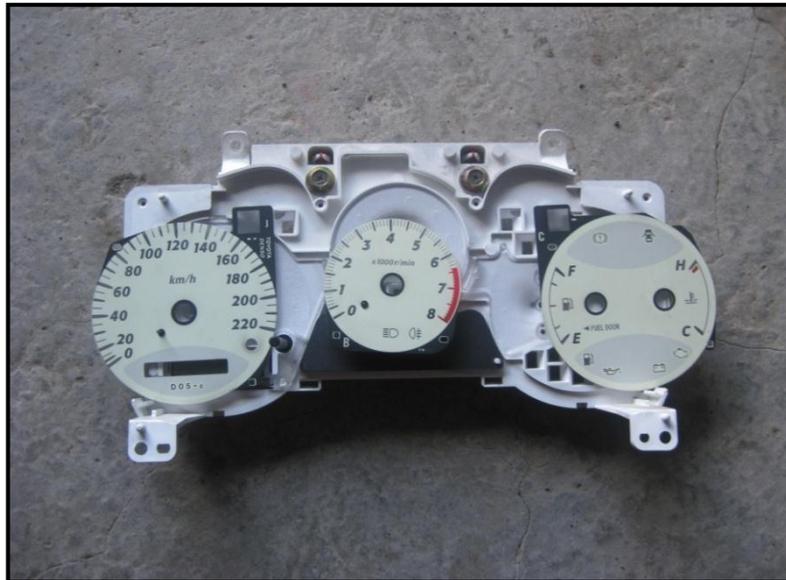


Figura 3.58 Tablero del RAV4

El led que resalta el aviso de ABS del tablero se probó que encienda. Según el diagrama eléctrico se realizó la conexión del led ABS desde el pin 13 del conector del módulo hasta el pin 9 del conector A (figura 3.60) ubicado en la parte posterior del tablero.

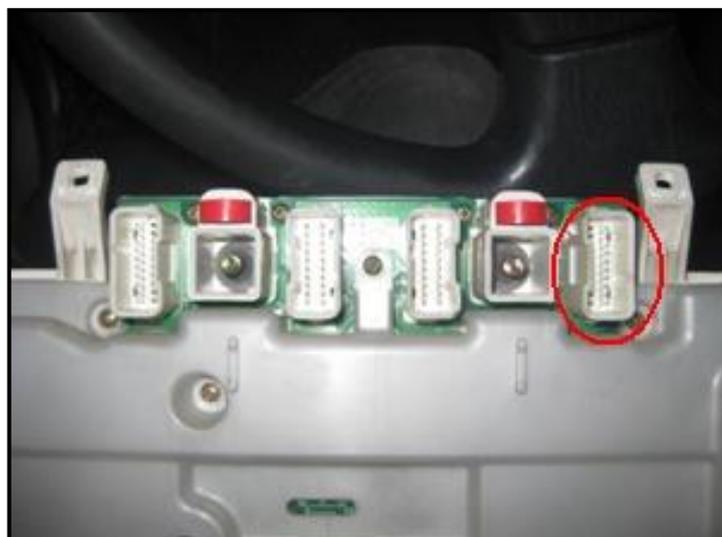


Figura 3.59 Conector A del tablero

Se giro la llave de encendido en la posición IG donde el led debió encenderse pero no fue el caso. Se verifico la caída de voltaje en el diodo (figura 3.61) pero no existía por lo que el led no podría encenderse. De antemano se conocía que el led se encontraba funcionando y la conexión según el diagrama eléctrico era el correcto. Un problema de alimentación en el circuito electrónico no permitía encender el diodo led.

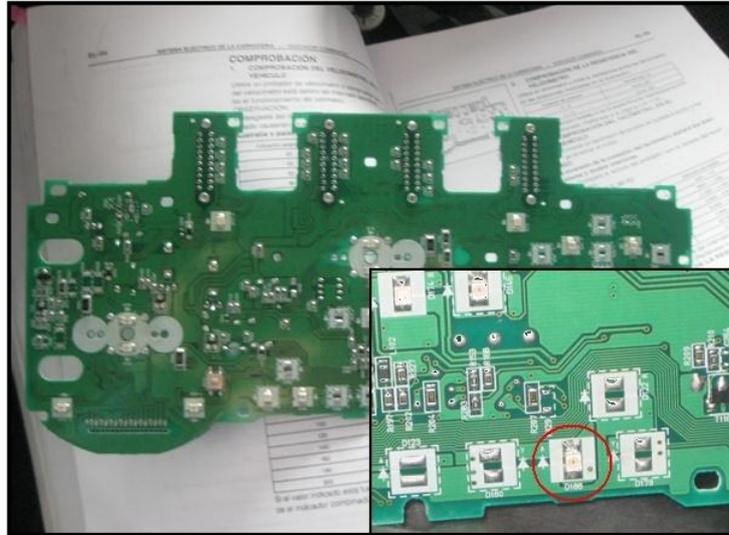


Figura 3.60 Circuito electrónico del tablero y ubicación de diodo led ABS

Se observo que el diodo se encontraba comandado por un transistor BJT, se comprobó el funcionamiento del transistor con un multímetro:

- Caída de voltaje de 0,67v entre B y C, y entre B y E en polarización directa
- Lectura de 0v entre B y C, y entre B y E en polarización inversa.

Estas comprobaciones verificaron que el transistor como elemento se encuentra en buen estado, la falla que existió fue en la alimentación del transistor. Se colocó el tablero en el vehículo y comprobó con una lámpara la Base, con el interruptor de encendido en IG no se encendió, es decir no existe corriente en la base por lo que el led no encendió. El esquema eléctrico de la luz ABS se muestra en la figura 3.62 con el led y respectivo transistor.

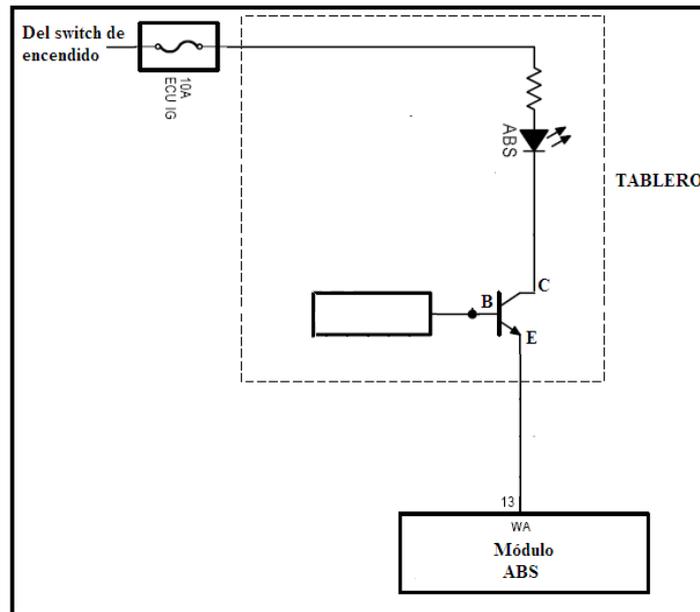


Figura 3.61 Circuito eléctrico para el aviso luminoso de ABS

El pin 13 del módulo enciende el led haciendo masa el emisor. Cuando el interruptor de encendido debe circular un voltaje de 0,7 v aproximadamente para activar el transistor, en este momento el voltaje era de 0 v. Analizado y verificado el circuito la razón que no exista voltaje en base es que no exista conexión con el pin de alimentación del tablero. Se realizó un puente al pin 11 del conector B que es de entrada de corriente al tablero encendiéndose así el diodo led, encendiéndose de esta manera la luz de aviso ABS como muestra la figura 3.63.

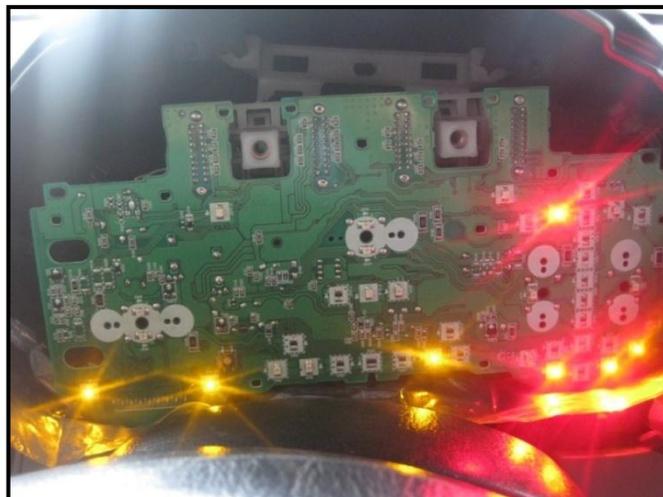


Figura 3.62 Diodo led encendido con interruptor de encendido

Instalación de luz de advertencia freno

PIN N.-	ELEMENTO	CABLE
32	Luz advertencia de freno	Rojo

Tabla 3.5 Conexión luz de advertencia de freno

Se tomó una línea desde el pin 32 del módulo ABS hacia el tablero, siguiendo el mismo recorrido que la línea para la señal ABS. La función de la señal es para alertar al conductor de un bajo nivel de fluido de frenos o al mismo tiempo de una falla en el sistema ABS. La línea de conexión al tablero es el pin 8 del conector "A", en este caso la conexión no requirió de ninguna otra línea ya que el aviso de luz de freno si existía para el sistema convencional.

Fase 3**Conexión del interruptor de luces de parada (trompo de freno)**

PIN N.-	ELEMENTO	CABLE
10	Trompo de freno	Amarillo

Tabla 3.6 Conexión del trompo de freno

Eléctricamente el trompo tiene un conector de 4 líneas, las cuales 2 son entrada de corriente y las otras 2 son conectadas fotos posteriores y al foco superior posterior.

La línea desde el pin 10 del módulo fue llevada hasta el trompo como se verifica en la figura 3.64 y se le realizó un empalme con una de las líneas de salida a los faros de freno, es decir que al momento de realizar el frenado se prenderán las luces y se enviará corriente al pin 10 del módulo también.

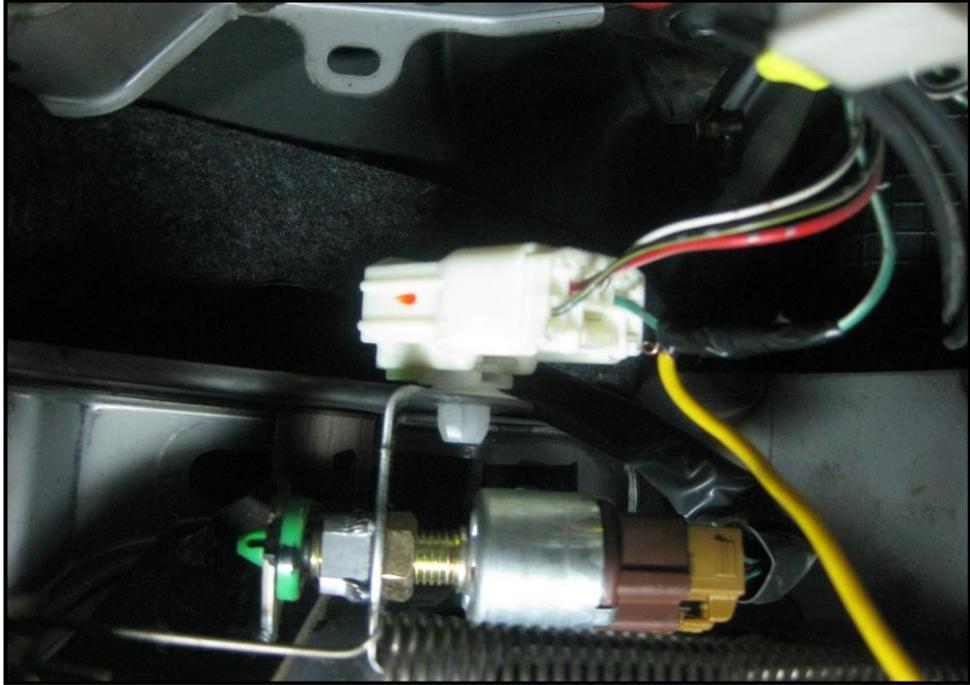


Figura 3.63 Empalme del pin 10 del módulo (CABLE AMARILLO)

Conexión del interruptor del freno de estacionamiento

Este circuito permite alertar al módulo el estado del interruptor del freno de estacionamiento.

