

Diagnosis Electrónica del Automóvil

Estado actual y tendencias futuras

Diagnosis Electrónica
del Automóvil
Estado actual y tendencias futuras



En colaboración con



Proyecto de investigación financiado por:



Título: Diagnóstico Electrónico del Automóvil. Estado actual y tendencias futuras.

Este documento, escrito por encargo de Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA), ha sido redactado por:

Universidad de Alcalá- Departamento de Electrónica

Equipo de trabajo:

Manuel Mazo Quintas

Felipe Espinosa Zapata

AbdelBaset M.H. Awawdeh

Alfredo Gardel Vicente

Coordinación y corrección:

Fundación FITSA, José Luis González García y Pablo López de Unceta

Diseño y maquetación:

SPD Place Comunicación

Copyright:

Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA)

Edita:

Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA).

Avda. de Bruselas, 38, Portal B, 2ª Planta, 28108.- Alcobendas. Madrid.

Tel.: 91 484 13 05. Fax: 91 484 13 76. E-mail: info@fundacionfitsa.org

ISBN: 84-609-8917-8

DEPOSITO LEGAL:

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "copyright", bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

Resumen

El objeto de este Proyecto de Investigación es el análisis de benchmarking de equipos electrónicos aplicados a la diagnosis de automóviles disponibles en el mercado, y sus aplicaciones funcionales y metodológicas, así como la identificación de necesidades de I+D+i en este ámbito a corto, medio y largo plazo. Proyecto que se justifica por la creciente demanda de los diferentes agentes del sector del automóvil (político, económico, social, medioambiental, de infraestructuras y tecnológico) por alcanzar mayores niveles de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.

Para ello se han desarrollado cuatro tareas descritas en sus correspondientes capítulos, además de otro de introducción donde se plantean los objetivos, alcance del trabajo y antecedentes de la diagnosis en el sector del automóvil.

El segundo capítulo se dedica a la revisión histórica de los estándares OBD (On Board Diagnostic), de las redes de comunicación embarcadas y externas, y de las normativas y estándares asociados a la diagnosis del automóvil.

En el tercer capítulo se hace una presentación del estado actual de la diagnosis interna (on board) y externa (off-board: on-line y off-

line). Se describen los elementos hardware y software que intervienen, cuál es el proceso seguido desde que se registra la información de los sensores hasta que se diagnostica el posible fallo, bien sea por las unidades de control electrónico –ECU- del vehículo o por las herramientas comerciales scantool.

El capítulo cuarto está centrado en las tendencias futuras. En primer lugar de aspectos generales del automóvil como: sistemas de seguridad, ayuda a la reducción de la contaminación y ahorro de energía, sistemas x-by-wire, tecnologías para el diseño de nuevas ECUs, tendencias en los buses internos y propuestas para una diagnosis remota, así como de alternativas de interfaces hombre-máquina para facilitar el intercambio de información con el conductor. En segundo lugar se hace una prospectiva de la diagnosis electrónica incluyendo: diagnosis inteligente basada en modelos de comportamiento, nuevas tecnologías para la diagnosis (arquitectura multi-agente, simuladores y emuladores, etc.) y un bloque dedicado a la diagnosis remota (scantool inalámbrica y nuevas funcionalidades). A modo de ejemplo se describen algunos prototipos de sistemas avanzados de diagnóstico como GM OnStar, Nissan CarWings o Eco-Drive Project. También se incluye aquí un estudio sobre la armonización de estándares propuestos por diferentes organizaciones internacionales: ISO, IEC, ITU y ETSI.

En el último capítulo se incluyen las conclusiones y propuestas de investigación, desarrollo e innovación tecnológica derivadas del Proyecto. Los retos a corto y medio plazo de la diagnosis del automóvil se pueden concretar en:

Apuesta por la integración de las nuevas tecnologías (electrónica y comunicaciones) en los sistemas embarcados y externos de diagnosis. Lo que ha de contribuir a mejorar la seguridad del conductor y facilitar las tareas de mantenimiento y reparación en talleres. En la medida en que los sistemas de control del automóvil sean más fiables se garantizará una mejor diagnosis, un mayor tiempo de vida media sin averías, y tiempos mínimos de reparación en su caso.

Conseguir un equilibrio entre incremento de prestaciones y coste de las herramientas externas de diagnóstico. Ello redundará en su uso intensivo y generalizado tanto en los talleres sujetos a marcas concretas como en los independientes.

Apoyo a las instituciones de normalización para evitar lagunas en los estándares publicados y para que garanticen su implantación ajenas a la presión de las fabricantes de vehículos.

Aprovechar la infraestructura tecnológica de la inminente diagnóstico remota para otros servicios complementarios, como ayuda a la conducción o asistencia en carretera.

En cuanto a las propuesta de I+D+i, se han agrupado en función del tiempo de implantación previsto. A corto plazo cabe plantear líneas de trabajo como: sistemas de diagnóstico remota, evaluación de nuevos buses internos, y equipamiento para reconocimiento del estado del vehículo. A medio plazo se proponen actuaciones de I+D+i como: diagnóstico de sistemas de ayuda a la navegación, diagnóstico de sistemas de supervisión del comportamiento del conductor y el estado de su entorno, y diseño de interfaces hombre-máquina para información más completa y menos intrusiva al conductor del estado del automóvil. Y a largo plazo se apuntan áreas de interés como: estrategias de identificación y emulación de fallos, basadas tanto en modelos como en comportamientos, y diagnóstico de comportamiento de vehículos en convoy o en flotas coordinadas.

La memoria del proyecto concluye con varios apéndices que completan la información desarrollada a lo largo del trabajo. Así se incluye: descripción de ECUs fabricadas por Bosch, ECUs implantadas en vehículos BMW y Mercedes, relación de códigos de diagnóstico de fallo o DTCs relacionados con el tren motriz, características técnicas de scantool comerciales, herramientas Bosch para la diagnóstico externa, y nomenclatura relacionada con la diagnóstico del automóvil.

Abstract

The goal of this research project deals with the benchmarking analysis of applied electronic equipments to the diagnosis of automobiles available in the market, and its functional and methodological applications. In addition it summarizes and identifies the needs of Investigation Development and Innovation (I+D+I) in this field for short, half and long time. The project is justified by the growth of the demands and trends in different themes related to the automobiles sector (such as: political, economic, social, environmental, infrastructural, and technological) to achieve high levels of reliability, availability, maintainability, and safety.

Therefore, four tasks have been developed in the project corresponding chapters, in addition to another one of introduction where the objectives, the work reach and the antecedents of the automobile fault diagnosis have been mentioned.

The second chapter treats the historical review of automobile fault diagnosis including On-board diagnostics (OBD) as well as Off-board diagnostics (OFBD), the in-vehicle and remote communication networks, and the norms and standards associated to the this subject.

The third chapter covers the current state of on-board and off-board (on-line and off-line) diagnosis. Furthermore it describes the hardware and the software elements used for diagnostics, the process sequence since the registration of sensors information until the notification and diagnosis of possible failure, which achieved by the vehicle's electronic control units (ECUs) or/and by the commercial diagnostics tools (i.e. Scantool, handheld tool, engine analyzer, etc).

Chapter fourth covers the future tendencies from two points of view. The first one take action with respect to the general aspects of the automobile, such as: safety systems, aid to the contamination reduction and energy saving, X-by-wire systems, new technologies for ECUs designing, tendencies in the in-vehicle buses and the proposed ones for remote diagnosis, as well as recommendation and investigations planned for human-machine-interface (HMI) systems to enhance the in-vehicle information and communication system and to reduce driver distraction time. The second point of view, address the electronic diagnosis technologies including: intelligent fault diagnosis based on model, new technologies for the diagnosis (i.e. multi-agent system architecture, model-in-the-loop, software-in-the-loop, processor-in-the-loop, hardware-in-the-loop, etc), and the strategies and technologies dedicated to the remote diagnosis (wireless Scantools and new functionalities). Furthermore, some examples of advanced diagnostics system prototypes like GM OnStar, Nissan CarWings or Eco-Drive Project are described. Finally; it studies the harmonization of standards proposed by different international organizations, such as: ISO, IEC, ITU and ETSI.

The last chapter contains conclusions and summarizes I+D+i proposals derived from the Project. So, the challenges in short and mid time of automobile fault diagnosis can be summarize in:

The integration of new technologies (electronics and communications) to on-board and to off-board diagnosis systems, which contribute to enhance the driver safety and make easier maintenance and

failure repairation in garage. In addition; this integration will increase reliability of automobile control systems, ensures an efficient fault recognition and diagnosis, increments the life-cycle without fault, and minimize the delay between the detection of fault and the actual repair of the vehicle.

To achieve a balance between the increment of performance and cost of the external diagnosis tools. It will result in its intensive and generalized use so much to garages related to concrete marks as to the independent ones.

Support to the institutions of normalization to avoid mistakes in the published standards and so that they guarantee his implantation independently to vehicles manufactures.

To take advantage of the technological infrastructure of the imminent remote diagnosis for other complementary services like aid to driving and assistance in roads.

The proposals of I+D+I have been grouped based on the planned time of implantation. In a short term it is possible to bring up work lines like: systems of remote diagnosis, evaluation of innovative in-vehicle buses, and equipment for recognition of the vehicle state. In the mid term, some I+D+i actuations can be set out, these are: diagnosis of systems used for aid to navigation, diagnosis of supervision systems for driver behaviour and vehicle environment state, and design of human-machine-interfaces to feed complete information about the vehicle state and to minimize driver distraction time. Finally; for long term some interest areas are suggested like: strategies of identification and emulation of failures based on models as well as on behaviours, and behaviour diagnosis of vehicles in platoon or cooperative-driving.

The project report concludes with several appendices that complete the information developed throughout the work. These appendices illustrate: description of some ECUs manufactured by Bosch, several ECUs of current BMW and Mercedes automobiles, interpretation

of diagnostic trouble codes (DTCs) related to powertrain, technical characteristics of commercial Scantools, tools developed by Bosch for off-board diagnosis, and nomenclature related with automobile fault diagnosis.

Índice de contenidos

1	INTRODUCCIÓN	29
1.1	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO	30
1.2	ANTECEDENTES DE LA DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL	33
1.3	INTRODUCCIÓN A LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA	36
2	EVOLUCIÓN DE LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA	41
2.1	ASPECTOS GENERALES	41
2.1.1	Alternativas de la diagnosis externa (off-board)	43
2.1.2	Diagnosis interna (on-board)	46
2.2	EVOLUCIÓN DE ESTÁNDARES OBD	48
2.2.1	Primera generación de diagnosis de a bordo (OBD-I)	49
2.2.2	Segunda generación de diagnosis de a bordo (OBD-II)	51
2.2.3	Tercera generación de diagnosis de a bordo (OBD-III)	60
2.3	REDES DE COMUNICACIÓN PARA LA DIAGNOSIS	63
2.3.1	Tipos de buses utilizados en los automóviles	65
2.3.2	Protocolos de comunicación	68
2.3.3	Redes de comunicación internas y externas	71
2.4	NORMATIVAS Y ESTÁNDARES	82