En el diagrama de conexión ([Anexo 1](#)) se observa que la línea parte desde el pin 18 del módulo al terminal 3B, pin 1 del bloque del lado del pasajero (figura 3.49). Para poder acceder a este bloque de fusibles se retiró la guantera como se visualiza en la figura 3.65

Encontrada la ubicación del pin se realizó un empalme con la línea desde el pin 18 del módulo



Figura 3.64 Bloque compartimiento del pasajero, empalme verde

Conexión eléctrica para diagnóstico del sistema (switch “ON”)

PIN N.-	ELEMENTO	CABLE
25	Autodiagnóstico del sistema	Rojo

Tabla 3.7 Conexión de diagnóstico

El pin de comando para el autodiagnóstico es el pin 25 del módulo, este tiene la función de enviar una señal al módulo para que realice sus pruebas de funcionamiento. La conexión de la línea desde el pin 25 del módulo hacia al interior, al bloque del lado del conductor (figura 3.49).

El bloque del lado del conductor (figura 3.49) contiene un total de 12 fusibles, entre estos se encuentra el fusible “ECU IG” que es de 10A, según el diagrama eléctrico la línea del pin debe ser instalada en uno de los 2 terminales de este fusible. En la figura se visualiza el cable rojo haciendo puente con uno de los terminales del fusible “ECU IG”.

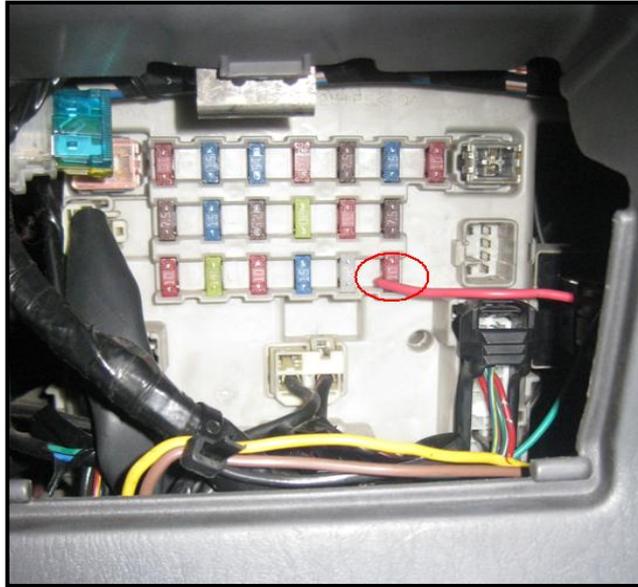


Figura 3.65 Bloque compartimiento del conductor, empalme (CABLE ROJO)

El procedimiento de encontrar cuál de los 2 terminales debía ser colocada la línea desde el pin 25 del módulo fue revisando en cual terminal no existía una llegada de corriente al colocar el switch de encendido en la posición “IG” ya que si el terminal que nos marcara corriente quiere decir que es el que está conectado al switch de encendido (positivo de la batería) y el otro terminal el que debe ir conectado la línea del pin 25 del módulo. Para realizar esta comprobación se retiró el fusible y se procedió medir el voltaje con un multímetro.

Fase 4

Conexión del OBD2 con el módulo ABS

En el esquema eléctrico ABS se observó la conexión de 3 líneas hacia el OBD2, que son:

PIN N.-	ELEMENTO	CABLE
14	Terminal D/G	Amarillo
15	Terminal Ts	Café
16	Terminal Tc	Negro

Tabla 3.8 Conexión del OBD2

La conexión del módulo al OBD2 (figura 3.67) permite la comunicación en caso que se genera una falla que el sistema detecte, lo almacene en forma de código y puede ser revisada en lo posterior con un scanner automotriz. En caso de que se genere una falla, la señal luminosa se encenderá alertando al conductor de una anomalía en elementos del sistema ABS. Las fallas son almacenadas en el propio módulo y visualizadas en el scanner en forma de códigos los cuales son distintos para cada falla. El conector OBDII (diagnóstico a bordo) posee 16 pines de conexión como se visualiza en la figura 3.68 la instalación eléctrica del sistema ABS al OBD2.

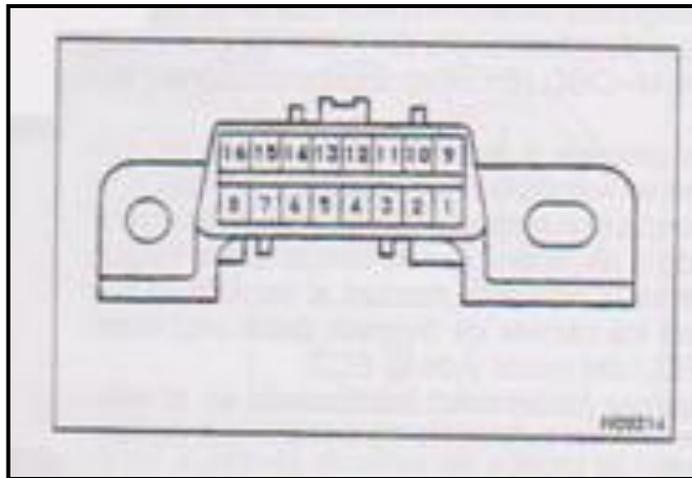


Figura 3.66 Numeración de pines del OBDII

Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

- **Terminal D/G**

Se realiza la conexión de la línea desde el pin 14 del módulo ABS al pin 4 del conector OBDII (DLC3). Esta línea es la encargada de realizar la masa del conector con el módulo.

- **Terminal Ts**

Esta línea es responsable de informar las anomalías, códigos y funcionamiento de los elementos del sistema. La instalación de su línea desde el pin 15 del módulo ABS al pin 14 del OBDII.

- **Terminal Tc**

Esta conexión es la que genera el destello de la luz de advertencia ABS cuando existe un código de falla, su conexión es desde el pin 16 del módulo ABS al pin 13 del conector ABS.



Figura 3.67 Instalación de las líneas del ABS al OBDII

Realizados todas las líneas de conexión que posee el módulo ABS se comprobó que estas se encuentren bien soldadas para evitar que en la colocación del módulo se desconecten. Posteriormente se procedió a colocar el módulo ABS con mucho cuidado para que las líneas no se desuelden, y se colocaron las 6 cañerías de freno al módulo. La figura 3.67 muestra el cableado instalado en su totalidad al igual que las cañerías de freno.

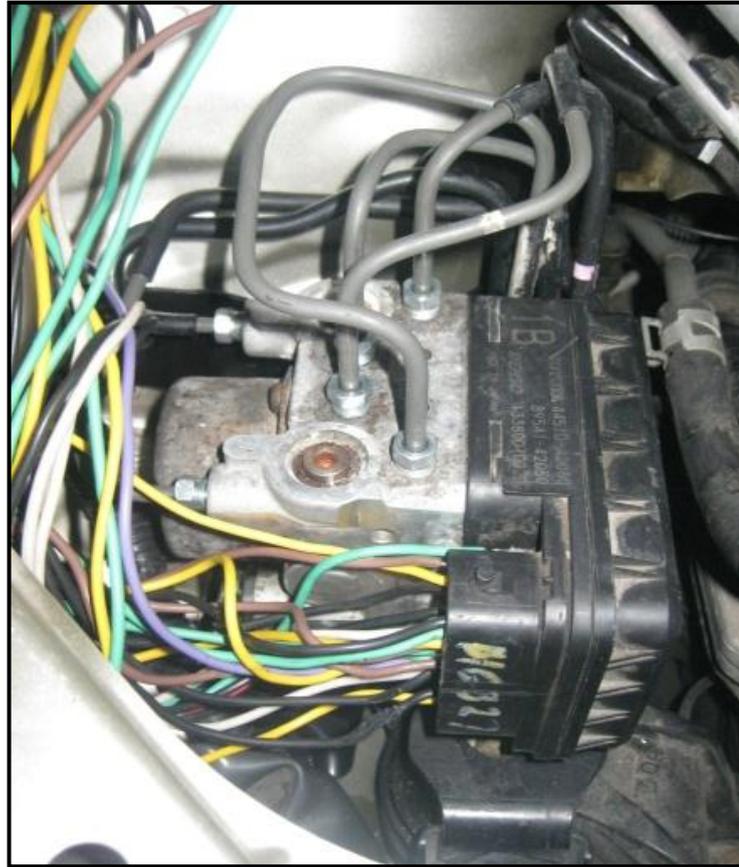


Figura 3.68 Módulo ABS instalado

Con las cañerías instaladas en el módulo se procedió a colocar líquido de frenos en la bomba principal para proceder al purgado total del sistema. Se purgaron los 2 circuitos de la bomba principal (figura 3.70), para en posterior purgar en las entradas de las cañerías del módulo como se observa en la figura 3.71 (1 y 2 de la figura 3.38) y de la misma forma sus salidas (3, 4, 5 y 6 de la figura 3.39). También se purgaron las entradas y salidas de la válvula de proporción doble.

A continuación se procedió a purgar las ruedas (de la más alejada a la bomba principal a la más cercana).



Figura 3.69 Purgado de la bomba principal



Figura 3.70 Purgado del grupo hidráulico ABS

3.10. Comprobación de funcionamiento del sistema

Con todo el sistema instalado (eléctrica y mecánicamente) se comprobó su funcionamiento, se colocó el interruptor de encendido en la posición “IG”, se pudo verificar que la luz de advertencia ABS se encendía (figura 3.72), mostrando que existía un funcionamiento del sistema eléctrico del sistema, sin embargo no se podía deducir que el sistema se encontraba en funcionamiento (mecánica y eléctricamente) sin verificar su funcionamiento con el vehículo encendido.



Figura 3.71 Luz de advertencia ABS encendida

Comprobado el encendido de la luz se encendió el vehículo, la luz permaneció encendida denotando que existía algún inconveniente (código de falla). Para conocer cuál era la falla que existía se revisaron los códigos de falla que estaba generando el sistema ABS por medio de un scanner. Se verificó con un scanner marca Launch X – 431 como se visualiza en la figura 3.73.



Figura 3.72 SCANNER LAUNCH X-431

Se ingresaron datos de la marca, lugar de fabricación, y verificación de ABS, los códigos de falla que se visualizaban fueron los siguientes:

- C1276: Salida del sensor de velocidad de rueda delantera izquierda (voltaje anormal)
- C1277: Salida del sensor de velocidad de rueda trasera derecha (voltaje anormal)
- C1278: Salida del sensor de velocidad de rueda trasera izquierda (voltaje anormal)
- C1273: Salida del sensor de velocidad de rueda trasera derecha (voltaje bajo)
- C1274: Salida del sensor de velocidad de rueda trasera izquierda (voltaje bajo)
- C1275: Salida del sensor de velocidad de rueda delantera derecha (voltaje anormal)

Todos los códigos de falla pertenecían a los sensores de rueda (tanto delanteros como posteriores), estos códigos indicaban:

- Voltajes anormales de salida
- Voltajes bajos de salida,

Se procedió a borrar los códigos de falla pero los mismos seguían siendo visualizados en el scanner.