3	SITUACIÓN ACTUAL DE LA DIAGNOSIS	87
3.1	ESTRUCTURA GENERAL DE LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA	88
3.2	ESTADO ACTUAL DE LA DIAGNOSIS INTERNA	89
3.2.1	Objetivos y alcance	89
3.2.2	Elementos que intervienen en el sistema de diagnóstico	91
3.2.3	Procedimiento para la diagnosis	112
3.2.4	Calibración de los sistemas de diagnóstico	131
3.3	ESTADO ACTUAL DE LA DIAGNOSIS EXTERNA	132
3.3.1	Objetivos y alcance	135
3.3.2	Normativas existentes relativas a la diagnosis externa	136
3.3.3	Conexión de una herramienta Scantool al vehículo	138
3.3.4	Funciones generales de los Scantools	140
4	TENDENCIAS FUTURAS	149
4.1	ASPECTOS GENERALES	149
4.1.1	Estudio de previsiones de inversión en el mercado europeo de diagnóstico del automóvil	153
4.1.2	Necesidad de nuevos sistemas para la diagnosis del automóvil	157
4.2	TENDENCIAS FUTURAS EN LOS SISTEMAS DEL AUTOMÓVIL	162
4.2.1	Sistemas de seguridad	163
4.2.2	Sistemas de ayuda a la reducción de la contaminación y ahorro de energía	172
4.2.3	Sistemas "X-by-wire"	177
4.2.4	Tendencias en los buses internos (a bordo)	183
4.2.5	Técnicas avanzadas para el diseño de ECUs	185
4.2.6	Tendencias en los sistemas de comunicación entre vehículos y sistemas externos	188
4.2.7	Interfaz hombre-máquina (HMI)	201
4.3	FUTURO DE LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA DEL AUTOMÓVIL	204
4.3.1	Tecnologías avanzadas para la diagnosis del futuro	206
4.3.2	Diagnosis inteligente basada en modelos	207
4.3.3	Sistemas multi-agente para diagnosis del automóvil	213

4.3.4	Emuladores para diagnosis y calibración del automóvil	217
4.3.5	Aspectos generales sobre la diagnosis remota	222
4.3.6	Scantool inalámbrica	232
4.3.7	Redes inalámbricas para la diagnosis remota	234
4.3.8	Otras funcionalidades asociadas a la diagnosis remota	237
4.4	PROTOTIPOS REALES CON SISTEMAS DE DIAGNOSIS NOVEDOSOS	240
4.4.1	GM OnStar	244
4.4.2	Nissan CarWings	245
4.4.3	ID-Internet Diagnostic	246
4.4.4	Eco-Drive Project	246
4.5	ARMONIZACIÓN DE ESTÁNDARES	247
4.5.1	Arquitectura abierta AUTOSAR	247
4.5.2	Organizaciones dedicadas a la estandarización	249
4.5.3	ISO/TC22	252
4.5.4	ITU-T	253
4.5.5	ETSI	254
5	CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE I+D+i	257
5.1	CONCLUSIONES DEL TRABAJO	257
5.2	PROPUESTAS DE I+D+i EN LA DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL	262
5.2.1	Propuestas a corto plazo	262
5.2.2	Propuestas a medio plazo	264
5.2.3	Propuestas a largo plazo	266
APÉNDICE I	ECUs FABRICADAS POR BOSCH	270
APÉNDICE II	ECUs IMPLANTADAS EN VEHÍCULOS BMW Y MERCEDES BENZ ...	274
APÉNDICE II.1	ECUs BMW	275
II.1.1	ECUs de control del tren motriz (Powertrain)	275
II.1.2	ECUs de control del sistema de chasis (chassis)	277
II.1.3	Cuerpo del automóvil (Body)	278
APÉNDICE II.2	ECUs Mercedes Benz	281
II.2.1	ECUs de control del tren motriz (Powertrain)	281

II.2.2. ECUs de control del cuerpo (Body)	281
II.2.3. ECUs para información y comunicación	282
II.2.4. ECUs relacionadas con el confort	283
APÉNDICE III. CÓDIGOS DE DIAGNÓSTICO DE FALLOS	284
APÉNDICE IV. SCANTOOLS COMERCIALES	302
APÉNDICE V. HERRAMIENTAS BOSCH PARA LA DIAGNOSIS EXTERNA	312
V.1. Diagnósis usando equipos de Bosch	313
V.2. Bosch ESI[tronic] para la diagnóstico electrónica externa	314
V.3. Equipos Bosch para la diagnóstico externa del automóvil	320
V.3.1. Bosch KTS 650	320
V.3.2. Bosch FSA 750	322
V.4. Lista de vehículos soportados por la herramienta de diagnóstico ESI[tronic] de Bosch	324
APÉNDICE VI. NOMENCLATURA RELACIONADA CON LA DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL	326
BIBLIOGRAFÍA	345

Índice de figuras

<i>Figura 1.1</i>	Ejemplo de diagnóstico del automóvil realizada en los primeros años (1940-70)	34
<i>Figura 1.2</i>	Ejemplo de vehículo de 1895	36
<i>Figura 1.3</i>	Configuración general de un sistema completo de diagnóstico electrónica	38
<i>Figura 2.1</i>	Etapas significativas en la evolución de la diagnosis estandarizada de los automóviles. (a) Diagnosis externa (off-board). (b) Diagnosis de a bordo (on- board)	42
<i>Figura 2.2</i>	Ejemplo de equipo con sensores externos utilizados en la diagnosis externa aplicada a la detección de fallos en los automóviles	44
<i>Figura 2.3</i>	Ejemplo de diagnosis externa utilizando Scantool	45
<i>Figura 2.4</i>	Diagrama de bloques ilustrativo de la diagnosis remota (off-line)	47
<i>Figura 2.5</i>	Ejemplo de lámpara indicadora del mal funcionamiento (MIL), estandarizado para OBD	48
<i>Figura 2.6</i>	Aspectos más importantes incluidos en la diagnosis de a bordo de nivel I (OBD-I)	50
<i>Figura 2.7</i>	Características generales de OBD-II	53

<i>Figura 2.8</i>	Sensores adicionales para la monitorización del catalizador	54
<i>Figura 2.9</i>	Ejemplo de funcionalidad de la diagnosis de a bordo de la segunda generación (OBD-II). Sensores y actuadores incorporados en el sistema de inyección electrónica	55
<i>Figura 2.10</i>	Diagrama de bloques del sistema de inyección electrónica según el estándar OBD-II	56
<i>Figura 2.11</i>	Ejemplo de luz de chequeo de motor utilizado en la diagnosis de a bordo de segunda generación (OBD-II)	57
<i>Figura 2.12</i>	Ejemplo de lectura de códigos DTCs utilizando scantool	58
<i>Figura 2.13</i>	Nomenclatura OBD-II para la identificación de fallos de diagnosis (DTCs)	58
<i>Figura 2.14</i>	Diagrama de bloques general del concepto de la tercera generación de diagnosis de a bordo (OBD-III)	61
<i>Figura 2.15</i>	Algunos ejemplos de lo sistemas de control, notificación, diagnosis, etc. que incorporan los automóviles modernos	63
<i>Figura 2.16</i>	Ejemplo de sistemas de comunicación entre los ECU's y del vehículo con el mundo exterior	64
<i>Figura 2.17</i>	Tipos de redes o buses de comunicación implementadas en el campo de los automóviles: redes internas y externas	71
<i>Figura 2.18</i>	Ejemplos de aplicaciones del bus CAN para las tres alternativas de velocidad de comunicación (alta, media y baja)	73
<i>Figura 2.19</i>	Configuración general para la comunicación entre el ordenador central de a bordo y el equipo de diagnosis externo	75
<i>Figura 2.20</i>	Estándar J1850 en relación al modelo OSI de siete capas	76
<i>Figura 2.21</i>	Conector J1962 utilizado en la diagnosis	78
<i>Figura 3.1</i>	Estructura general de la diagnosis electrónica del automóvil	89
<i>Figura 3.2</i>	Objetivos fundamentales de la electrónica del automóvil	91
<i>Figura 3.3</i>	Arquitectura para diagnosis electrónica a bordo de un vehículo	92
<i>Figura 3.4</i>	Ejemplo de conjunto de sensores ligados a la unidad de control PCM de un automóvil	93
<i>Figura 3.5</i>	Ejemplos de ECUs en un vehículo actual (2005)	93

<i>Figura 3.6</i>	Estructura interna de procesamiento de un ECU para diagnóstico interna de un vehículo	94
<i>Figura 3.7</i>	Elementos sensores y actuadores asociados al ECU Motronic de Bosch	95
<i>Figura 3.8</i>	Ejemplo de ECU: contexto de aplicación y tarjeta electrónica de la unidad de control	96
<i>Figura 3.9</i>	Ejemplo de interfaz electrónico común, de acceso a bus, para los diferentes ECUs interconectados	97
<i>Figura 3.10</i>	Ejemplo de enlace entre redes y multiplexación de información en vehículos avanzados	99
<i>Figura 3.11</i>	Ejemplo de integración de funciones en una unidad de control PCM	99
<i>Figura 3.12</i>	Subdivisión de la electrónica del automóvil en dominios lógicos y relación con su implementación física	100
<i>Figura 3.13</i>	Arquitectura de red de comunicación electrónica típica de un vehículo	101
<i>Figura 3.14</i>	Ejemplo de elementos electrónicos del automóvil interconectados en red	103
<i>Figura 3.15</i>	Ejemplo de interconexión entre redes de comunicación de un vehículo	103
<i>Figura 3.16</i>	Ejemplo de direccionamiento de nodos en bus CAN y test de aceptación de mensajes, el nodo 2 transmite un mensaje y los nodos 1 y 4 son receptores del mismo	104
<i>Figura 3.17</i>	Ejemplo de arbitraje de mensajes característico del bus CAN	105
<i>Figura 3.18</i>	Formato de mensajes utilizado en bus CAN	106
<i>Figura 3.19</i>	Deficiencia en el diagnóstico de fallos de una comunicación CAN por parte de un experto	107
<i>Figura 3.20</i>	Matriz de tiempos asignados a los intercomunicación entre nodos en TTCAN	108
<i>Figura 3.21</i>	Esquema de un panel de instrumentación (instrument cluster) típico de automóvil	110

<i>Figura 3.22</i>	Símbolo aceptado por ISO para: a) detección de exceso de emisiones, b) indicación de mal funcionamiento del motor	111
<i>Figura 3.23</i>	Ejemplo de aplicación de activación MIL	113
<i>Figura 3.24</i>	Esquema genérico de la estrategia de diagnosis interna del automóvil	114
<i>Figura 3.25</i>	Aplicación de modelos software al desarrollo de sistemas electrónicos para la diagnosis del automóvil	115
<i>Figura 3.26</i>	Ensayo de ECU real a partir de condiciones de trabajo simuladas	116
<i>Figura 3.27</i>	Ajuste de la algoritmia (y/o modelo) de un ECU a partir de instrumentación de cálculo actuando sobre el sistema real (vehículo en acción)	116
<i>Figura 3.28</i>	Árbol de decisión para ayuda al diagnóstico de un fallo en el cambio automático	119
<i>Figura 3.29</i>	Sistema experto con enlaces de probabilidad para obtener una fiabilidad cuantitativa	120
<i>Figura 3.30</i>	Sistema de diagnosis basado en redes neuronales y reconocimiento de un error	121
<i>Figura 3.31</i>	Red multicapa perceptrón como sistema virtual	122
<i>Figura 3.32</i>	Etapas de la diagnosis basada en modelos construidos con redes neuronales	123
<i>Figura 3.33</i>	Identificación del modelo y detección de desviaciones tras un aprendizaje	124
<i>Figura 3.34</i>	Arquitectura DSM orientada a objetos para la diagnosis OBD	128
<i>Figura 3.35</i>	Sistema borroso aplicado a la diagnosis	131
<i>Figura 3.36</i>	Calibración y ajuste de parámetros de un ECU	132
<i>Figura 3.37</i>	Equipos de diagnosis y de comunicaciones con el vehículo a través del conector OBD	133
<i>Figura 3.38</i>	Imagen de una PDA dedicada a la diagnosis con un software especializado	133

<i>Figura 3.39</i>	Vistas de una scantool junto con alguna de sus pantallas de diagnóstico	134
<i>Figura 3.40</i>	Elementos y conexionado entre el coche y el equipo de diagnóstico	135
<i>Figura 3.41</i>	Ubicaciones más habituales donde se encuentra el conector para la Scantool	139
<i>Figura 3.42</i>	Terminales del conector DLC	139
<i>Figura 3.43</i>	Aspecto de una Scantool genérica y otra real	142
<i>Figura 3.44</i>	Fases del proceso que se sigue en la diagnosis externa	145
<i>Figura 3.45</i>	Diagrama de flujo con mensajes intercambiados entre una Scantool y un ECU	146
<i>Figura 4.1</i>	Relación entre las tendencias futuras en los automóviles y otros aspectos de la vida diaria	149
<i>Figura 4.2</i>	Evolución de muertos y heridos en accidentes de tráfico, entre 1980 y 2000 en la Europa de los 15 [fuente: IRTAD]	150
<i>Figura 4.3</i>	Clasificación de heridos implicados en accidentes de tráfico, en el año 2000 en la Europa de los 15 [fuente: IRTAD]	150
<i>Figura 4.4</i>	Previsión de inversiones en el mercado europeo de diagnóstico automóvil. (Frost & Sullivan)	154
<i>Figura 4.5</i>	Mercado de equipos portátiles de diagnóstico en Europa: a) fabricantes de equipos genéricos, b) fabricantes de equipos para marcas concretas de automóviles	155
<i>Figura 4.6</i>	Previsiones para el mercado europeo de equipos portátiles para la diagnosis del automóvil	156
<i>Figura 4.7</i>	Previsiones de unidades portátiles de diagnóstico para el mercado europeo	156
<i>Figura 4.8</i>	Evolución prevista del precio unitario de unidades portátiles de diagnóstico en el mercado europeo	156
<i>Figura 4.9</i>	Aspectos generales que condicionan la evolución de la diagnosis	162
<i>Figura 4.10</i>	Desarrollo en la electrónica utilizada en los automóviles	163

<i>Figura 4.11</i>	Tendencias en la seguridad pasiva y activa del automóvil	164
<i>Figura 4.12</i>	Sistema ABS. (a) Vista general, (b) sensor y actuador de giro y (c) sistema hidráulico	165
<i>Figura 4.13</i>	Elementos asociados al ESP	166
<i>Figura 4.14</i>	Elementos asociados al sistema de frenado	168
<i>Figura 4.15</i>	Control longitudinal diseñado por DaimlerChrysler	169
<i>Figura 4.16</i>	Ejemplo de airbag	170
<i>Figura 4.17</i>	Sistemas electrónicos incorporados en los automóviles para protección de ocupantes	171
<i>Figura 4.18</i>	Catalizador SCR	173
<i>Figura 4.19</i>	Amortización de los costes del sistema SCR como función del kilometraje del vehículo	175
<i>Figura 4.20</i>	(a) Diesel Particulate Filter (DPF) por Mitsubishi FUSO, (b) Sophisticated EGR system por Mitsubishi FUSO	175
<i>Figura 4.21</i>	Diagrama de bloques general del sistema INOMAT-II	176
<i>Figura 4.22</i>	Efecto del desplazamiento de tiempo utilizando la lógica borrosa (INOMAT-II)	177
<i>Figura 4.23</i>	Sistema “steer-by-wire”	179
<i>Figura 4.24</i>	Sensores y actuadores utilizados en el sistema de dirección por cable (steer-by-wire)	180
<i>Figura 4.25</i>	Sistema de freno por cable (brake-by-wire)	181
<i>Figura 4.26</i>	Elementos de Throttle-by-wire: 1) pedal acelerador, 2) ECU del motor, 3) mariposa	182
<i>Figura 4.27</i>	Tendencia futuras en telemática en el ámbito de la automoción	183
<i>Figura 4.28</i>	Redes de comunicación a bordo de los vehículos	183
<i>Figura 4.29</i>	Ejemplo de gateway utilizado en los vehículos para el control de interacción entre redes	184
<i>Figura 4.30</i>	Tendencia de la tecnología de comunicación en los automóviles	184
<i>Figura 4.31</i>	Ejemplo de prueba de un ECU en un sistema de emulación (Hardware in the Loop)	185

<i>Figura 4.32</i>	Fases utilizadas las nueva técnicas para el diseño, diagnóstico, y calibración de ECU's	186
<i>Figura 4.33</i>	Diagrama de bloques utilizado en el diseño de un ECU para regulación del consumo de combustible	186
<i>Figura 4.34</i>	a) Código C generado a partir del modelo del ECU de control de combustible, b) ejemplo de aplicación de Software in the Loop	187
<i>Figura 4.35</i>	Ejemplo de aplicación de la fase Process in the Loop	187
<i>Figura 4.36</i>	Ejemplo de ECU real, con las diferentes etapas electrónicas que incluye	188
<i>Figura 4.37</i>	Ejemplo de aplicación de ECU en la etapa Hardware in the Loop de su proceso de diseño	188
<i>Figura 4.38</i>	Estructura de elementos que intervienen en la prueba de un ECU conectado al emulador del comportamiento de un vehículo (Hardware in the Loop)	189
<i>Figura 4.39</i>	Ejemplos de aplicación de las comunicaciones inalámbricas	190
<i>Figura 4.40</i>	Ejemplos de aplicación de las comunicaciones inalámbricas	190
<i>Figura 4.41</i>	Servicios telemáticos ofrecidos por diferentes empresas fabricante de coches	191
<i>Figura 4.42</i>	Principales características de las que consta un teléfono móvil de última generación	192
<i>Figura 4.43</i>	Ejemplos de posibilidades de comunicación, asistente personal y capacidades de los diferentes sistemas móviles y portables que existen actualmente	193
<i>Figura 4.44</i>	Ejemplo de interacción entre un interfaz empotrado en el propio vehículo y otros sistemas	193
<i>Figura 4.45</i>	Ejemplo de aplicación de conexión de datos de enlace corto: DSRC	195
<i>Figura 4.46</i>	Ejemplo de conexión de un teléfono portátil a los sistemas electrónicos del vehículo	197
<i>Figura 4.47</i>	Ejemplo de comunicación vía satélite	198

<i>Figura 4.48</i>	Ejemplo de interacción y control de la transmisión multimedia DAB/DVB	199
<i>Figura 4.49</i>	Ejemplo de router inalámbrico comercial (Cisco 3200) para proporcionar conexión WiFi a los vehículos	200
<i>Figura 4.50</i>	Diagrama de bloques general del funcionamiento de e-call	201
<i>Figura 4.51</i>	Interfaz hombre-máquina desarrollada dentro del proyecto "Hand Shope Switch"	203
<i>Figura 4.52</i>	Solución del proyecto "Hand Shope Switch" para ayuda a la conducción. (a) detección de líneas de borde de la calzada, (b) detección de peatones	204
<i>Figura 4.53</i>	Diagrama de bloques del proceso de diagnóstico inteligente	207
<i>Figura 4.54</i>	Diagrama Simulink para el modelado del sistema ABS implantado por Toyota	210
<i>Figura 4.55</i>	Arquitectura de diagnóstico distribuida basada en sistema multi-agente	215
<i>Figura 4.56</i>	Funciones e intercambio de información entre agentes de la arquitectura de diagnóstico distribuida	216
<i>Figura 4.57</i>	Ejemplos de emulación del comportamiento del vehículo en condiciones reales de uso	218
<i>Figura 4.58</i>	Banco de pruebas para validación del modelo contrastando resultados experimentales y obtenidos por el sistema de emulación, en las mismas condiciones de ensayo	219
<i>Figura 4.59</i>	Ejemplo de evaluación de un ECU en el sistema de emulación (Hardware in the Loop) y, posteriormente, en el propio vehículo	219
<i>Figura 4.60</i>	Evaluación del comportamiento de varios ECUs en una red de bus CAN emulada	220
<i>Figura 4.61</i>	VW-Phaeton-virtual car	220
<i>Figura 4.62</i>	Ejemplo de emulador en el ensayo de un sistema Steer-by-wire	221

<i>Figura 4.63</i>	Elementos integrados en el emulador para diagnóstico y calibración de un ECU en condiciones de evitación de colisiones	222
<i>Figura 4.64</i>	Posibles enlaces y tipos de comunicación en un servicio de diagnóstico remota	225
<i>Figura 4.65</i>	Clasificación de los diferentes tipos de diagnóstico remoto	227
<i>Figura 4.66</i>	Modelo de negocio para los servicios telemáticos del sector automovilístico	228
<i>Figura 4.67</i>	Interconexión modular entre equipos de diagnóstico y el sistema electrónico del vehículo	231
<i>Figura 4.68</i>	Distintos protocolos de comunicación de los dispositivos involucrados en la diagnosis	232
<i>Figura 4.69</i>	Ejemplo de comunicación inalámbrica entre un vehículo, scantool y centro de datos remoto	233
<i>Figura 4.70</i>	Elemento que posibilita el acceso inalámbrico entre el vehículo y otro dispositivo	234
<i>Figura 4.71</i>	Distintas posibilidades de comunicación inalámbrica desde un vehículo	235
<i>Figura 4.72</i>	Posibles formas de acceso desde el vehículo y redes de comunicación involucradas	236
<i>Figura 4.73</i>	Comunicación de datos desde los diferentes agentes hasta el centro de tratamiento de los datos	237
<i>Figura 4.74</i>	Ejemplo sencillo de localización de camiones de una empresa logística	238
<i>Figura 4.75</i>	Servicios de diagnóstico y calibración en el entorno de una línea de fabricación	239
<i>Figura 4.76</i>	Arquitectura de comunicación abierta a diferentes áreas de aplicación	241
<i>Figura 4.77</i>	Panel de información visual de Audi Telematics	243
<i>Figura 4.78</i>	Fotografía del sistema NaviDrive de Citroën	244
<i>Figura 4.79</i>	Sistema OnStar desarrollado y comercializado por General Motors	245

<i>Figura 4.80</i>	Diferentes funcionalidades agrupadas en el servicio ofrecido por Nissan CarWings	246
<i>Figura 4.81</i>	Sistema de telediagnóstico diseñado por DoCoMo en Japón	247
<i>Figura V.1</i>	Diferentes equipos de diagnosis electrónica para el automóvil de Bosch	313
<i>Figura V.2</i>	Enlace de comunicación entre equipos de diagnosis y PC	314
<i>Figura V.3</i>	Utilidades que conforman la herramientas software ESI[tronic] de Bosch	315
<i>Figura V.4</i>	Utilidades integradas para el diagnóstico y localización de averías de unidades de control	316
<i>Figura V.5</i>	Menú principal de ESI-Tronic	316
<i>Figura V.6</i>	Selección del fabricante y módulo de control electrónico de mando	317
<i>Figura V.7</i>	Diferentes acciones a realizar sobre una ECU	317
<i>Figura V.8</i>	Información sobre el conexionado a realizar para medidas de tensión y/o corriente	318
<i>Figura V.9</i>	Gráficas con información de diferentes sensores en tiempo real	318
<i>Figura V.10</i>	Errores almacenados en la memoria de fallos del ECU	319
<i>Figura V.11</i>	Resultados del chequeo automático de la unidad de control electrónico bajo prueba	319
<i>Figura V.12</i>	Equipo de diagnosis Bosch KTS 650	320
<i>Figura V.13</i>	Equipo de diagnosis FSA 750	322
<i>Figura V.14</i>	Equipo de enlace de comunicación KTS 550	322
<i>Figura V.15</i>	Cables y conectores que permiten al equipo de diagnosis cualquier conexión	323

Índice de tablas

Tabla 2.1:	Ejemplos de códigos de fallo (DTC)
Tabla 2.2:	Buses más ampliamente utilizados por los fabricantes de los automóviles
Tabla 2.3:	Clases de enlaces de datos estandarizadas
Tabla 2.4:	Aplicación del Protocolo Clase A
Tabla 2.5:	Aplicación del Protocolo Clase B
Tabla 2.6:	Aplicación del Protocolo Clase C
Tabla 2.7:	Aplicación del Protocolo Emissions/Diagnostics
Tabla 2.8:	Aplicación del Protocolo Mobile Media
Tabla 2.9:	Aplicación del Protocolo X-by-Wire
Tabla 2.10:	Estándares utilizados en las redes de comunicación internas
Tabla 2.11:	Asignaciones de pines del conector J1962 según diferentes fabricantes
Tabla 2.12:	Estándares SAE de aplicación en la diagnosis del automóvil
Tabla 2.13:	Estándares ISO de aplicación a la diagnosis del automóvil
Tabla 4.1	Matriz de diagnosis obtenida en una prueba del sistema ABS comentado
Tabla 4.2	Soluciones telemáticas de diagnosis ofrecidas por diferentes fabricantes

Tabla I.1	Tipo de ECU, funcionamiento e imagen de la misma
Tabla II.1	ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos Mercedes
Tabla II.2	ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos BMW
Tabla II.3	ECUs dedicadas al control del sistema de chasis para diferentes modelos BMW
Tabla II.4	ECUs dedicadas al control del cuerpo del automóvil para diferentes modelos BMW
Tabla II.5	ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos Mercedes
Tabla II.6	ECUs dedicadas al control del cuerpo (Body)
Tabla II.7	ECUs dedicadas al control del sistema de información y comunicación
Tabla II.8	ECUs dedicadas al control de sistemas de confort
Tabla III.1	Códigos de diagnóstico de fallo DTC relacionados con el tren motriz
Tabla V.1	Vehículos soportados por la herramienta d e diagnosis ESI[tronic] de Bosch
Tabla VI.1	Nomenclatura relacionada con la diagnosis del automóvil

I. Resumen

Este documento es el resultado del trabajo de investigación realizado dentro del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá en colaboración con la Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA), con el objetivo global de tener una información precisa sobre los sistemas electrónicos de diagnóstico en el sector del automóvil.