3.11. Prueba en carretera

Con el scanner conectado se procedió en carretera a observar el funcionamiento de todos los sensores e interruptores. Se eligió la opción “lista de datos” en el scanner donde se puede visualizar las velocidades de cada rueda que los sensores detectan, además el funcionamiento del interruptor de luz de parada y de estacionamiento los cuales al activarse cambiaron de posición “OFF” a “ON” en la pantalla del scanner, demostrando un correcto funcionamiento.

En la prueba de carretera con el scanner ([Anexo 2](#)) conectado se verificaron que las velocidades de las ruedas sean las mismas (con diferencia de 1 Km/h que se

puede tomar como normal), estas velocidades marcaban las mismas en las cuatro ruedas como se puede comprobar en el gráfico 128. Se borraron nuevamente los códigos de fallas permaneciendo la luz de advertencia “ABS” encendida.

- Velocidad rueda delantera derecha: 71 km/h
- Velocidad rueda delantera izquierda: 72 km/h
- Velocidad rueda trasera derecha: 71 km/h
- Velocidad rueda trasera izquierda: 72 km/h

Los códigos de falla que se mantenían fueron los siguientes:

- C0205: Malfuncionamiento de la señal del sensor de velocidad de la rueda delantera izquierda.
- C1271: Tensión de salida baja del sensor de velocidad delantero derecho.
- C1272: Tensión de salida baja del sensor de velocidad delantero izquierdo.
- C1275: Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad delantero derecho.
- C1276: Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad delantero izquierdo.

Los códigos de falla para los sensores posteriores fueron borrados, pero se mantenían los códigos de falla para los sensores delanteros (C1271 y C1272). El scanner indicaba que las velocidades en las cuatro ruedas eran las mismas lo que hacía suponer que no debían existir códigos para ningún sensor pero al seguir comprobando las velocidades de las ruedas que marcaba el scanner nos dimos cuenta que al detener el vehículo por circunstancias de manejo como semáforos o signos “PARE” y al arrancar nuevamente las velocidades que marcaban las ruedas delanteras comparadas a las derechas tenían un desfase; es decir mientras las velocidades de las ruedas traseras se visualizaban inmediatamente en el scanner al arrancar por el contrario las delanteras se mantenían en cero por unos segundos para posteriormente con el vehículo a una velocidad superior a los 40 km/h marcar velocidad lo que provocaba los códigos de falla para los sensores delanteros.

La forma de onda normal que se debe observar en el osciloscopio debe ser como la que se observa en la figura 3.74 (con las escalas correspondientes), que pertenece a la curva característica de los sensores inductivos, esta señal se aplica para todo los sensores inductivos presentes en un vehículo (ABS, CKP, CMP, etc.).

Se conectó el osciloscopio para verificar la forma de onda de cada sensor y también las escalas de tiempo y voltaje.

- Escala de tiempo: 2 ms/División
- Escala de voltaje: 1 V/División



Figura 3.73 Conexión del osciloscopio

Se compararon las formas de onda y se pudo verificar ahora con seguridad que los sensores delanteros se encontraban muy alejados de las ruedas fónicas.



Figura 3.74 Formas de onda
 IZQ: Sensor trasero derecho, DER: Sensor delantero derecho

La solución para este inconveniente fue netamente mecánico, se retiraron las 2 manguetas para por medio de una operación de mecanizado reducir el ancho (se redujeron 2 mm) de acoplamiento de los sensores para disminuir el entrehierro existente que era excesivo.

Se verificó ahora que no existan códigos de falla, se aislaron las líneas que se instalaron para el sistema para mayor seguridad como estética y se armaron todos los elementos de tapicería y protectores que fueron removidos para la instalación como se observa en la figura 3.76 y 3.77.



Figura 3.75 Aislado de arnés de cables
 (IZQUIERDA: INTERIOR DEL HABITÁCULO, DERECHA: HABITÁCULO MOTOR)

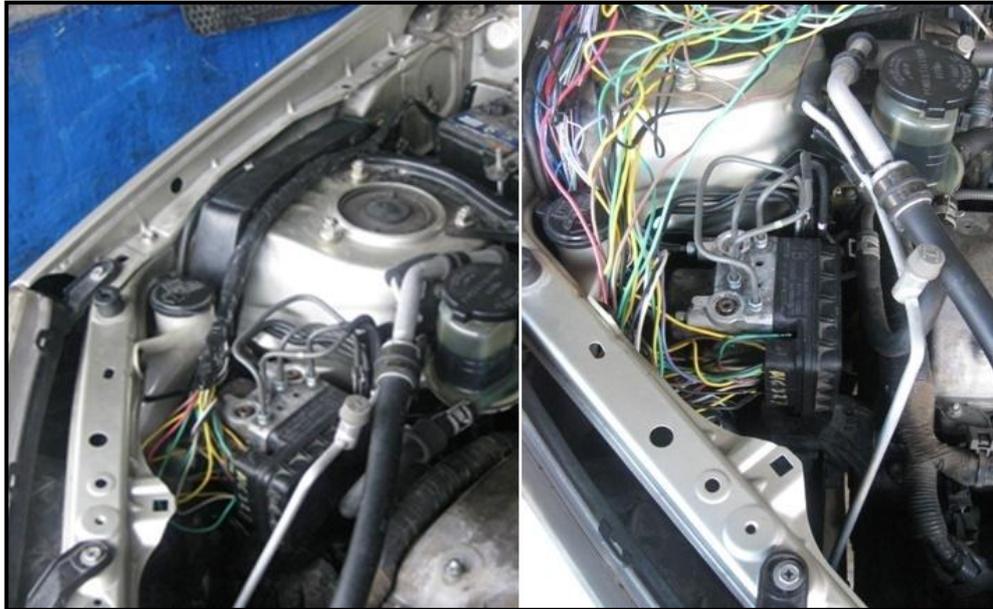


Figura 3.76 Arnés de cables del sistema ABS
(DERECHA: ARNÉS AISLADO, IZQUIERDA: ARNÉS ANTES DE AISLADO)

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DE CÓDIGO DE FALLAS DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

4.1. Modo Autodiagnóstico

El módulo ABS posee un sistema de autodiagnóstico, el cual monitorea los circuitos de entrada y salida al módulo. El módulo pone en funcionamiento los solenoides que comandan las electroválvulas y el solenoide del motor-bomba secuencialmente para comprobar el estado de los sistemas eléctricos. El autodiagnóstico del módulo se realiza únicamente cuando el interruptor de encendido está en la posición de “ON” y de forma secuencial el módulo verifica que cada circuito este trabajando de forma correcta.

En la figura 4.1 se puede visualizar la secuencia en la que son verificados los solenoides que comandan las 8 válvulas del conjunto hidráulico y el motor-bomba. Las válvulas de mantención de presión se activan el doble de tiempo (24 m seg) que las electroválvulas de reducción de presión (12 m seg). La verificación de las electroválvulas se realiza una por una y en el orden que muestra el gráfico. La comprobación del motor-bomba se realiza 408 milisegundos después, durando esta prueba 300 milisegundos.

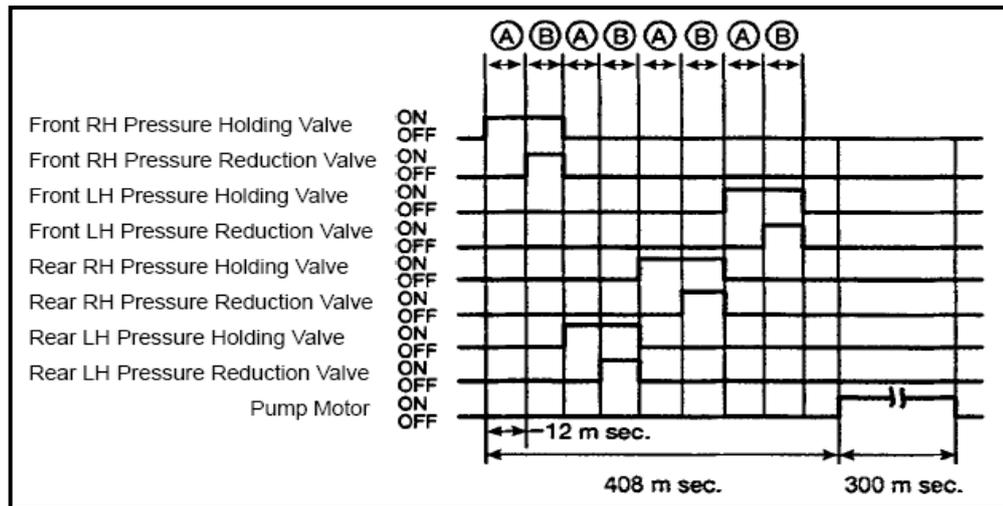


Figura 4.1 Secuencia de verificación de solenoides con encendido en posición “ON”
 Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

4.2. Función de autodiagnóstico del ABS

Cuando una falla es detectada en cualquiera de los sistemas verificados el módulo enciende la luz de advertencia del ABS como en la figura 4.2 que se ubica en el tablero del vehículo para alertar al conductor que existe una anomalía en el sistema y tiene que ser revisado. Aparte que la luz es encendida, el módulo almacena la falla en la memoria DLC3 en forma de código para un acceso posterior por parte del técnico.

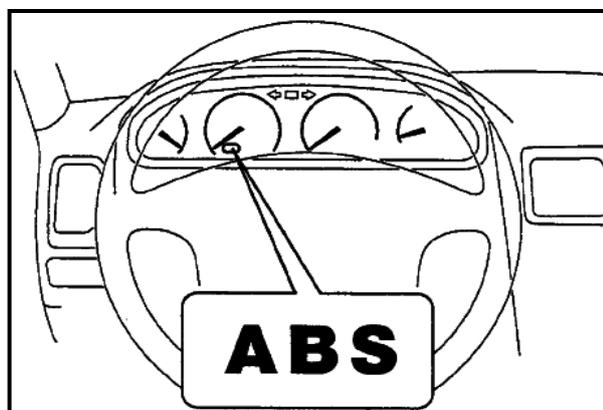


Figura 4.2 Luz advertencia ABS encendida
 Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

Los DTC generados para los sistemas ABS contienen en su primer dígito la letra “C”, que provienen de chasis.

4.3. Verificación del código de fallas

Para acceder al código de fallas almacenado en el módulo ABS que se diagnóstico, se necesita localizar el conector DLC3. Como se indico anteriormente el conector se encuentra en la parte baja del tablero del vehículo, en la parte derecha del conductor (figura 4.3). Se puede acceder al código de falla por medio del conector DLC3 por medio de un scanner.