El interés del tema se justifica por la creciente demanda de todos los agentes del sector del automóvil por alcanzar cada vez cotas mayores en los cuatro aspectos más importantes dentro del sector del transporte: fiabilidad (*Reliability*), disponibilidad (*Availability*) mantenibilidad (*Mantenibility*) y seguridad (*Safety*). En la mejora de estos cuatro aspectos juegan un papel fundamental los sistemas de diagnóstico ya que no solamente permiten hacer un mantenimiento preventivo y facilitan la detección de averías y su reparación, sino que también permiten evaluar e introducir mejoras con vistas a los futuros diseños. Además, la vertiginosa evolución de las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TICs), y su creciente incorporación en el automóvil, hacen prever que la diagnosis electrónica del futuro sufrirá una importante evolución en aras a conseguir mayores prestaciones en

seguridad, disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad. Con la integración masiva de las TICs en el automóvil se abren nuevas perspectivas en las prestaciones, pero al mismo tiempo también se abren nuevas necesidades de comprobación permanente y en tiempo real de muchos de los subsistemas que componen un vehículo con el fin de que el usuario y las firmas comerciales tengan información puntual de su estado de funcionamiento. Con ello se evitará, en la medida de lo posible, situaciones de riesgo, aumentará la disponibilidad y confortabilidad, y conseguirá un menor impacto ambiental en cualquiera de sus posibles manifestaciones.

Todo ello justifica la realización de un estudio como el que aquí se presenta y que debe permitir obtener conclusiones claras acerca de las necesidades de diagnóstico de futuro y de las diferentes alternativas de soluciones que se están planteando, aprovechando las tendencias y evoluciones de los sistemas sensoriales, sistemas de control electrónico, sistemas de comunicaciones locales y a distancia (alámbricos e inalámbricos), sistemas de almacenamiento de datos, herramientas software para tratamiento de datos, etc.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, el estudio que aquí se presenta se ha estructurado en cuatro grandes bloques. Así se comienza con una breve reseña sobre los antecedentes de la diagnosis en el sector del automóvil, se realiza una revisión sobre la evolución que ha sufrido la diagnosis, se presentan los aspectos más importantes de los sistemas de diagnosis actuales, y finalmente se realiza un estudio describiendo las tendencias que se están planteando a corto, medio y largo plazo, así como algunas propuestas de investigación desarrollo e innovación tecnológica en el ámbito de la electrónica que pueden contribuir a seguir mejorando la diagnosis del automóvil.

1.1 Objetivos y alcance del estudio

Para alcanzar los objetivos generales planteados se han definido

diferentes objetivos concretos, con los que se trata de abordar todos los aspectos relacionados con los subsistemas electrónicos, los sistemas de comunicación y las herramientas que tienen incidencia directa o indirecta en la diagnosis. Todo ello será abordado tanto desde el punto de vista de las funciones y prestaciones que realizan, como desde el punto de su evolución en el tiempo, con especial incidencia en las soluciones actuales y futuras. Los objetivos concretos pueden resumirse en:

- Revisión de la evolución histórica de la diagnosis electrónica, interna o de a bordo (*on-board*) y externa (*off-board*). Estudio de los cambios experimentados tanto por los equipos electrónicos como por las redes de comunicación industrial que los soportan, estableciendo la línea de continuidad entre los sistemas más primitivos (diagnosis visual) y los más evolucionados (diagnosis remota). Recopilación de los estándares y normativas aplicables al sector del automóvil y especialmente los concernientes a la diagnosis electrónica.
- Descripción del estado actual de la diagnosis electrónica, en su versión de a bordo o interna (responsabilidad de cada fabricante de vehículos) y en su versión externa (evaluando las soluciones comerciales más conocidas). Concretamente se analizan:
 - Los elementos clave de los sistemas actuales de diagnosis interna: Unidades de Control Electrónicas o ECUs, bus CAN como sistema de comunicación estandarizado, y lámparas de test indicadoras de mal funcionamiento. También se analizan las tecnologías de decisión más implantadas para explicar cómo se diagnostica a partir de los resultados de los sensores conectados en red.
 - Las herramientas básicas de diagnosis externa (*off-board*): *ScanTool*. Su modo de interconexión al bus interno del

automóvil y, una vez registrados los datos, su modo de procesamiento externo. Por estar estas herramientas menos ligadas a marcas exclusivas de fabricantes de automóviles, se hace un estudio comparativo de diferentes equipos disponibles actualmente en el mercado, tomando como referencia los estándares y normativas vigentes en Europa y USA. A modo de ejemplo se describen dos ScanTools de Bosch: KTS 650 y FSA 750.

- Perspectivas futuras a corto y medio plazo en la diagnosis electrónica, tanto de equipos de supervisión y control embarcados como de sistemas de comunicación inalámbrica con los centros remotos especializados. A partir de las tendencias de los nuevos estándares y de la prospectiva de mercado ya publicada en estudios especializados, se plantean líneas de actuación a largo plazo en la diagnosis del automóvil (algunas a nivel de investigación), y las tecnologías de la información y comunicación que pueden soportar la solución a las necesidades detectadas. Se hace hincapié en las prestaciones demandadas por usuarios y personal de mantenimiento de los vehículos del futuro, especialmente en lo concerniente al campo de la diagnosis.

Siguiendo el concepto de “benchmarking” [Dbench, 2004] aplicado a la diagnosis electrónica del automóvil, se registran y evalúan el conjunto de técnicas disponibles para el desarrollo de la diagnosis, ampliamente aceptadas en el sector del automóvil y acordes con los estándares vigentes. Por último, se plantean las conclusiones del trabajo realizado en torno al estado tecnológico actual y perspectivas futuras de la diagnosis embarcada y externa. Además se proponen líneas futuras de actuación desde el punto de vista de Investigación Desarrollo e Innovación (I+D+i) en el ámbito de la diagnosis electrónica

1.2 Antecedentes de la diagnosis del automóvil

El sector del automóvil es uno de los que experimenta cada año un mayor crecimiento. Unos buenos ejemplos de ello son el volumen de ventas alcanzado en el 2004, con casi 1,5 millones de turismos, y el incremento en la matriculación media de vehículos en enero de 2005 [Anfac, 2005] que superó el 11%.

Este creciente aumento en el número de vehículos que circulan unido a las mayores demandas de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, y seguridad por una parte, y menor siniestralidad y contaminación ambiental por otra, son las razones fundamentales que preocupan a todos los agentes implicados en el sector del automóvil. El buen estado del vehículo sigue siendo objeto de debate en los diferentes foros nacionales e internacionales, de ahí el interés por seguir trabajando en la diagnosis integral desde la fase de diseño hasta que queda fuera de circulación.

Hasta los años 70 la diagnosis y mantenimiento de los vehículos eran comúnmente realizados por su propietario o en pequeños talleres mecánicos donde la estrategia común consistía en comprobar lo que funcionaba correctamente para detectar fallos. En la Figura 1.1 se muestra un ejemplo ilustrativo de la diagnosis y mantenimiento que se realizaban entre los años 40 a 70. Sin embargo, la preocupación por disminuir la contaminación y aumentar el rendimiento de los motores, entre otros, ha desembocado en sofisticados y complejos sistemas de control de los mismos, lo que lleva asociada la necesidad de contar con equipos y profesionales especializados en el mantenimiento y la reparación.

Las tecnologías y conceptos asociados a la diagnosis han ido evolucionando con el tiempo, en la medida en que lo han hecho las tecnologías del automóvil. En este sentido, la evolución de la diagnosis del automóvil ha pasado por diferentes etapas, que van desde unas sencillas y simples pruebas rutinarias de las piezas más importantes,

donde los medios materiales utilizados eran escasos y por tanto el factor humano era fundamental, hasta los actuales sistemas de “diagnos-
 sis integral” en los que las nuevas tecnologías tienen una incidencia importante. Entendiendo por diagnóstico integral “la verificación y eva-
 luación del funcionamiento del conjunto de sistemas del vehículo
 basadas en pruebas objetivas con la amplitud y precisión máximas
 que permiten las tecnologías de ensayo y verificación actuales, aten-
 diendo a las restricciones que imponen el coste, el tiempo máximo
 dedicado al conjunto de las pruebas y la mínima intrusión en los ele-
 mentos mecánicos del vehículo” [Aparicio, 2003]. La diagnosis integral
 trata de determinar el estado del vehículo respecto a sus condiciones
 originales con vistas a evaluar el grado de conservación de la motori-
 zación, seguridad y emisiones contaminantes. De esta forma no sola-
 mente se facilita el mantenimiento preventivo y correctivo del
 mismo, sino que además se registran las incidencias en aras de mejo-
 rar los futuros diseños.

*Figura 1.1
 Ejemplo de diagnosis
 del automóvil
 realizada en los
 primeros
 años (1940-70).*



Nacimiento
 de la diagnosis
 en taller

Estrategia:
 averiguar lo que falla
 verificando lo que
 funciona
 correctamente.

El concepto de diagnóstico integral del automóvil incluye múltiples aspectos, si bien todos ellos se pueden resumir en seis grandes bloques o áreas:

- Propulsión, incluyendo análisis de potencia, transmisión y emisiones;
- Neumáticos, suspensión y dirección adecuados para garantizar la conducción y control ante cualquier tipo de firme;
- Frenos suficientes y efectivos que no comprometan la estabilidad y maniobrabilidad;
- Mecánica general y accesorios necesarios para proporcionar las mejores condiciones de confort, información y gobernabilidad;
- Carrocería dentro de los márgenes permitidos para asegurar la integridad dimensional y estructural; y
- Sistemas eléctricos y electrónicos, pues cada vez tienen un mayor protagonismo dentro del vehículo actual, tanto en la gestión del motor como en los elementos de seguridad y confort.

Para cada una de estas áreas se han definido y previsto pautas de inspección, equipamiento e instalaciones, así como metodologías y procedimientos de prueba y ensayo.

La incorporación de nuevas tecnologías en el automóvil está contribuyendo a mejorar aspectos de seguridad, disponibilidad, mantenibilidad, fiabilidad, contaminación medioambiental, etc. Sin embargo, la aparición de nuevos componentes, electrónicos o no, supone un incremento de potenciales fuentes de fallo desconocidas hasta ahora. Por tanto, se ha de seguir siendo cautelosos con las consecuencias sociales y económicas derivadas del equipamiento “de última generación” con que se dota a los actuales vehículos. Cautela que obliga a modernizar y sistematizar los procesos de diagnóstico, parte de

los cuales tienden a llevarse a cabo durante el funcionamiento habitual del vehículo de forma remota.

1.3 Introducción a la diagnosis electrónica

En los vehículos modernos la electrónica desempeña un papel dominante, bien como sistema de control, de ayuda a la conducción o asociada a los múltiples accesorios puestos a disposición del usuario. Esta sofisticación de los vehículos, tanto automóviles como de aplicación industrial, exige la incorporación de sistemas electrónicos cada vez más “inteligentes”, que monitoricen continuamente el estado del mismo y diagnostiquen (prevengan, detecten, almacenen y, si es posible, propongan soluciones) fácil y rápidamente los posibles fallos.

*Figura 1.2
Ejemplo
de vehículo
de 1895.*



Los sistemas de diagnosis electrónica incorporan tanto elementos de hardware (tarjetas electrónicas o ECUs –Electronic Control Unit– y buses de comunicación) como de software (algoritmos de supervisión e interpretación de las múltiples señales implicadas).

Desde las primeras versiones de automóviles de finales del siglo XIX (véase Figura 1.2) los sistemas de diagnóstico han evolucionado en consonancia con el resto de sistemas del automóvil. Los primeros sistemas se diseñaron para registrar los fallos o funcionamientos defectuosos a fin de facilitar su solución en talleres especializados ahorrando tiempo y mejorando la fiabilidad en los resultados. Pero aquellos rudimentarios sistemas de diagnóstico han evolucionando de forma paulatina consiguiendo diferentes objetivos que van desde el pronóstico en la detección de problemas, hasta el envío de información a centros remotos especializados y la recepción e implantación in-situ de soluciones.

Actualmente los sistemas de diagnóstico electrónica se pueden clasificar en dos grandes categorías:

- Sistemas de a bordo o internos (*On-board Diagnosis Systems*)
- Sistemas externos (*Off-board Diagnosis Systems*)

En referencias como [Gray, 2000] se reconoce la diagnosis de a bordo por las siglas OBD y a los sistemas de diagnosis externos por OFBD, sin embargo existen autores [Bremen, 2000] que incluyen ambos sistemas bajo las siglas OBD. En cualquier caso, esta terminología se utiliza en sentido amplio para abordar la detección de fallos de componentes o mal funcionamiento de algún elemento causando un problema en el sistema de control del vehículo, o en sentido más restringido para referirse a la legislación relacionada con pruebas y registros de emisión de gases contaminantes por el tubo de escape .

Los sistemas *On-board*, soportados por microcontroladores incorporados en el vehículo, están pensados para cierto tipo de anomalías básicas (bajo nivel de combustible, problemas en el sistema de refrigeración, puertas mal cerradas, kilómetros recomendados hasta la próxima revisión, etc.) realizando un “auto-diagnóstico” limitado. La

electrónica embarcada (ECUs) se encarga del registro y supervisión continua o periódica de los múltiples sensores (entradas del sistema) y actuadores (salidas del sistema) que incorporan los vehículos convencionales para informar al conductor del estado del coche y registrar los agentes causantes de los fallos. El flujo de información entre los elementos de sensado y actuación (ECUs) y los centros de control (microcontroladores) se realiza a través de buses de comunicación estándar (CAN -Controller Area Network).

En cambio, los sistemas *Off-board* son unidades externas de procesamiento que requieren de equipamiento hardware (equipos portátiles o fijos y su interfaz de conexión al vehículo) y software (herramientas Scantool de test y propuesta de soluciones) más complejos, capaces de proporcionar una “radiografía” completa del estado del vehículo que facilita las tareas de test, mantenimiento preventivo y

Figura 1.3
Configuración general
de un sistema completo
de diagnosis electrónica.



reparación de averías. Los sistemas *off-board* clásicos, disponibles en talleres especializados (no sólo en los concesionarios), se conectan mediante un cable específico al propio sistema *On-board* del vehículo, de forma que realizan la tarea de auténticos expertos en identificación de fallos o anomalías de funcionamiento, así como la toma de decisiones para su reposición.

En la Figura 1.3 se muestra la estructura global de un sistema de diagnóstico actual. Como se puede observar se contemplan las dos alternativas de diagnóstico, de a bordo y externa, y un total de tres subsistemas clave [Mogi, 2000]:

- Registro, codificación y visualización de los códigos de fallos detectados por el sistema de a bordo proporcionando una información visual de la diagnosis de a bordo, mediante lámparas y/o pantalla de presentación.
- Conexión externa de equipos para diagnosis en el propio vehículo (*on-line diagnostic system*)
- Diagnosis externa realizada mediante sistemas expertos o humanos a partir de los datos previamente registrados (*off-line diagnostic system*) y enviados a un sistema remoto destinado a este fin.

2. Evolución de la Diagnóstico electrónica

En este punto se va a abordar la evolución de la diagnóstico electrónica, centrando el estudio fundamentalmente en los últimos veinticinco años, ya que es a partir de los años 80 cuando la diagnóstico electrónica empieza a tomar cierto protagonismo dentro del sector del automóvil. Dentro de las diferentes características que se pueden contemplar y que han caracterizado a cada una de las propuestas realizadas a lo largo de estos veinticinco años, se hace aquí hincapié en aquellos aspectos más significativos relacionados con la diagnóstico de a bordo y externa; así como las prestaciones, equipos y herramientas utilizadas en cada momento.

2.1 Aspectos generales

Como ya se ha comentado, la diagnóstico de automóviles se puede clasificar en dos grandes bloques: diagnóstico interna o de a bordo (*on-board*) y diagnóstico externa (*off-board*), tal como se mostró en la Figura 1.3. Ambas no son excluyentes sino que se complementan; si bien en la medida en que una de ellas adquiere mayor nivel de complejidad y aporta mayores prestaciones la otra tiende a simplificarse y a reducir capacidad de acción.

En lo que se refiere a la evolución temporal de la diagnosis del automóvil se pueden distinguir diferentes etapas o generaciones, tanto en el caso de diagnosis interna como externa. En la Figura 2.1 se muestra una gráfica de la evolución de ambos tipos de diagnosis. Como se puede observar a medida que aumenta la complejidad de la diagnosis interna se reduce la dificultad para realizar una diagnosis remota. También se puede observar que cara al futuro la tendencia es

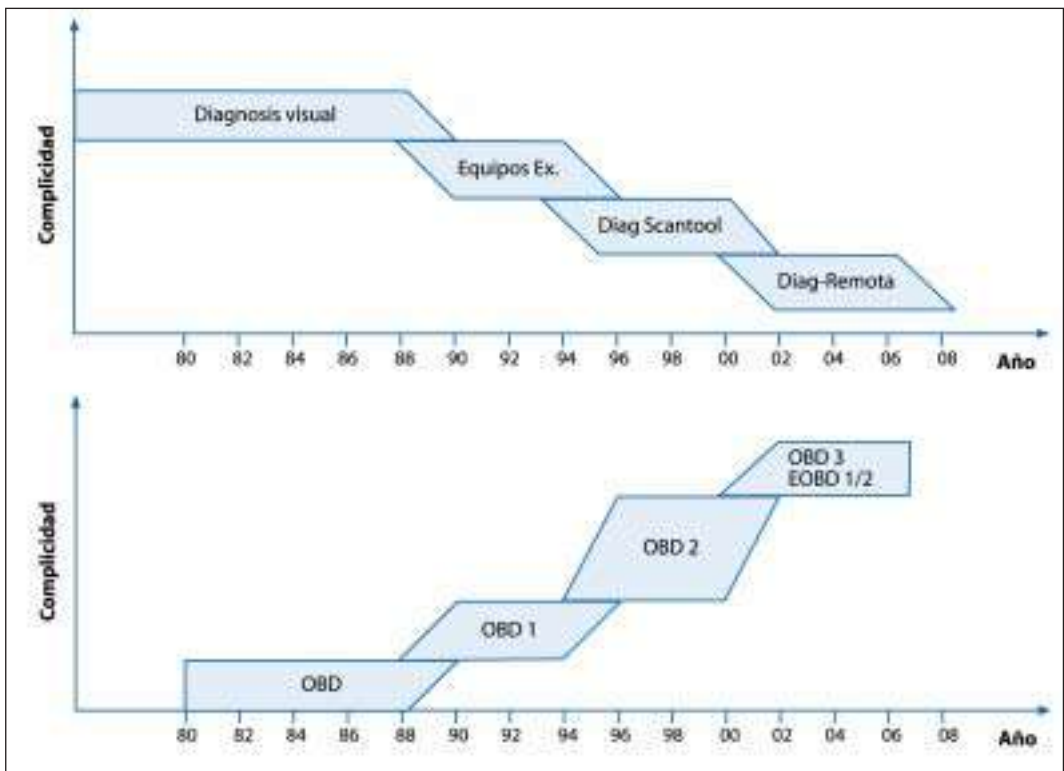


Figura 2.1
Etapas significativas en la evolución de la diagnosis estandarizada de los automóviles.
(a) Diagnosis externa (off-board). (b) Diagnosis de a bordo (on-board)

incrementar los sistemas electrónicos (ECUs) embarcados en vehículos y con ello su complejidad, lo que facilitará la diagnosis embarcada. Al mismo tiempo, se facilitará y ampliará la información desde el vehículo hacia el exterior, lo que reducirá la complejidad de la diagnosis externa.. La Figura 2.1 muestra cómo hasta los años 80 la diagnosis de los automóviles se realizaba casi exclusivamente en los talleres mecánicos (diagnosis visual), y dada la escasa incorporación de sistemas

electrónicos en los vehículos, la diagnosis de a bordo carecía de sentido. Por aquellas fechas no estaba estandarizada la diagnosis interna y tampoco los fabricantes estaban obligados a incorporar sistemas electrónicos para realizarla. La misión del sistema de diagnosis de a bordo era informar al conductor de algunas anomalías, tales como el estado del motor (temperatura, nivel de aceite) y nivel de combustible, pero nada al respecto del estado sobre los diferentes elementos que incorporaban los vehículos.

A continuación se realiza una breve descripción de las características más significativas que han caracterizado las diferentes fases en la evolución temporal de la diagnosis externa e interna.

2.1.1 Alternativas de la diagnosis externa (*off-board*)

El concepto de diagnosis externa (*off-board*) es la de detectar fallos utilizando la experiencia personal en la diagnosis de cada taller, mediante equipos especializados que se aplican al vehículo y, en la medida de lo posible, aprovechan la información de los sistemas electrónicos (ECU's) embarcados en los vehículos. Dependiendo del nivel de incorporación de sistemas electrónicos de a bordo, la diagnosis *off-board* tiene diferentes cometidos. En este sentido se pueden diferenciar cuatro niveles de diagnosis: visual (utilizando únicamente la experiencia humana), manual asistida por equipos tradicionales (medidor de corriente, gas, etc.), automática mediante equipos que se conectan al vehículo (*on-line* utilizando *Scantools*), automática remota (*off-line* sin conexión alámbrica).

Diagnosis visual

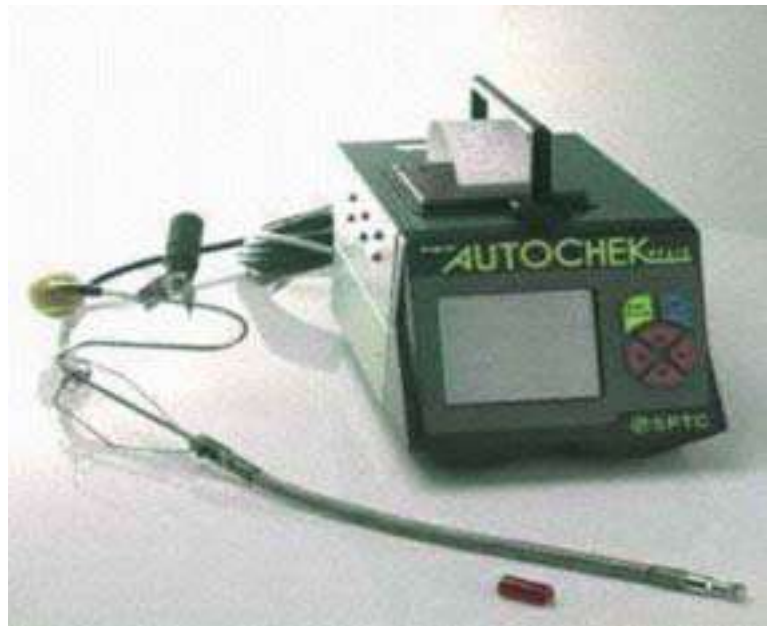
Esta alternativa de diagnosis fue utilizada ampliamente antes de los años 80 y se caracterizaba por la detección de fallos y la reparación de los mismos utilizando la experiencia personal en este campo. La reparación de los automóviles se llevaba a cabo mediante el método

ensayo y error (comprobar módulos y cambiar los defectuosos). Es decir, los talleres cambian o reparan la parte sospechosa de causar el fallo y posteriormente se analizan los resultados del cambio.