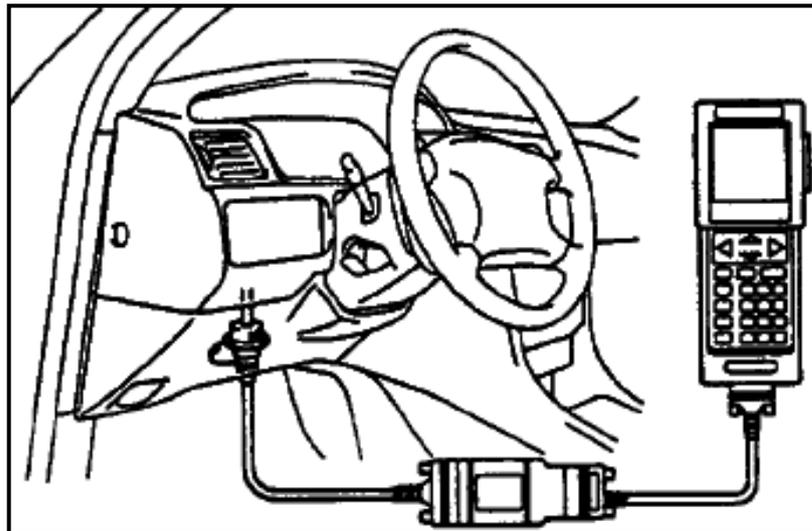


Figura 4.3 Conexión del scanner en el DLC3
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

4.4. Códigos de fallas del sistema ABS

Para verificar los códigos de falla almacenados con el scanner se deben realizar los siguientes pasos:

- Conectar el scanner al DLC3
- Hacer arrancar el motor

- Comprobar que la luz de advertencia ABS destella
- Conducir el vehículo en línea recta (a una velocidad superior a 45 km/h)
- Detenga el vehículo
- Leer el DTC siguiendo las instrucciones del scanner

4.4.1. DTC exclusivos de elementos físicos

Estos códigos de falla aplican solo para sistemas ABS incorporados para la marca Toyota. Estos presentan en el segundo dígito el número 1 que significa que es un código exclusivo para los vehículos de Toyota. Los códigos a continuación tienen la característica de referirse a malfuncionamientos de los elementos responsables de generar las señales de velocidad de giro de las ruedas que son los sensores de rueda y ruedas fónicas.

Como ejemplo claro de este tipo de causas fue el caso que los códigos C1271 y C1272 se mantenían producto que existía un entrehierro excesivo sin que exista un mal funcionamiento del sensor o del rotor necesariamente. Esto demuestra que sería un error asumir automáticamente que el rotor o sensor se encuentran en mal estado y tienen ser reemplazados cuando se presentan este tipo de códigos como se demuestra, sino que pueden existir otras causas que las generen, pero la solución a estos códigos de fallas será siempre mecánicos.

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C1271	Tensión de salida baja del sensor de velocidad delantero derecho	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor de velocidad delantero derecho o Instalación del sensor o Rotor del sensor de velocidad delantero derecho
C1272	Tensión de salida baja del sensor de velocidad delantero izquierdo	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor de velocidad delantero derecho o Instalación del sensor o Rotor del sensor de velocidad delantero derecho

C1273	Tensión de salida baja del sensor de velocidad trasero derecho	o Sensor de velocidad delantero derecho o Instalación del sensor o Rotor del sensor de velocidad delantero derecho
C1274	Tensión de salida baja del sensor de velocidad trasero izquierdo	o Sensor de velocidad delantero derecho o Instalación del sensor o Rotor del sensor de velocidad delantero derecho
C1275	Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad delantero derecho	o Rotor del sensor de velocidad delantero derecho
C1276	Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad delantero izquierdo	o Rotor del sensor de velocidad delantero izquierdo
C1277	Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad trasero derecho	o Rotor del sensor de velocidad trasero derecho
C1278	Cambio anormal de la tensión de salida del sensor de velocidad trasero izquierdo	o Rotor del sensor de velocidad trasero izquierdo

Tabla 4.1 Códigos de falla exclusivos de Toyota
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

Procedimiento de comprobación:

1. Verificar que el perno de instalación este apretado correctamente y no haya juego entre el sensor y la manguera (muñón) de dirección.
2. Comprobación de la forma de la onda de la señal con el uso del osciloscopio como el de la figura 4.4.
 - a. Desmontar la ECU del ABS con los conectores todavía conectados.
 - b. Conectar el osciloscopio a los terminales +FR (31), +FL (9), +RR (33), o +RL (11) y GND (2 ó 24) del conector de la ECU del ABS.
 - c. Conducir el vehículo a unos 20 km/h, y comprobar la forma de la onda de la señal.

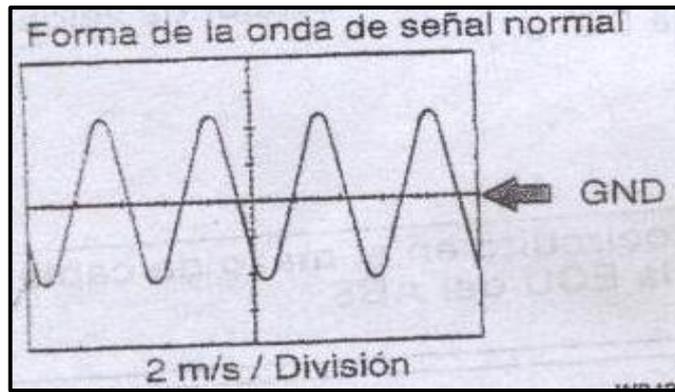


Figura 4.4 Forma de onda de la señal de los sensores de velocidad
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

- d. Si existen ruidos parásitos, verificar si existen materias extrañas en el sensor.
3. Comprobación de la rueda fónica y la punta del sensor.
 - Eje delantero:
 - a. Desmontar el eje propulsor delantero
 - b. Como en la figura 4.5 se debe comprobar el estado de los dientes del rotor del sensor: No faltan dientes, ni dientes rayados, ni objetos extraños.

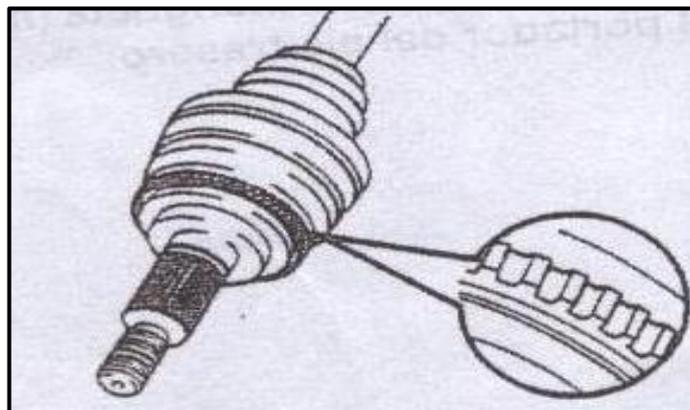


Figura 4.5 Estado de los dientes del rotor
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

- c. Desmontar el sensor de velocidad delantero
 - d. Comprobar la punta del sensor: No existan rayaduras ni objetos extraños en la punta del sensor
 - e. En caso de no existir falla limpiar y armar.
- Eje trasero:
 - a. Desmontar el cubo del eje trasero
 - b. Comprobar el estado de los dientes del rotor del sensor: No falten dientes, ni dientes rayados, ni objetos extraños.
 - c. Comprobar la punta del sensor: No existan rayaduras ni objetos extraños en la punta del sensor
4. Reemplazar el rotor o el sensor de velocidad si existe falla.
 5. Si no existe falla en ninguno de los elementos reemplazar el conjunto actuador del ABS.

4.4.2. DTC del circuito de sensores de velocidad

Se refieren a códigos generados por fallas en circuitos eléctricos de los sensores de velocidad así como de los elementos físicos que lo componen

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C0200	Mal funcionamiento de la señal del sensor de velocidad de la rueda delantera derecha	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cada mazo de cables de sensor y conector ○ Sensor de velocidad delantero derecho, delantero izquierdo
C0205	Mal funcionamiento de la señal del sensor de velocidad de la rueda delantera izquierda	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rotor de sensor de velocidad del vehículo ○ Cada circuito de sensor de velocidad
C0210	Mal funcionamiento de la señal del sensor de velocidad de la rueda trasera derecha	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cada mazo de cables de sensor y conector ○ Sensor de velocidad trasero derecho o

C0215	Malfuncionamiento de la señal del sensor de velocidad de la rueda trasera izquierda	trasero izquierdo ○ Rotor de sensor de velocidad del vehículo ○ Cada circuito de sensor de velocidad
C1235	Hay materias extrañas fijadas en el extremo del sensor delantero derecho	○ Cada mazo de cables de sensor de velocidad y conector ○ Sensor de velocidad delantero derecho o delantero izquierdo
C1236	Hay materias extrañas fijadas en el extremo del sensor delantero izquierdo	○ Rotor de sensor de velocidad del vehículo ○ Cada circuito de sensor de velocidad
C1238	Hay materias extrañas fijadas en el extremo del sensor trasero derecho	○ Cada mazo de cables de sensor de velocidad y conector ○ Sensor de velocidad trasero derecho o trasero izquierdo
C1239	Hay materias extrañas fijadas en el extremo del sensor trasero izquierdo	○ Rotor de sensor de velocidad del vehículo ○ Cada circuito del sensor velocidad

Tabla 4.2 Códigos de falla para sensores de velocidad

Procedimiento de comprobación:

- Comprobar que no exista diferencia entre la salida del valor de velocidad del sensor de velocidad mostrado en el scanner y el valor de velocidad visualizado en el velocímetro, cuando se conduce el vehículo.
- Hay una tolerancia de $\pm 10\%$ en la indicación del velocímetro
- Si se encuentra dentro del rango de velocidad reemplazar el conjunto actuador del ABS.
- Si no se encuentra dentro del rango comprobar el sensor de velocidad

Comprobación del sensor de velocidad delantero.

1. Desmontar el protector anti-salpicaduras del guardabarros delantero.

2. Verificar que no hay flojedad en la pieza de bloqueo del conector y la pieza de conexión del conector
3. Desconectar el conector del sensor de velocidad.
4. Medir la resistencia entre las terminales 1 y 2 del conector del sensor de velocidad como lo muestra la figura 4.6 en la parte izquierda.
 - Los valores de la resistencia deben estar en el rango de: 0,6 – 2,5 k Ω
5. Medir la resistencia entre los terminales 1 y 2 del conector del sensor de velocidad y la masa de carrocería como lo muestra la figura 4.6 en la parte derecha.
 - Los valores de la resistencia deben ser: 10 M Ω o mayor

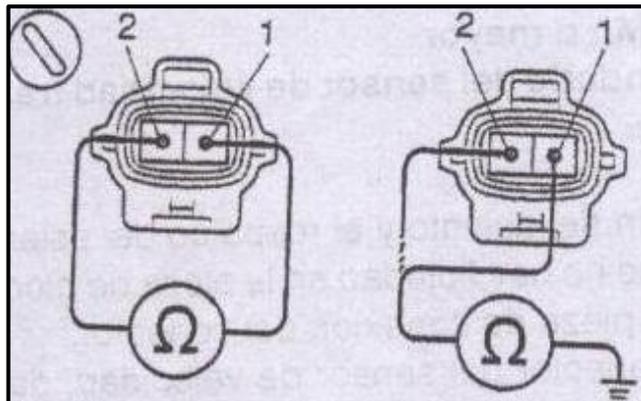


Figura 4.6 Medición de la resistencia del conector del sensor delantero
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

Comprobación del sensor de velocidad trasero

1. Verificar que no hay flojedad en la pieza del bloqueo del conector y la pieza de conexión del conector.
2. Desconectar el conector del sensor de velocidad en el cojinete del cubo.
3. Medir la resistencia entre los terminales 1 y 2 del conector del sensor de velocidad (figura 4.7).
 - Los valores de la resistencia deben ser: 0,8 – 1,9 k Ω

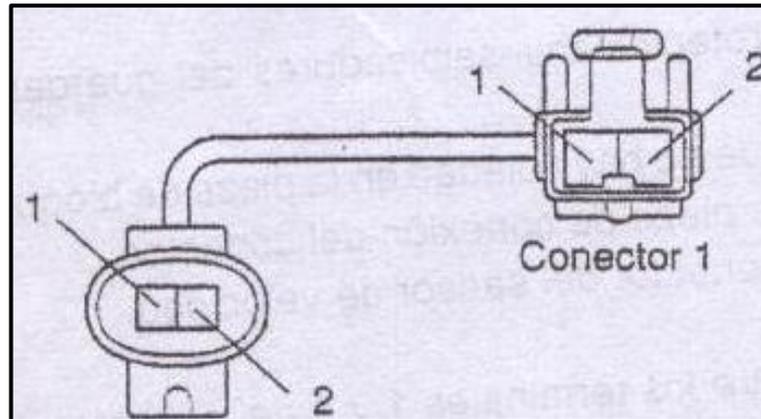


Figura 4.7 Medición de la resistencia de los terminales del sensor posterior
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