Diagnosis apoyada por equipos tradicionales de medida

Es evidente que la utilización exclusiva de la diagnosis visual puede generar retrasos importantes en la reparación, ya que su eficacia depende en gran medida de la experiencia personal del técnico encargado de la detección y reparación. Ésta es una de las razones que impulsó la utilización de equipos externos para ayudar a la realización de la diagnosis en los talleres mecánicos, utilizando para ello equipos externos no integrados en los sistemas electrónicos que incorporan los vehículos (amperímetro, voltímetro, vatímetro, gasómetro, etc.). Un ejemplo de este tipo de diagnosis es la detección de emisión de gases que se realiza con sensores externos (véase Figura 2.2) para detectar el mal funcionamiento del motor, determinando el porcentaje de emisión de gases.

*Figura 2.2
Ejemplo de equipo con
sensores externos
utilizados en la
diagnosis externa
aplicada a la detección
de fallos en los
automóviles*



Diagnosis automática mediante Scantool

Este tipo de diagnóstico se caracteriza por la utilización de equipos fijos o portátiles que se conectan a un terminal específico del automóvil (terminal OBD) para el registro de información de diagnóstico. Estos equipos se conocen como *Scantools* y están diseñados para, al menos, leer los códigos de error relativos a los fallos ocurridos en el vehículo. Tales códigos van siendo almacenados en una unidad electrónica (unidad central) a bordo del vehículo (véase Figura 2.3) a medida que se van detectando fallos en el mismo. Por tanto, este tipo de diagnóstico se apoya, en gran medida, en los sistemas electrónicos (ECUs) que incorporan los vehículos.

Las herramientas de diagnóstico externa *Scantool* permiten, además, otro tipo de soporte al técnico del taller, como por ejemplo algunas tareas de mantenimiento, ajuste y/o calibración de ECUs, etc.



*Figura 2.3
Ejemplo de diagnosis
externa utilizando
Scantool*

Diagnosis remota

La diagnosis remota (*off-board* y *off-line*) se caracteriza por la ausencia de contacto cableado entre el vehículo y el sistema externo

de procesamiento (Centro de Asistencia al Cliente) de los códigos de fallo. Este centro remoto se encargará de analizar el código y tomar la decisión de las pruebas y los cambios que deben realizarse en el taller, e incluso tendrá capacidad de realizar ajustes y/o mantenimiento desde dicho centro de asistencia. La diagnosis remota tendrá un claro protagonismo en el futuro.

La Figura 2.4 muestra lo que se denomina diagnosis remota donde aparecen dos tipos de conectividades.

La primera se refiere a la comunicación entre los sistemas de a bordo del vehículo y los talleres utilizando enlaces de comunicación vía radio. Además incluye la comunicación vía Internet (ISDN/ADSL) entre los talleres y el servicio de diagnosis del fabricante del vehículo para intercambiar datos tales como, tipo de fallo, pruebas adecuadas de diagnosis adicional, posibles soluciones, etc.

La segunda parte, se refiere a la comunicación directa entre los automóviles y el servicio de diagnosis del fabricante del vehículo utilizando enlaces de comunicación vía satélite (GSM/GPRS/UMTS). Dicho enlace da la oportunidad de tener datos sobre los fallos ocurridos en los automóviles antes de recibir la información sobre el estado del vehículo a través de los talleres, lo cual reduce el tiempo necesario para llevar a cabo la reparación del mismo. Además puede proporcionar otros servicios como localización del taller más cercano, centros de repuestos, etc.

2.1.2 Diagnosis interna (*on-board*)

En este caso (*on-board*) la diagnosis se encarga de la detección de los fallos de los subsistemas incluidos en los automóviles (ABS, TCS, Airbag, Inyección, etc.) dotados de unidades de control electrónico (ECU). Los ECUs se diseñan para intercambiar información a través de un bus especial de comunicaciones, entre sí y con una unidad central a la que se conectará el dispositivo de diagnosis externa. Como parece evidente, las prestaciones de la diagnosis *on-board* son diferentes



Figura 2.4
Diagrama de bloques
ilustrativo de la
diagnosis remota (off-
line)

dependiendo de la fecha de su desarrollo, ya que está estrechamente ligada a la evolución de las ECUs, como se comentará en capítulos posteriores.

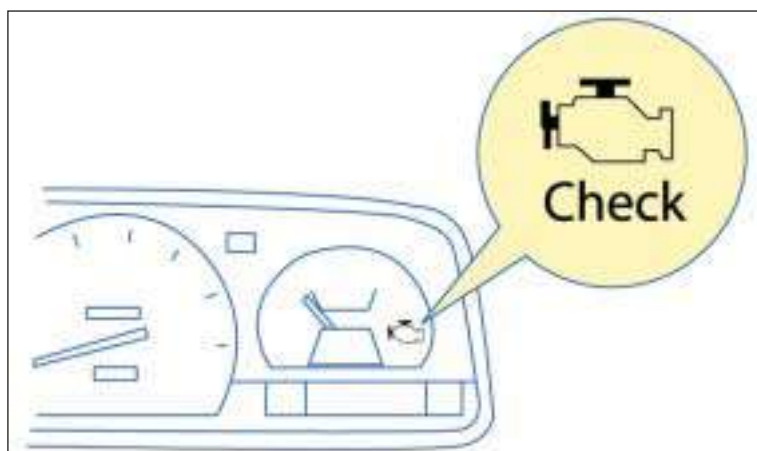
La diagnosis de a bordo se puede decir que nace a inicios de los años 80 (si bien las investigaciones habían comenzado en los años 70), cuando los fabricantes de automóviles empiezan a incorporar dispositivos electrónicos embarcados para realizar las funciones de control del motor. La razón fundamental que forzó esta incorporación de dispositivos electrónicos fue la de tener que cumplir con los requerimientos de la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA) de los Estados Unidos. Para cumplir con el estándar, los fabricantes de automóviles incorporaron motores de inyección electrónica, y con ellos se fueron integrando diferentes sensores para medir el comportamiento de los motores y ajustar, en lo posible, su funcionamiento para lograr la mínima polución.

La complejidad creciente de la tecnología del automóvil y el avance de la tecnología electrónica hizo que los fabricantes desarrollaran nuevas estrategias y soluciones para diagnosticar eficazmente los problemas y fallos de las diferentes piezas

A mediados de 1980 organismos reguladores como la Sociedad de Ingenieros de Automóviles (SAE) de USA, empezaron a considerar que la diagnosis de a bordo o interna (On Board Diagnostic) debía contribuir a la reducción de las emisiones de gases producidas por ciertos fallos causados en los automóviles. Por esta razón, fundamentalmente, decidieron definir estándares que los fabricantes de los automóviles debían tener en cuenta para llevar a cabo la diagnosis a través de la lectura de una memoria de fallos embarcada, y además poder chequear el estado de funcionamiento de los ECU's.

Junto con todo esto, se obligó a dotar a los automóviles de indicadores luminosos normalizados (**M**alfunction **I**ndicator **L**amp - MIL) (véase Figura 2.5) para informar al conductor de la existencia de alguna anomalía. Dichas lámparas indican la existencia de un fallo, pero no la fuente del mismo.

Figura 2.5
Ejemplo de lámpara
indicadora del mal
funcionamiento (MIL),
estandarizado para OBD



2.2 Evolución de estándares OBD

A continuación se detallan las diferentes generaciones estandarizadas relativas a la diagnosis del automóvil, conocidas como OBDs

(On Board Diagnostic), que nacieron en USA y se extienden a Europa y Asia con denominaciones similares. En definitiva son normas aceptadas e implantadas (algunas en fase de desarrollo) por los diversos fabricantes de automóviles con proyección internacional.

2.2.1 Primera generación de diagnóstico de a bordo (OBD-I)

La primera generación de diagnóstico de a bordo data de los comienzos del año 1987, cuando todas las nuevas producciones de vehículos vendidos en California (USA) estaban obligados a incorporar equipos electrónicos que dieran respuesta a las demandas realizadas por las organizaciones americanas EPA (Environmental Protection Agency) y SAE (Society Automobile Engineering). El objetivo subyacente de dicha diagnosis era minimizar la contaminación atmosférica producida por el parque automovilístico, si bien otros objetivos de gran importancia fueron considerados en la diagnosis, como por ejemplo el de poder notificar a los conductores el estado de su vehículo.

Con estos precedentes, en 1988 CARB (California Air Resources Board) definió los requisitos de la primera generación de diagnóstico de a bordo (OBD-I). De forma resumida estos requisitos eran:

- Incorporar indicadores luminosos (MIL) de fallos para informar al conductor de la existencia de algún tipo de fallo en el vehículo.
- Disponer de un manual de interpretación de códigos de fallos (*"on-board means"*), leídos de la memoria de a bordo del vehículo, para facilitar a los talleres la traducción de los códigos asociados a los componentes defectuosos.
- Monitorizar la emisión de los gases de escape y relacionar dicha emisión con los fallos de los componentes eléctricos que controlan el funcionamiento del motor. Además debía tener capacidad para almacenar en una memoria (que formaba parte del

ECU) a bordo del vehículo las incidencias relacionadas con los fallos.

De todo lo anterior se puede concluir que la primera generación de diagnosis de a bordo (OBD-I) fue fundamentalmente concebida para ser aplicada a todos los sistemas que ante un funcionamiento defectuoso contribuían a un incremento significativo de las emisiones de gases. Dentro de este grupo de sistemas se incluían:

- Todos los sensores importantes del motor: temperatura de refrigeración del motor (ECT - Engine Coolant Temperature), tem-

Figura 2.6
Aspectos más importantes incluidos en la diagnosis de a bordo de nivel I (OBD-I)



peratura interna del motor (IAT - Intake Air Temperature), posición de la mariposa (TP - Throttle Position), etc.

- El sistema de medida de nivel de combustible.
- Sistema de recirculación de los gases de escape (Recirculación de los gases completa, EGR - **Exhaust Gas Recirculation**)

En la Figura 2.6 se muestran de forma resumida los aspectos más importantes incluidos en el OBD-I.

En resumen, se puede concluir que la incorporación de la tecnología electrónica en el sector del automóvil permitió afrontar la necesidad de reducir la contaminación producida por los vehículos a motor, informar al conductor del estado de los mismos, y reducir en gran medida los tiempos para la detección de fallos.

2.2.2 Segunda generación de diagnóstico de a bordo (OBD-II)

La segunda generación de diagnóstico de a bordo (OBD-II) surge por la necesidad de mejorar las prestaciones de OBD-I. Siendo los grupos propios reguladores los que impulsaron nuevas mejoras, dando así lugar al nivel II de diagnóstico de a bordo (OBD-II). En la Figura 2.7 se muestran sus características generales, de los que cabe destacar:

- Mejorar la diagnosis de los datos que ofrece el sensor de oxígeno incluyendo la monitorización de la degradación y contaminación atendiendo a la frecuencia de conmutación y de los tiempos de conmutación “lean-rich” y “rich-lean”.
- La mayoría de los motores de combustión desplazan su calibración original para compensar los cambios en la presión atmosférica, la temperatura, la composición del combustible, las degradaciones de los componentes y otros muchos factores que se escapan del ámbito del presente estudio. Este com-

portamiento adaptativo es normal en tanto que se mantenga su operación dentro de los límites de diseño del sistema. El sistema OBD-II es el encargado de detectar un funcionamiento 'anormal' debido a que los parámetros de ajuste se han situado fuera de los límites de operación dados por el fabricante. En caso de que dichas condiciones se mantengan durante un tiempo con una duración mayor que la pre-definida, se genera y almacena en la memoria de fallos el código DTC correspondiente.

- Permite la detección de fallo del motor. Al utilizar una elevada frecuencia para recuperar la señal de posicionamiento del cigüeñal (Crankshaft), el módulo de control electrónico del motor ECM puede monitorizar de una forma muy precisa la variación de la velocidad del cigüeñal durante el movimiento de cada uno de los cilindros que conforman el motor. Cuando el motor tiene en marcha todos los cilindros y la explosión en cada uno de ellos es correcta, el cigüeñal acelera progresivamente con la explosión de cada uno de los cilindros. Cuando un cilindro tiene un comportamiento anómalo, la velocidad del cigüeñal no aumenta lo suficiente y se genera por tanto el DTC correspondiente.
- Se realiza la monitorización del sistema de catalización a través de un sensor de oxígeno en la salida del convertidor catalítico (Figura 2.8) lo que permite compararla con la del sensor de oxígeno principal instalado en la entrada. Además, se pueden comparar los resultados para determinar la eficiencia de la oxidación del catalizador.
- La monitorización del sensor de oxígeno conjuntamente con la anchura del pulso dado a la inyección en el momento en que el cilindro está siendo purgado permite la detección del oxígeno no quemado en la explosión. El módulo de control electrónico del motor ECM reduce el ancho del pulso de la inyec-

ción al comprobar que se reduce el oxígeno evaporado en la combustión para mejorar la eficiencia de la explosión.

- De esta forma, el ECM puede también detectar, y generar el código DTC relacionado, los fallos en el sistema de extracción

Segunda generación de diagnóstico de abordo OBD- 2



Figura 2.7
Características
generales de OBD-II.



Figura 2.8
Sensores adicionales
para la monitorización
del catalizador.

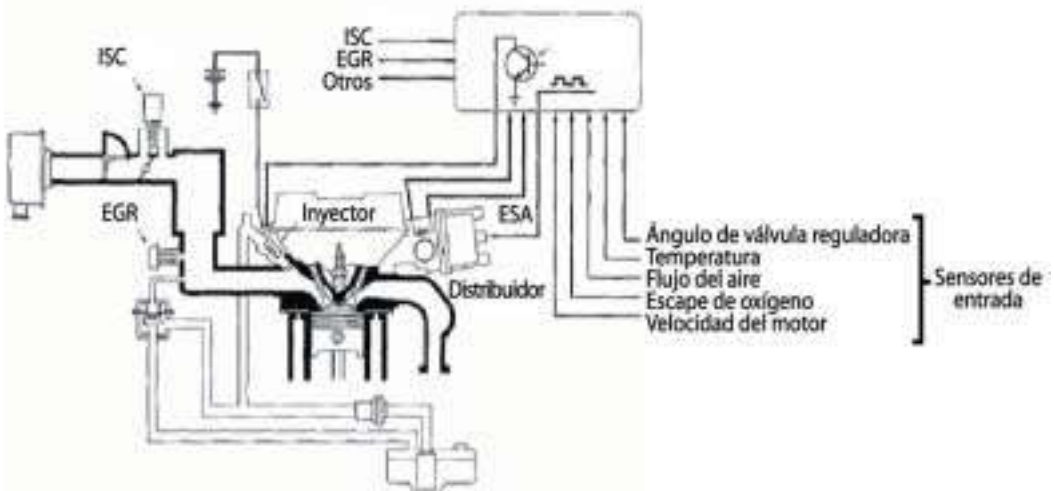
de los gases del cilindro después de la explosión. El sensor que mide la evaporación y los gases extraídos del cilindro tras la combustión se denomina EPFM (Evaporative Purge Flow Meter).

- Monitorización del sistema de aire secundario. En este caso el ECM monitoriza la respuesta del sensor de oxígeno y el ancho de pulso correspondiente en el sistema de inyección para determinar si el sistema de aire secundario funciona correctamente.
- *Scantools*. Al detectar los fallos ocurridos en los sistemas a bordo del vehículo se genera un código para representar cada fallo. Dicho código DTC se memoriza en una zona de históricos en el vehículo para ser mostrado utilizando un equipo de diagnóstico *off-line* denominado *Scantool*. Se recuperan del vehículo para su análisis por parte de un técnico especializado. Como elemento *scantool* puede utilizarse desde una PDA, hasta un PC-portátil, pasando por equipos *ad-hoc*, etc.

El segundo nivel de diagnóstico de a bordo (OBD-II) se impone de forma masiva a partir de 1996, estando los vehículos de turismo y de mercancías ligeros obligados a incorporar las nuevas funcionalidades. A modo de ejemplo, en la Figura 2.9 y Figura 2.10 se muestran algunos de los sensores y actuadores añadidos al sistema de inyección electrónico de combustible para realizar la diagnosis de a bordo (OBD-II) del mismo. Aquí la unidad de control electrónico recibe información de diversos sensores: flujo de aire, ángulo de cigüeñal, inte-

ruptor de arranque, sensores de velocidad, etc., y actúa enviando órdenes a los actuadores como la bobina de ignición, la válvula de control, etc.

Una particularidad de la segunda generación de diagnóstico de a bordo (OBD-II) es el requisito de que todos los sistemas y componentes relacionados con el sistema de expulsión de gases (escape) deben ser monitorizados para detectar cualquier funcionamiento anómalo en alguno de dichos sistemas o componentes, y que pudieran dar lugar a un incremento significativo en la emisión de gases nocivos



*Figura 2.9
Ejemplo de funcionalidad de la diagnosis de a bordo de la segunda generación (OBD-II). Sensores y actuadores incorporados en el sistema de inyección electrónica*

(Noxious exhaust-gas). Además, todos los componentes utilizados en el control del sistema de escape y los que afectan a la diagnosis deben ser monitorizados.

Los sistemas de diagnosis de segunda generación (OBD-II) se incorporaron de forma masiva en los vehículos desarrollados a partir de 1996.

Es evidente que OBD-II es una versión mejorada de su predecesor OBD-I. Los ECU's (ya más conocidos como ordenadores de a bordo) son los encargados de monitorizar el estado de los diferentes subsistemas que conforman el vehículo para identificar y definir los diferentes fallos; además son los ordenadores de a bordo los

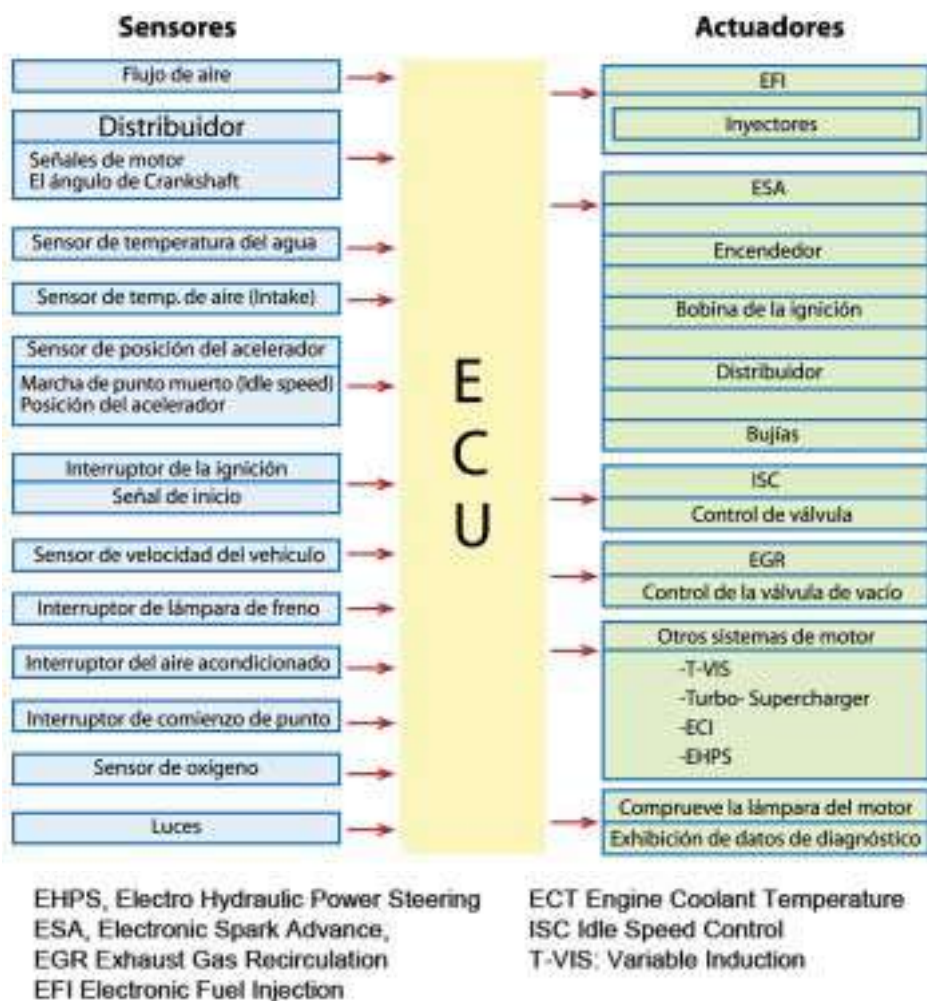


Figura 2.10
 Diagrama de bloques
 del sistema de inyección
 electrónica según el
 estándar OBD-II.

encargados de avisar al conductor (utilizando “displays”) del funcionamiento anómalo de alguno de los componentes del vehículo, y proporcionar los códigos identificativos del tipo de fallo y de los componentes defectuosos. Así, OBD-II advierte al conductor de los fallos mediante una luz de chequeo de motor (Check Engine Light), cuyo aspecto es similar al mostrado en la Figura 2.11. Los datos proporcionados por el OBD-II permiten determinar con precisión el componente específico que se ha estropeado, ahorrando de este modo tiempo y coste en su subsanación. Este ahorro es muy significativo si se compara con los métodos tradicionales utilizados en la

preparación del automóvil como el método de “comparar y cambiar” (*guess-and-replace repairs*).

Como se acaba de mostrar, la luz de chequeo de motor indica el mal funcionamiento de algunos de los componentes del vehículo. En concreto este sistema incluye tres tipos de presentación:

1. *Destellos ocasionales*: cuando el defecto de funcionamiento es momentáneo el parpadeo se produce de forma ocasional. Si el defecto es de naturaleza más grave (afectando al producto de emisiones de gases o a la seguridad del vehículo) el parpadeo es más continuo.
2. *Destellos constantes*: es indicativo de que existe un problema que puede causar un daño serio al motor si éste no es parado inmediatamente. En este caso se detiene el registro de las lecturas de los sensores (“*freeze frame*”) y se almacenan las últimas lecturas en la memoria del ordenador central del vehículo.
3. *Indicación de fallo grave*: este indicador se activa cuando se presentan problemas muy graves, y permanece activo mientras el vehículo esté funcionando y no se subsane el problema reiniciándose el indicador de mal funcionamiento.



*Figura 2.11
Ejemplo de luz de chequeo de motor utilizado en la diagnosis de a bordo de segunda generación (OBD-II).*

En todos los casos de diagnosis atendiendo a las especificaciones de OBD-II, la información que guarda el ordenador central sobre los fallos ocurridos en un automóvil se obtiene utilizando equipos hardware concretos (que pueden ser microprocesadores o microcontroladores) y un software apropiado, conocido como “*Scantools*”, tal como se muestra en la Figura 2.12, utilizando conectores y protocolos estandarizados.