4. Medir la resistencia entre los terminales 1 y 2 del conector del sensor de velocidad y la masa de carrocería.
 - Los valores de la resistencia deben ser: 1 M Ω o mayor
5. Si no se cumplen estos valores reemplazar el sensor de velocidad

Comprobación de mazo de cables secundario del sensor de velocidad trasero

1. Desmonte el cojín del asiento y el respaldo del asiento.
2. Verificar que no hay flojedad en la pieza del bloqueo del conector y la pieza de conexión del conector.
3. Desconecte el conector del sensor de velocidad, dentro del vehículo.
4. Medir la resistencia entre el terminal 1 del conector 1 y el terminal 2 del conector 2.
5. Medir la resistencia entre el terminal 2 del conector 1 y el terminal 1 del conector 2.
 - Los valores de la resistencia deben ser: inferior a 1 Ω
6. Medir la resistencia entre los terminales 1 y 2 como muestra la figura 4.8 del conector del sensor de velocidad 1 y la masa de carrocería.
 - Los valores de la resistencia deben ser: 10 M Ω o mayor

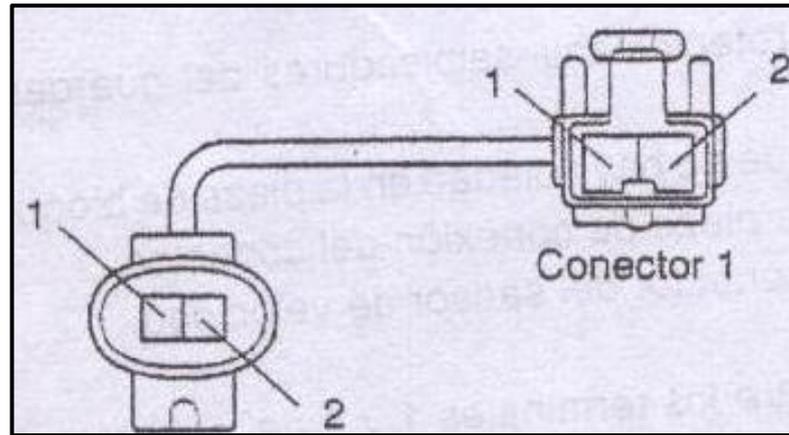


Figura 4.8 Medición de la resistencia del mazo de cables secundario del sensor trasero
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

7. Si no se cumplen estos valores reemplazar el sensor de velocidad o el mazo de cables secundario

4.4.3. DTC del circuito de la válvula solenoide del ABS

Se refieren a códigos relacionados a los solenoides que controlan la presión sobre los cilindros de rueda.

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C0226	Circuito abierto o cortocircuito en circuito de solenoide de 2 posiciones, para la rueda delantera derecha	Actuador del ABS
C0236	Circuito abierto o cortocircuito en circuito de solenoide de 2 posiciones, para la rueda delantera izquierda.	Actuador del ABS
C0246	Circuito abierto o cortocircuito en circuito de solenoide de 2 posiciones, para la rueda trasera derecha	Actuador del ABS
C0256	Circuito abierto o cortocircuito en circuito de solenoide de 2 posiciones, para la rueda trasera izquierda.	Actuador del ABS

Tabla 4.3 Códigos de falla para solenoides del ABS

Procedimiento de comprobación:

1. Vuelva a comprobar el DTC
2. Borre el DTC por medio del scanner
3. Coloque la llave en la posición OFF
4. Coloque el interruptor de encendido en la posición ON
5. Verifique si el DTC permanece memorizado
6. Si no se encuentra memorizado el problema se ha resuelto
7. Si se encuentra memorizado reemplazar el conjunto actuador del ABS

4.4.4. DTC del circuito del relé del motor del ABS

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C0273	Circuito abierto en el circuito del relé del motor de ABS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bloque de eslabones fusibles ○ Fusible ABS1 ○ Relé del motor del ABS ○ Circuito del relé del motor del ABS
C0274	Cortocircuito en el circuito del relé del motor de ABS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bloque de eslabones fusibles ○ Fusible ABS1 ○ Relé del motor del ABS ○ Circuito del relé del motor del ABS

Tabla 4.4 Códigos de falla para relé del motor ABS

Procedimiento de comprobación:

- **Comprobación de la tensión con multímetro:**

Comprobar la tensión entre los terminales +BM (23) y GND (2,24) del conector de la ECU del ABS (A5)

1. Desconectar el conector de la ECU del ABS
2. Medir la tensión entre los terminales 23 y 2 ó 24 como muestra la figura 4.9 del conector de la ECU del ABS

- Los valores de tensión deben estar entre: 11 – 14V

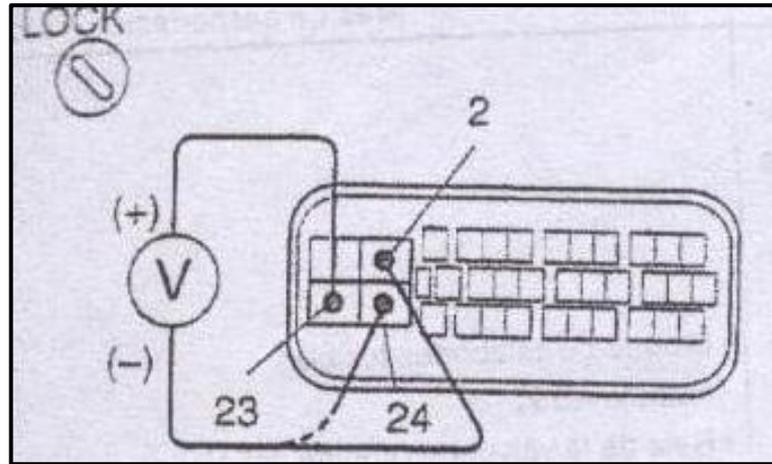


Figura 4.9 Medición del voltaje con multímetro del conector de la ECU del ABS
Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

3. Si no existe este rango de valores de tensión comprobar:
 - y reemplazar el fusible ABS1
 - reparar el mazo de cables o el conector
4. Si los valores de tensión están dentro del rango comprobar con el scanner

Comprobación con Scanner del funcionamiento del relé del motor del ABS

1. Conectar el scanner al DLC3
2. Colocar el interruptor de encendido en la posición ON
3. Seleccionar el modo de ACTIVE TEST (PRUEBA ACTIVA) en el scanner.
4. Comprobar el sonido del funcionamiento del motor del ABS
5. Si existe el sonido del motor ABS está en correcto funcionamiento
6. Si no existe sonido reemplazar el conjunto actuador del ABS

4.4.5. DTC del circuito del relé de solenoide del ABS

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C0278	Circuito abierto o en cortocircuito en el circuito del relé del solenoide de ABS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bloque de eslabones fusibles ○ Fusible ABS2 ○ Relé del solenoide del ABS
C0279	Cortocircuito en el circuito del relé del solenoide de ABS	<ul style="list-style-type: none"> ○ Circuito del relé del solenoide del ABS

Tabla 4.5 Códigos de falla para relé del solenoide ABS

Procedimiento de comprobación:

Comprobación de la tensión:

Desarrollar los mismos pasos del 1 al 2 como se realiza para la comprobación del relé del motor ABS. De no existir los rangos de tensión:

3. Si no existe este rango de valores de tensión:
 - Comprobar y reparar el mazo de cables o el conector.
4. Si los valores de tensión están dentro del rango comprobar con el scanner
 - **Comprobación con Scanner del funcionamiento del relé del solenoide del ABS:**

Realizar los mismos pasos del 1 al 3 como se realiza para la comprobación del relé del motor ABS

4. Comprobar el sonido del funcionamiento del relé del solenoide del ABS
5. Si existe el sonido del relé del solenoide del ABS está en correcto funcionamiento

6. Si no existe sonido reemplazar el conjunto actuador del ABS

4.4.6. DTC del circuito de fuente de alimentación eléctrica del IG

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C1241	Baja de la tensión de la fuente de alimentación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mazo de cables de la fuente de alimentación eléctrica y conector. ○ Batería ○ Sistema de carga ○ Circuito de fuente de alimentación eléctrica

Tabla 4.6 Códigos de falla para el circuito de alimentación del ABS

Procedimiento de comprobación:

Comprobación del fusible ECU-IG:

1. Desmontar el fusible ECU-IG de la caja de fusibles del lado del conductor (Figura 118).
2. Comprobar la continuidad del fusible
3. Si no existe continuidad reemplazar el fusible
4. Si existe continuidad comprobar tensión de la batería

Comprobación de la tensión de la batería:

1. Comprobar la tensión de la batería
 - El valor de la tensión debe estar entre 10 – 14V
2. Si la tensión no se encuentra en el rango comprobar y reparar el sistema de carga
3. Si la tensión es la correcta comprobar la tensión de la fuente de alimentación eléctrica del ECU-IG

Comprobación de la tensión de la fuente de alimentación eléctrica ECU-IG

Comprobación con Scanner:

1. Conectar el scanner en el DLC3
2. Colocar el interruptor de encendido en ON
3. Seleccionar el modo DATALIST (PRUEBA ACTIVA) en el scanner
4. Comprobar la salida de condición de tensión procedente de la ECU que es visualizada en el scanner
 - Se visualiza “NORMAL”
5. Si se visualiza “NORMAL” en el scanner reemplazar el conjunto actuador del ABS
6. Si no se visualiza “NORMAL” comprobar la continuidad entre los terminales del conector de la ECU.

Comprobación con Multímetro:

1. Desconectar el conector de la ECU del ABS.
2. Colocar el interruptor de encendido en la posición ON.
3. Medir la tensión entre los terminales 25 y 2 ó 24 del conector de la ECU del ABS.
 - La tensión debe ser: 10 – 14 V
4. Si se encuentra la tensión dentro de los rangos reemplazar el conjunto actuador del ABS
5. Si no se encuentra dentro de los rangos comprobar la continuidad entre los terminales del conector de la ECU

Comprobación de la continuidad entre terminales GND (2, 24) del conector de la ECU del ABS y la masa de la carrocería

1. Medir la resistencia entre los terminales 2 y 24 del conector de la ECU del ABS y la masa de carrocería.

- La Resistencia debe ser de: 1Ω o menos

2. Si no se encuentra dentro de estos valores reparar o reemplazar el mazo de cables o el conector

4.4.7. DTC del circuito del interruptor de luces de parada

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C1249	Circuito abierto o en cortocircuito en el circuito del conmutador de luces de parada	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mazo de cables de luces de parada y conector ○ Bombilla de válvula de luces de parada ○ Circuito del interruptor de luces de parada ○ Interruptor de luces de parada

Tabla 4.7 Códigos de falla para el interruptor de luces de parada

Procedimiento de comprobación.

Comprobación del funcionamiento de luz de parada:

1. Compruebe que las luces de parada se encienden cuando se aprieta el pedal del freno, y que se apagan cuando se suelta el pedal del freno.
2. Si no se encienden reparar el circuito de luces de parada
3. Si las luces se encienden comprobar la tensión en el conector de la ECU del ABS

Comprobación de la tensión entre el terminal STP (10) del conector de la ECU del ABS y la masa de la carrocería.

1. Desconectar el conector de la ECU del ABS
2. Medir la tensión entre el terminal 10 como muestra la figura 4.10 del conector de la ECU del ABS y la masa de carrocería con el pedal de freno apretado.
 - La tensión debe estar entre: 10 – 14V

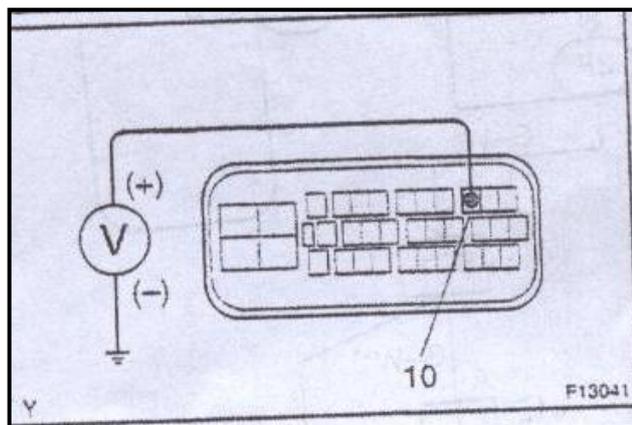


Figura 4.10 Medición del voltaje entre el pin 10 y carrocería
 Fuente: Manual de reparaciones, Technical Center, Toyota Cuenca, 2000

3. Si la tensión es la correcta reemplazar el conjunto actuador del ABS
4. Si la tensión no es la correcta comprobar si hay circuitos abiertos en el mazo de cables y conector entre la ECU del ABS y el interruptor de luces de parada

4.4.8. DTC del bloqueo del motor de la bomba del ABS

Código	Diagnóstico	Área del desperfecto
C1251	El motor de la bomba está bloqueado	○ Motor de bomba del ABS

Tabla 4.8 Códigos de falla para bloque del motor bomba del ABS

Procedimiento de comprobación.

Comprobación del funcionamiento del motor bomba del ABS:

1. Conectar el scanner en el DLC3
2. Colocar el interruptor de encendido en ON
3. Seleccionar el modo DATALIST (PRUEBA ACTIVA) en el scanner
4. Comprobar el sonido del funcionamiento del motor de la bomba del ABS cuando opera con el scanner
5. Si no existe el sonido reemplazar el conjunto actuador del ABS

CAPÍTULO 5

PRUEBAS DE FRENADO EN EL VEHÍCULO TOYOTA RAV4

5.1. Eficacia de frenado

Se desarrollaron las pruebas de eficacia de frenado en un banco de rodillos en el centro de revisión técnica vehicular, en los [ANEXO 3](#) y [ANEXO 4](#) se muestran estos resultados. Las pruebas de la eficacia de frenado dieron los siguientes resultados:

TIPO DE SISTEMA	EFICACIA DE FRENADO (%)
Sistema Convencional	72%
Sistema ABS	85%
Mejora de la eficacia con ABS	13%

Tabla 5.1 Eficacia de frenado en banco de rodillos

Los resultados muestran una mejoría del 13% de la eficacia de frenado con el sistema de frenos ABS.

De la revisión técnica se obtuvieron además los siguientes datos:

- Peso del vehículo: 1282,54 Kg
- Eje delantero: 817,74 Kg
- Eje Trasero: 464,8 Kg

Calculo de la desaceleración:

Se calculo la desaceleración que genera cada sistema, se aplicó la ecuación 2.10, despejando la desaceleración:

$$d = \frac{E \times g}{100}$$

DESACELERACIÓN (m/s^2)		
SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA ABS	Porcentaje de mejora con sistema ABS (%)
$-7,056 m/s^2$	$-8,33 m/s^2$	18,056%

Tabla 5.2 Resultado de cálculo de la desaceleración

Calculo de las fuerzas de frenado:

Se aplico la ecuación 2.12 de la eficacia de frenado, para encontrar la fuerza de frenado que estuvo presente en la prueba de la eficacia de frenado, la tabla 5.3 muestra los resultados obtenidos, se utilizo el peso del vehículo en carga vacía, que es el peso con el que se realizó la comprobación de la eficacia de frenado.

$$F_f = E \times P$$

FUERZA DE FRENADO (N)		
SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA ABS	Porcentaje de mejora con sistema ABS (%)
9017,568 N	10645,74 N	18,056%

Tabla 5.3 Resultado de cálculos de la fuerza de frenado

Calculo de la Transferencia de carga:

Por medio de la ecuación 2.23 se calculó la relación del peso estático:

$$\gamma = \frac{Pt}{P} = \frac{464,8}{1278} \rightarrow 0,3637$$

El reparto de fuerzas de frenado para ejes en vehículo con tracción delantera es:

- **75% Eje delantero**
- **25% Eje trasero**

Con lo que se calculó las fuerzas de frenado para ejes delanteros y traseros respectivamente:

Fuerza de frenado en el sistema convencional:

$$Ffd = Fmax \times 0,75 = 9017,568 \times 0,75 \rightarrow 6763,176N$$

$$Fft = Fmax \times 0,25 = 9017,568 \times 0,25 \rightarrow 2254,393N$$

Fuerza de frenado en el sistema ABS

$$Ffd = Fmax \times 0,75 = 10645,74 \times 0,75 \rightarrow 7984,305N$$

$$Fft = Fmax \times 0,25 = 10645,74 \times 0,25 \rightarrow 2661,435N$$

Se aplicó la fórmula 2.31 y se encontró x (relación centro de gravedad con batalla):

$$x = \frac{Fd \times \gamma + Ft \times \gamma - Ft}{(Ft + Fd)E}$$

Con los resultados de la ecuación 2.31, se aplicaron las ecuaciones 2.25 y 2.26 para encontrar las transferencias de carga por frenado, la tabla 5.4 visualiza los resultados de estos cálculos:

TRANSFERENCIA DE CARGA POR FRENADO			
	X	$P'd$ (eje delantero)	$P't$ (eje trasero)
Sistema Convencional	0,1579	9393,149707 N	3131,250293 N
Sistema ABS	0,1338	9393,6757 N	3130,724268 N
% diferencia con sistema ABS		0,0056 %	– 0,0168 %

Tabla 5.4 Transferencia de carga por frenado

5.2. Pruebas de frenado en carretera con el sistema convencional

5.2.1. Elementos para desarrollo de las pruebas

Para la realización de las pruebas de frenado se utilizaron elementos que brindaron seguridad y mejor visualización.

- **Conos de seguridad:**

Su función fue de delimitar la zona de la vía por donde debe circular el Toyota RAV4 y marcar el lugar donde comienza la operación de frenado.

- **Signos Pare:**

El signo pare tuvo la función de informar la zona donde se comienza con la operación de frenado.

- **Cámaras de grabación:**

Para la grabación de las pruebas se utilizaron 2 mini cámaras de alta resolución y una filmadora.

5.2.2. Desarrollo de las pruebas de frenado

El desarrollo de las pruebas se realizó de forma similar a las pruebas que realizan las diferentes marcas de vehículos en el sistema de frenos. Las pruebas de frenado en el Toyota RAV4 fueron efectuadas con colaboración de la Policía Nacional (UPC zona de Ucubamba), quienes restringieron el tráfico vehicular, realizándose las pruebas con la máxima seguridad tanto para transeúntes, vehículos y los que realizábamos las pruebas. En todas las pruebas realizadas se simularon un frenado de emergencia (frenado a fondo).



Figura 5.1 Estructura de la pista para las pruebas de frenado en pavimento

5.2.3. Prueba de distancia de frenado en pavimento.

Esta prueba tuvo la finalidad de encontrar la distancia total desde que se aplican los frenos hasta que el vehículo se detiene por completo. Estas pruebas serán realizadas en 3 rangos de velocidad 60, 80 y 100 km/h, además también se notará especialmente el no deseado fenómeno del bloqueo que tendrán las ruedas dejando la marca del recalentamiento del neumático sobre el pavimento para ser

comparadas con el sistema ABS. Las distancias de frenado fueron medidas como se visualiza en la figura 5.2 y registradas para su posterior análisis y conclusiones.



Figura 5.2 Medición de la distancia de frenado

PAVIMENTO	DISTANCIA DE FRENADO (metros)		
	Prueba 1	Prueba 2	Media
VELOCIDAD (km/h)			
60	10,87 m	11,30 m	11,085 m
80	24,80 m	23,20 m	24 m
100	32,45 m	32,80 m	32,625 m

Tabla 5.5 Distancias de frenado en pavimento

Calculo de la energía y las fuerza de frenado

Para el cálculo de la energía de frenado se utilizó la ecuación 2.4 de la energía cinética y la ecuación 2.5 del trabajo despejando la fuerza de frenado se obtuvieron los siguientes resultados que se visualizan en la tabla 5.6:

PAVIMENTO		
VELOCIDAD (km/h)	Energía Cinética	Fuerza de frenado
60	177507,1001 <i>Joules</i>	16013,27019 <i>N</i>
80	315492,4476 <i>Joules</i>	13145,51865 <i>N</i>
100	493134,4476 <i>Joules</i>	12241,37931 <i>N</i>

Tabla 5.6 Energías y fuerzas de frenado en pavimento

Efecto del bloqueo de las ruedas provoco que en el pavimento se dibujen las marcas de las llantas debido al cambio de fase que produce, en el [ANEXO 5](#) se puede visualizar el efecto producido en el pavimento.

5.2.4. Prueba de distancia de frenado en tierra

Se desarrollo el mismo procedimiento que las pruebas de frenado para pavimento, los resultados obtenidos se observan en la tabla 5.7, pero con la diferencia de que se realizaron solo en dos rangos de velocidades debido a la peligrosidad que presentaba el desarrollo de frenado en esta superficie. En el [ANEXO 6](#) se visualiza la pista donde se realizaron las pruebas.

TIERRA	DISTANCIA DE FRENADO (metros)		
VELOCIDAD (km/h)	Prueba 1	Prueba 2	Media
60	12,75 m	13,35 m	13,05 m
80	25,00 m	26,10 m	25,55 m

Tabla 5.7 Distancias de frenado en calzada de tierra

Para el cálculo de la energía de frenado se utilizó la ecuación 2.4 de la energía cinética y la ecuación 2.5 del trabajo despejando la fuerza de frenado se obtuvieron los siguientes resultados que se visualizan en la tabla 5.7

TIERRA		
VELOCIDAD (km/h)	Energía Cinética	Fuerza de frenado
60	177507,1001 <i>Joules</i>	13602,07664 <i>N</i>
80	315492,4476 <i>Joules</i>	12348,041 <i>N</i>

Tabla 5.8 Energías y fuerzas de frenado en calzada de tierra

5.3. Pruebas de frenado en carretera con el sistema ABS

5.3.1. Prueba de la Distancia de frenado en pavimento.

Se desarrolló el mismo proceso que el realizado en las pruebas de distancia con el sistema convencional, la tabla 5.9 muestra el resultado de las distancias de frenado:

PAVIMENTO	°DISTANCIA DE FRENADO (metros)		
	Prueba 1	Prueba 2	Media
VELOCIDAD (km/h)			
60	8,4 m	8,7 m	8,55 m
80	17,9 m	18,30 m	18,1 m
100	24,7 m	23,9 m	24,3 m

Tabla 5.9 Distancias de frenado en calzada pavimentada con ABS

Calculo de la energía y las fuerza de frenado.

Para el cálculo de la energía de frenado con el sistema ABS se utilizó la ecuación 2.4 de la energía cinética y la ecuación 2.5 del trabajo despejando la fuerza de frenado se obtuvieron los siguientes resultados que se visualizan en la tabla 5.10:

VELOCIDAD (km/h)	PAVIMENTO	
	Energía Cinética	Fuerza de frenado
60	177507,1001 <i>J</i>	20761,064 <i>N</i>
80	315492,4476 <i>J</i>	18131,74986 <i>N</i>
100	493134,4476 <i>J</i>	17534,64533 <i>N</i>

Tabla 5.10 Energías y Fuerzas de frenado con ABS

5.3.2. Prueba de distancia de frenado en tierra

Se desarrollo el mismo procedimiento que las pruebas de frenado para pavimento, los resultados obtenidos se observan en la tabla 5.7, pero con la diferencia de que se realizaron solo en dos rangos de velocidades debido a la peligrosidad que presentaba el desarrollo de frenado en esta superficie.

TIERRA	DISTANCIA DE FRENADO (metros)		
VELOCIDAD (km/h)	Prueba 1	Prueba 2	Media
60	16,8 m	15,95 m	16,375 m
80	32,45 m	31,92 m	32,185 m

Tabla 5.11 Distancias de frenado en tierra con ABS

Calculo de la energía y las fuerza de frenado.

Se utilizó la ecuación 2.4 de la energía cinética y la ecuación 2.5 del trabajo despejando la fuerza de frenado se obtuvieron los siguientes resultados que se visualizan en la tabla 5.12:

TIERRA		
VELOCIDAD (km/h)	Energía Cinética	Fuerza de frenado
60	177507,1001 J	10840,12825 N
80	315492,4476 J	9802,468467 N

Tabla 5.12 Energías y fuerzas de frenado en tierra con frenos ABS

5.4. Comparación de resultados

5.4.1. Distancias de frenado

En Pavimento: Las distancias de frenado se redujeron para los 3 rangos de velocidad por lo que claramente hubo una mejora con el sistema ABS como se puede observar en la tabla 5.13.

COMPARACIÓN DISTANCIAS DE FRENADO EN PAVIMENTO			
VELOCIDAD (km/h)	Sin ABS (metros)	Con ABS (metros)	Porcentaje de mejora (ABS)
60 km/h	11.085	8,55	29,65%
80 km/h	24	18,1	32,6%
100 km/h	32,625	24,3	34,3%

Tabla 5.13. Comparación de distancias de frenado en pavimento

En Tierra

Los resultados fueron contrarios a los que en pavimento, con el sistema ABS hubo una distancia de frenado mayor que con el sistema convencional, lo que quiere decir que el sistema ABS en tierra actúa de una manera similar que un frenado en nieve, como se puede verificar en la tabla 5.14 a continuación.

COMPARACIÓN DE DISTANCIAS DE FRENADO EN TIERRA			
VELOCIDAD (km/h)	Sin ABS (metros)	Con ABS (metros)	Porcentaje de mejora (ABS)
60 km/h	13,05	16,375	- 25,5%
80 km/h	25,55	32,185	- 25,9%

Tabla 5.14. Comparación de distancias de frenado en tierra

5.4.2. Fuerzas de frenado

En Pavimento

El sistema ABS permitió incrementar las fuerzas de frenado para todos los rangos de velocidad porque no permite que la fuerza de frenado sobrepase la fuerza de adherencia evitando el bloqueo del neumático. La tabla 5.15 esta ñas comparaciones de las fuerzas de frenado en los dos sistemas.

Fuerzas de frenado en Pavimento			
VELOCIDAD (km/h)	Sin ABS (Newton)	Con ABS (Newton)	Porcentaje de mejora (ABS)
60 km/h	16013,27019 N	20761,064 N	29,65%
80 km/h	13145,51865 N	18131,74986 N	37,7%
100 km/h	12241,37931 N	17534,64533 N	43,2%

Tabla 5.15. Comparación de fuerzas de frenado en pavimento

En Tierra

Como se puede verificar en la tabla 5.16 el sistema ABS produce una menor fuerza de frenado comparado con el convencional, haciendo que la distancia de frenado con ABS sea mayor.

FUERZAS DE FRENADO EN TIERRA			
VELOCIDAD (km/h)	Sin ABS (Newton)	Con ABS (Newton)	Porcentaje de mejora (ABS)
60 km/h	13602,07664 N	10840,12825 N	20,3%
80 km/h	12348,041 N	9802,468467 N	20,6%

Tabla 5.16. Comparación de fuerzas de frenado en tierra

5.4. Prueba de la capacidad direccional

Esta prueba consiste en evitar la coalición con el objeto que se encuentra adelante ([ANEXO 7](#)) del vehículo mientras se encuentra en proceso de frenado del mismo. El conductor intentó evitar el choque con el objeto por medio del mando de la dirección, dicho objeto se encuentra a una distancia de 5 metros. Se analizó la capacidad direccional que tiene el conductor sobre el volante cuando las ruedas se encuentran bloqueadas. Las velocidades utilizadas para estas pruebas fueron de 60 km/h y 80 km/h.

5.5. Costos

A continuación en la tabla 5.17 se detallan los costos que resultaron de la implementación del sistema de frenos ABS, cabe destacar que al ser la implementación en un sistema de vital importancia para la seguridad en lo posible se usaron elementos de la misma marca aunque usados pero con la seguridad que se encontraban en buen estado de funcionamiento. En la tabla 5.17 se marca con amarillo el elemento que se utilizó para la implementación.

COSTOS IMPLEMENTACION SISTEMA DE FRENOS ABS		
ELEMENTOS	ORIGINALES	ELEMENTOS USADOS ó ALTERNOS
SENSORES (x4)	\$250 c/u	\$82 c/u
MANZANA POSTERIOR (x2)	\$280 c/u	\$50 c/u
PUNTAS DE EJE (x2)	\$200 c/u	\$72 c/u
CAÑERIAS	\$110 kit	_____
SOPORTE MODULO (x1)	\$20	_____
MODULO (x1)	\$2600	\$200
MANGUETAS (x2)	\$700 c/u	\$0 c/u
INSTALACION ELECTRICA (x1)	\$900 chicote de cables	\$100 cables
ADAPTACIONES MECANICAS (x1)	\$600	\$200
COSTO TOTAL	\$1147	

Tabla 5.17 Costos de implementación

A continuación se detallan las piezas utilizadas en la implementación del sistema de frenos ABS en el vehículo Toyota Rav4, donde se indica que piezas fueron originales, alternas, usadas y en que vehículos se utilizan:

- Sensores Standar Motor (Alterno)
- Manzanas Posteriores TimKen (Alterno)
- Puntas de Eje Metelli (Alterno)
- Cañerías Toyota* (Originales)
- Soporte del Modulo Toyota** (Original)
- Modulo Toyota*** (Original)

- Manguetas (No reemplazadas)

Los elementos originales de Toyota que se implementaron fueron las cañerías y el soporte del módulo ABS ya que estos elementos resultaron ser de bajo costo y además en el caso de las cañerías son elementos muy importantes en la seguridad del frenado.

Se adquirió un modulo original de un vehículo Toyota Corolla 2005, se escogió este elemento por su bajo costo y porque sus características lo hacían q pueda ser utilizado en el Toyota Rav4 2003. El caso de las manguetas el único costo fue el mecanizado de los agujeros

El valor en el mercado para un Toyota Rav4 modelo 2003 de las mismas características sin frenos ABS oscila entre los \$14300 y un Toyota Rav4 modelo 2003 con frenos ABS (en el Ecuador casi no se importaron estos modelos) oscila entre los \$15800, es decir una diferencia de \$1500

La implementación resulto tener un menor costo (\$353) pero cabe destacar que algunos de los elementos implementados fueron usados y otros alternos pero con la seguridad que estén en buen estado lo que hace que para el caso de un Toyota Rav4 la implementación sea factible.

Conclusiones

La instalación sistema ABS incrementó la eficacia de frenado en un 13% como se visualiza lo que refleja una gran mejora producto de la implementación del sistema ABS en la frenada:

Él aumento de la eficacia permitió aumentar la desaceleración que puede producir el sistema en el vehículo en el valor de $1,274 \text{ m/s}^2$ esto quiere decir que en un frenado con ABS el tiempo para detener el vehículo será menor resultando que se puede generar una mayor desaceleración (-8.33 m/s^2) y por consiguiente una mayor fuerza de frenado. La figura 5.18 muestra el lugar donde el sistema ABS regula el frenado.

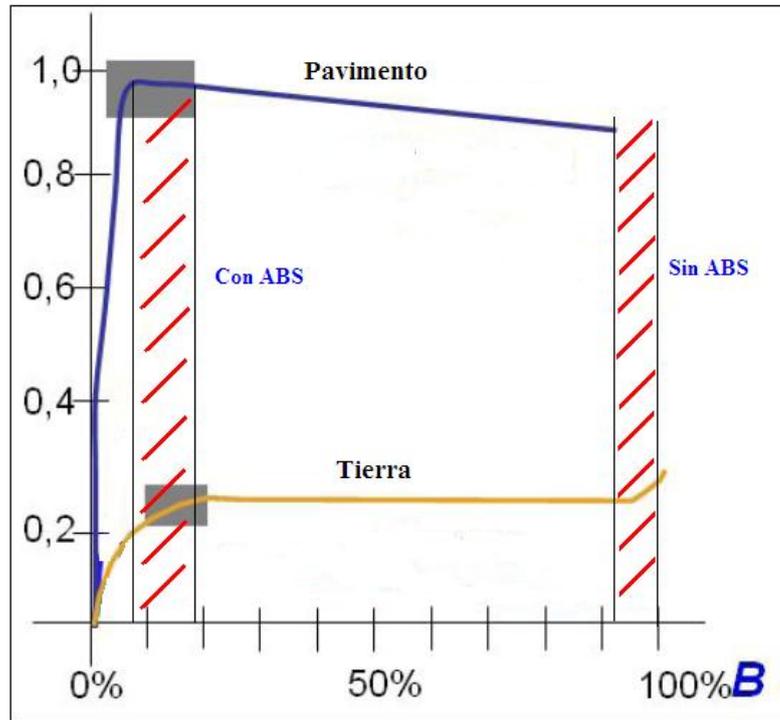


Figura 5.3. Fuerzas de frenado en pavimento y en tierra

El frenado en tierra con sistema ABS tiene el mismo efecto que frenar sobre una superficie de nieve, ya que genera una mayor distancia de frenado que el sistema convencional pero contrario a esto el conductor tiene una mayor capacidad sobre la dirección, haciendo que el sistema ABS en tierra sea definitivamente mejor.

La capacidad direccional con el sistema ABS fue mucho mejor que con el sistema convencional, como se puede verificar en las pruebas la posibilidad de maniobrar y dirigir el vehículo para evitar una colisión, haciéndose casi imposible buscar el mismo resultado con el sistema convencional, la capacidad direccional es mucho mayor con el sistema de frenos ABS.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En base a las pruebas realizadas, el sistema de frenos ABS implementado mejoró la eficacia de frenado del vehículo que fue el objetivo principal del trabajo de grado, esta mejora de la eficacia de frenado en una situación real podría evitar un accidente o caso contrario disminuir sus consecuencias, incrementando la seguridad activa en el vehículo Toyota RAV4.
- La implementación del sistema se justifica en cuanto a costos, ya que su instalación fue menor en comparación con un vehículo que dispone del sistema ABS de fábrica.
- Independientemente de la calzada en la que circule el vehículo, la frenada con sistema ABS mantendrá siempre mayores ventajas que el sistema convencional.
- Una frenada con sistema ABS en una calzada de tierra responde de la misma manera que una frenada en nieve, con las mismas características de mayor distancia de frenado pero una mejor capacidad de mando de la dirección por parte del conductor comparado con un sistema convencional.
- El mantenimiento de un sistema ABS es más fácil pero a su vez más costoso, ya que cualquier problema en el sistema, el conductor es alertado mediante la luz de aviso ABS de que se presenta algún inconveniente.
- Tener siempre presente que el sistema de frenos es el más importante en la seguridad del vehículo y que cualquier implementación se debe realizar con los conocimientos y con elementos de buena calidad para evitar perjuicios al sistema de frenos.
- La instalación de los sensores inductivos de velocidad se lo debe hacer de la manera más precisa y correcta posible ya que cualquier variación producirá fallas en el sistema ABS como fue lo que ocurrió

- Revisar el sistema ABS cuando se enciende la luz “ABS” para evitar daños peores y lo más importante tener la confianza que el sistema ABS está funcionando en óptimas condiciones.
- Cualquier sistema que mejore la seguridad activa no servirá de nada si al volante están conductores irresponsables.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

1. AGUEDA CASADO, Eduardo; GARCÍA, José Luis: *Estructuras del vehículo*, Editorial Paraninfo, segunda edición, España, 2007.
2. ALLEN TRIPLER, Paul; MOSCA, Gene: *Física para la ciencia y tecnología*; Reverte, New York, USA, 2005.
3. CISE, electrónica, *Base de datos, Sistemas de Carrocería, Frenos ABS*, Miami, USA, 2012
4. FERRER, Julián; FERRER RUIZ, Julián; DOMÍNGUEZ SORIANO, José Esteban: *Sistemas de transmisión y frenado*, Editex 2008.
5. FONT MEZQUITA, José; DOLS RUIZ, Juan Francisco: *Tratado sobre automóviles, la dinámica del automóvil*, Tomo IV, Ed. Univ. Politéc. Valencia 2006.
6. GUTIÉRREZ, José Ing.: General Motors Venezolana, GENERAL MOTORS VENEZOLANA, C.A., 2003
7. GIL, Hermógenes: *La electrónica en los Automóviles*, Ediciones CEAC S.A., 2002
8. LUQUE RODRÍGUEZ PABLO; ÁLVAREZ Mántaras; VERA, Carlos: *Ingeniería del automóvil: Sistemas y comportamiento dinámico*, Editorial Paraninfo, 2004.
9. LUQUE RODRÍGUEZ PABLO; ÁLVAREZ Mántaras; VERA, Carlos: *Investigación de accidentes de tráfico*, Universidad de Oviedo, 2003.

10. LUQUE RODRÍGUEZ PABLO; ÁLVAREZ Mántaras; VERA, Carlos: *Investigación de accidentes de Tráfico. Manual de Reconstrucción*, Netbiblo, 2007.
11. Manual de reparaciones para el chasis y la carrocería, Toyota, Toyota del Ecuador, 2000.
12. MARTÍ PARERA, Albert: *Sistemas de Seguridad y Confort en vehículos Automóviles*, Marcombo, 2000.
13. OROVIO ASTUDILLO, Manuel: *Tecnología del automóvil*; Editorial Paraninfo, 2012.
14. OWEN, Cliff: *Automotive BrakeSystems, Classroom Manual*; Cengage Learning, 2010
15. POST Wulf: *Sistemas de frenos convencionales y Electrónicos*, Serie Amarilla Bosh, Edición 2003.
16. SERRANO, Evaristo: *Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo*, Editex 2006.
17. SERWAY, Raymond A.; JEWETT John W.: *Física para ciencia e ingeniería*, Cengage, Learning Editores, 2005.
18. ZABLER, Erich: *Los sensores en el automóvil*, Reverte, 2002.

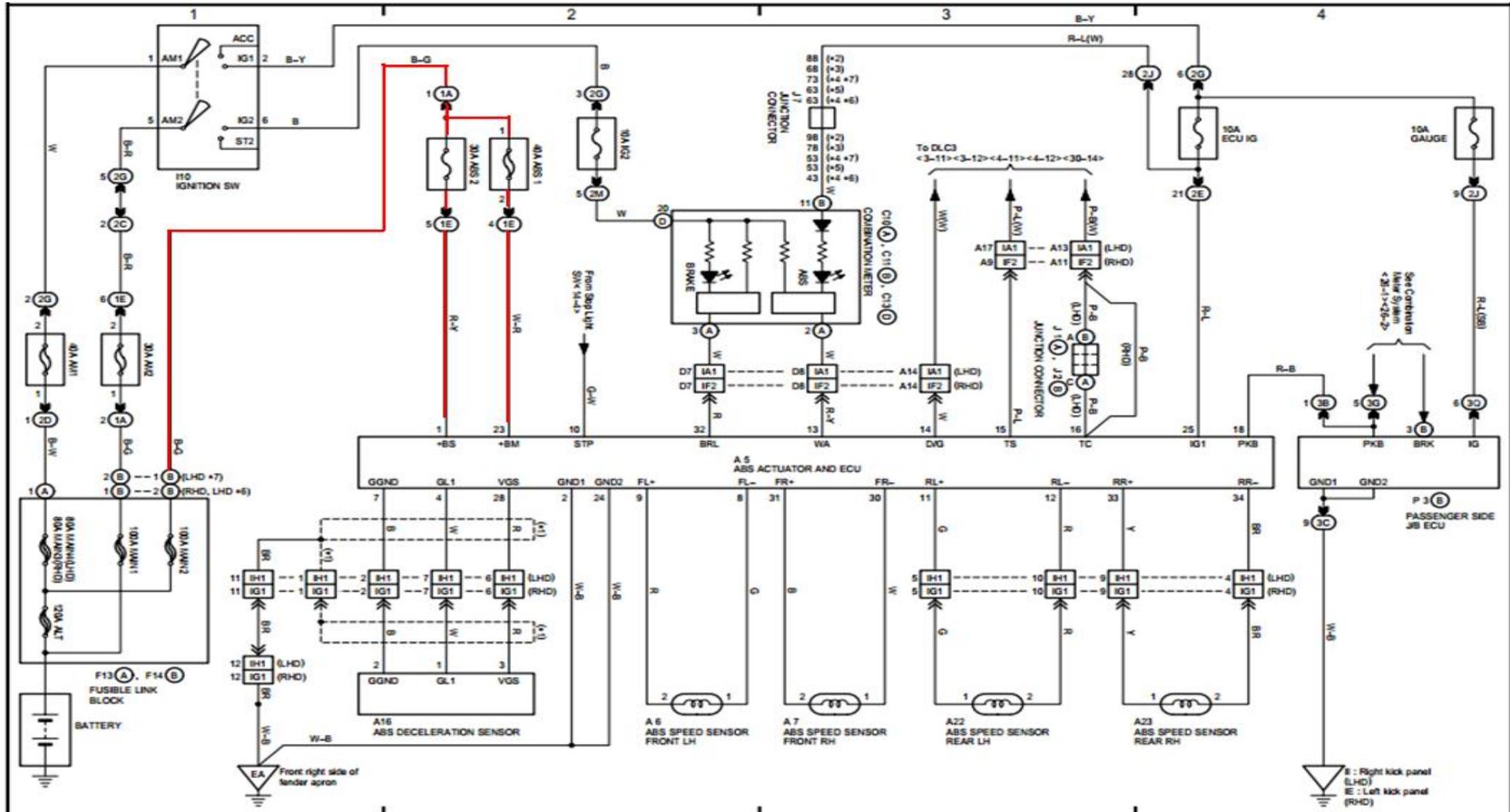
Referencias Electrónicas

1. http://www.rav4faq.kerkerinck.de/xa2/tsb/files/BE3010_0_1_ElectricalWirin_gDiagramCLA20_Ergaenzung.pdf
Toyota Service Bulletin: Indica el cableado de todos los sistemas del vehículo Toyota Rav4 modelos CLA20-21
2. http://mastercise.zapto.org/ls_modelo.asp?marca=1_BUSQUEDA%20POR%20SISTEMA_1&origen=ABS
CISE electrónica: Base de datos de del instituto CISE con artículos sobre ABS.
3. <http://www.autoshop101.com/forms/brake10.pdf>
Frenos de la Marca Toyota sección 10: Explica los diagnósticos de fallas para ABS en Toyota.
4. <http://www.autoshop101.com/forms/brake09.pdf>
Frenos de la marca Toyota sección 09: Indica el funcionamiento y los diferentes tipos de ABS para Toyota.
5. <http://www.automecanico.com/auto2027/bbooster14.pdf>
Artículos desarrollados por Beto Booster: Introducción a las señales de sensores en los vehículos.
6. <http://andes.info.ec/portada/en-ecuador-duplicaron-las-muertes-por-accidentes-de-transito-con-respecto-al-2010-117043.html>
Agencia Andes: Artículo sobre la problemática de los accidentes de tránsito en el Ecuador
7. <http://www.tutallermecanico.com.mx/Templates/basic/Images/estudiantes/4007/4007.pdf>
Tu taller mecánico: Artículo completo sobre el sistema de frenos ABS su funcionamiento, diferencias con el sistema convencional y diagnóstico con scanner

8. <http://www.juntastek.com.ar/descargas/Frenos%20antibloqueo.pdf>
Juntastek Argentina: Artículo que da una introducción al sistema ABS y los cuidados que requiere el sistema
9. http://www.meritorwabco.com/MeritorWABCO_document/mm0112SP.pdf
Meritor Wabco: Manual completo de mantenimiento de los frenos ABS en camiones
10. <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spfsdrivingabs.pdf>
Consejos de seguridad al manejar con frenos antibloqueo: artículo dedicado a cómo manejar con un vehículo posee frenos ABS
11. <http://www.youtube.com/watch?v=NuFcHf55ZZU>
Discovery Channel: Videos de la cadena Discovery que indican las ventajas de los frenos ABS
12. <http://www.youtube.com/watch?v=hnjszE3NS9E&feature=related>
Video Animado sobre comparación de los 2 sistemas donde pone en duda las ventajas del sistema de frenos ABS en comparación con el sistema convencional donde indica que la persona es capaz con un sistema convencional de trabajar mejor que con un sistema ABS.
13. <http://www.youtube.com/watch?v=mKiTAcXK6M4&feature=related>
Bosch: Video explicativo por la casa Bosch del sistema ABS con especial énfasis en la prevención de accidentes.
14. <http://www.youtube.com/watch?v=Tf9ygGnJ-6o&feature=related>
Video sobre diagnóstico de fallas, problemas y reparaciones en el sistema ABS en un Honda Civic 2002.

ANEXOS

ANEXO 1: Diagrama eléctrico del sistema ABS



ANEXOS 2: Prueba de carretera con Scanner



ANEXO 4: Eficacia de frenado con sistema ABS

EUROSYSTEM
V 1 04 018

Nombre
Direccion

Auto
Nombre/Empresa:
Código:
C.P. Ciudad:
Teléfono:
Fecha de prueba:
Hora de prueba:
Estado de carga:

Auto
PRUEBA RAV

Matricula:
Kilometraje:
Matriculación:
Fabricante:
Tipo de Vehic.:
N° chasis:
Cantidad de ejes: 2

MAHA - Prueba de Frenado

Prueba de Frenado del Auto

Eje delantero				
Fuerza Frenado	Izq	Der	Total Eje	Dif
Resist. Rodadura	0.20 kN	0.19 kN	6.15 kN	4 %
Fuerza Frenado máx	3.14 kN	3.01 kN		
Eficiencia	--- %	--- %		
Fuerza Frenado	Izq	Der	Total Eje	Diferencia
Resist. Rodadura	0.32 kN	0.36 kN	8.5 %	8 %
Fuerza Frenado máx	1.65 kN	1.58 kN		
Eficiencia	--- %	--- %	3.23 kN	4 %

Prueba Estacionamiento

Fuerza de pedal

Fuerza de freno

Logo MAHA

ANEXO 5: Cambio de fase de neumáticos por bloqueo de las ruedas



ANEXO 6: Pista para pruebas de frenado en tierra



ANEXO 7: Obstáculo para la prueba de la capacidad direccional