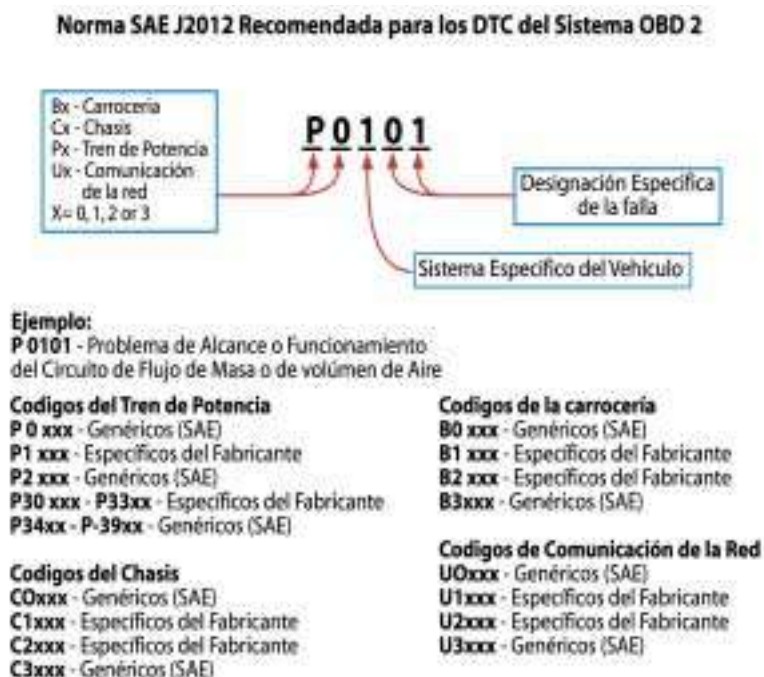
Dicha información consta de unos códigos (*Diagnostic Trouble Codes - DTCs*) también estandarizados, donde cada uno de ellos está asociado a la ubicación física donde se localiza el fallo y a qué tipo de



Figura 2.12
Ejemplo de lectura de
códigos DTCs utilizando
scantool.

fallo. Cada DTC está formado por una letra seguida de un código numérico. La letra hace referencia a la localización donde se encuentra el fallo (motor, chasis, etc.) y el código numérico indica el tipo de fallo, véase Figura 2.13.

Figura 2.13
Nomenclatura OBD-II
para la identificación de
fallos de diagnosis
(DTCs).



En la Tabla 2.1 se muestran algunos ejemplos de DTC's y fallos asociados. A modo de ejemplo de códigos DTC utilizados en la diagnosis del automóvil, el código P0216 indica el mal funcionamiento ocurrido en la temporizador del circuito de control del sistema de inyección. En el Apéndice III se muestra una relación más completa de códigos DTC.

Es importante destacar que mientras OBD-I y OBD-II han sido desarrollados y estandarizados por las asociaciones de automóviles y de medioambiente estadounidenses, en Europa se estandarizó un sistema de diagnosis similar al estadounidense OBD-II, y conocido como EOBD-I. Dicho estándar se empezó a aplicar a partir de 2001, y en consecuencia todos los automóviles fabricados en Europa a partir del 1 de enero de 2001 incorporan un sistema de diagnosis de a bordo para monitorizar las emisiones de gases del motor.

Tabla 2.1 Ejemplos de códigos de fallo (DTC)

Primer dígito (indicación de localización de fallo):	
	Pxxxx: para el motor
	Bxxxx: para las diferentes partes del coche (puertas, asientos, espejos, etc)
	Cxxxx: para el chasis
	Uxxxx: para sistemas futuros
Segundo dígito:	
	P0xxx: códigos requeridos por organismos oficiales.
	P1xxx: códigos proporcionados por los fabricantes para definir funciones adicionales. (no demandados por organismos oficiales)
Tercer dígito:	
	Px1xx: medida del aire y del combustible
	Px2xx: medida del aire y del combustible

Px3xx:	sistema de inyección
Px4xx:	control de emisiones adicional
Px5xx:	velocidad y ociosa (idle) regulación.
Px6xx:	computadora y señales de salida.
Px7xx:	transmisión
Px8xx:	transmisión
Px9xx:	módulos de control, señales de entrada y de salida.

2.2.3 Tercera generación de diagnosis de a bordo (OBD-III)

El importante avance que están experimentando las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TICs) hace que ya se esté trabajando en un nuevo concepto de la diagnosis, la tercera generación de OBDs. El OBD-III se concibe como un sistema que permita minimizar la demora entre la detección de un fallo o funcionamiento defectuoso, y la reparación del vehículo. Esto supone que la nueva versión deberá ser capaz de recibir la información proporcionada por OBD-II, interpretarla, enviar conclusiones a los conductores y talleres de reparación con las claves de los fallos detectados, y al mismo tiempo crear un histórico en un Centro de Datos, para ser utilizados en diagnosis y diseños futuros. Todo ello facilitará y agilizará la correspondiente reparación, además de subsanar defectos en futuros diseños. En la Figura 2.14 se muestra un diagrama ilustrativo del concepto de OBD-III.

Como se aprecia en la Figura 2.14, en el concepto de OBD-III los fallos del vehículo son enviados (vía radio terrestre o vía satélite) a un Centro de Atención al Cliente (CAC) que los detecta y analiza. El centro notifica al cliente las acciones a tomar para subsanar el problema (tipo de avería, taller al que se debe dirigir, etc.). Así mismo el CAC envía al taller la información necesaria para acometer la reparación y las pruebas a posteriori, una vez subsanada la avería. También existe una conexión con la Central de Datos donde se almacenan todos los históricos. Todo esto justifica que OBD-III se empiece a conocer como diagnosis remota. Es evidente que la característica más significativa de



*Figura 2.14
Diagrama de bloques
general del concepto de
la tercera generación de
diagnosis de a bordo
(OBD-III).*

OBD-III es la capacidad de comunicación del vehículo con el mundo exterior (tanto a corta como a larga distancia). En este sentido se están proponiendo diferentes alternativas tecnológicas y estrategias que permitan leer los datos almacenados por OBD-II y enviarlos a Centros de Atención al Cliente, Centros de Datos, Servicios Móviles de Mantenimiento, etc.

Desde el punto de vista de las comunicaciones, algunas de las propuestas que se están realizando son:

- **Lectores en los bordes de carreteras (Roadside readers):** Este tipo de tecnología fue probada por la CARB (California Air Resources Board) en 1994. Permite leer hasta ocho carriles de tráfico y con velocidades de los vehículos de hasta 160 km/h. Las unidades lectoras a ubicar en los bordes de las carreteras pueden ser fijas o móviles. Cuando la unidad lectora detecta un fallo en un vehículo, tiene la capacidad de enviar el Número de Identificación de Vehículo (VIN) más los códigos de los fallos (DTC) al "centro de procesamiento".

- *Estaciones de redes locales o satélites (Local Networks or Satellites Stations)*: Esta tecnología todavía no ha sido probada por la CARB, pero podría permitir la localización y servicio de monitorización de vehículos. El sistema está basado en los satélites utilizados para la comunicación en telefonía móvil o para el posicionamiento global de sistemas terrestres dotados del correspondiente receptor. El vehículo recibiría una petición vía radio del centro de supervisión, y aquél enviaría su localización (obtenida vía GPS, por ejemplo), la fecha, la hora, los datos de VIN y de OBD-III. El centro de supervisión se encargaría de recibir la información de fallos (DTC) y analizarlos para enviar posibles pruebas adicionales o recomendaciones de reparación a los talleres, reduciendo así el tiempo de respuesta ante fallos.

Otros aspectos a tener presentes y que están ligados al concepto de OBD-III, son los relacionados con los estándares y normas. Así, por ejemplo, todas las tecnologías implicadas, incluida la citada relativa a los lectores ubicados en los laterales de las carreteras, requerirán de una licencia de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), ya que la posibilidad de interferencias con otras señales en la misma banda es considerable. En definitiva, los aspectos relacionados con los operadores comerciales, el cumplimiento de la ley, la jurisdicción entre las agencias de estado, los sistemas de autopista de vehículos inteligentes, etc., se deberán resolver antes de que OBD-III sea una realidad.

En Europa se ha desarrollado, en paralelo a las versiones OBD-II y OBD-III americanas, los estándares EOBD y EOBD-II conocidos como la primera y segunda generación del sistema europeo de diagnosis “Enhanced On-board Diagnostics” respectivamente. Se trata de normalizar las prestaciones que los fabricantes deben ofrecer para el acceso a los parámetros de diagnosis e información técnica adicional de un automóvil. En definitiva, tanto el EOBD como el, todavía en des-

arrollo, EOBD-II son adaptaciones de las generaciones de diagnosis americanas, al contexto de la industria europea.

2.3 Redes de comunicación para la diagnosis

El avance de la electrónica y de las comunicaciones ha sido uno de los motivos que han animado a los fabricantes de automóviles a introducir la tecnología de los ECU's para mejorar el funcionamiento de los sistemas existentes en los automóviles e incorporar otros nuevos (véase Figura 2.15) destinados a mejorar aspectos de seguridad, confortabilidad, mantenibilidad, etc. El creciente número de ECUs y la mayor demanda de prestaciones, entre las que se encuentran las funciones de ayuda a la diagnosis (detección de fallos, identificación de los mismos, asignación y memorización de DTCs, etc), ha obligado a establecer una comunicación entre todos los sistemas electrónicos de a bordo.

*Figura 2.15
Algunos ejemplos de lo
sistemas de control,
notificación, diagnosis,
etc. que incorporan los
automóviles modernos.*



que interconectan varios nodos, que en este caso son los diferentes ECU's a bordo del vehículo. Así, al formar una red es necesario definir los protocolos de enlace de datos entre los nodos y el tipo de conexión entre los mismos, dicha conexión puede ser alámbrica, utilizando buses convencionales, o inalámbrica, recurriendo a tecnologías como infrarrojos, Bluetooth, ZigBee, etc.

Una vez expuestos estos aspectos generales, en lo que sigue se realiza un breve resumen sobre los relacionados con la comunicación entre ECU's y con el exterior, protocolos utilizados y redes implementadas por los fabricantes de automóviles para facilitar la diagnosis interna y externa. Por último, se resumen algunos de los estándares utilizados en la diagnosis de automóviles.

2.3.1 Tipos de buses utilizados en los automóviles

Los buses más ampliamente utilizados para comunicar los ECU's embarcados en los vehículos, así como del vehículo con el exterior, cuando existe comunicación física (en circuito impreso o alámbrica), se detallan en la Tabla 2.2.

Buses más ampliamente utilizados por los fabricantes de automóviles

Tabla 2.2

Bus	Descripción
MOST (Media Oriented Systems Transport).	Define un sistema de comunicación sobre fibra óptica, con tipología en estrella, para la comunicación multimedia. Las especificaciones de MOST se refieren tanto a la capa física como a las de aplicaciones, de red, y de control de acceso al medio. El bus MOST proporciona una solución óptima para equipos multimedia (vídeo, CD, etc.) incluidos en los automóviles.
J1850	El bus J1850 se utiliza para compartir datos entre los ECUs y para realizar la diagnosis del automóvil.

Bus	Descripción
MI (Motorola Interconnect)	Es un bus de comunicación serie en sistemas que incluyen un maestro y varios esclavos. MI se suele utilizar para el control de los sistemas asociados a espejos, asientos, elevalunas, y luces. Aquí el maestro envía la dirección y los datos a todos los esclavos.
DSI (Distributed Systems Interface)	Este bus ha sido desarrollado también por Motorola como un bus de seguridad. Por ello se suele utilizar en la comunicación entre los diferentes sistemas y los sensores de seguridad en los automóviles. DSI permite velocidades de datos de hasta 150kbps.
BST (Bosch-Siemens-Temic)	Como DSI, el bus BST fue desarrollado para comunicar diferentes sistemas y sensores de seguridad instalados en automóviles. Este bus permite la detección y corrección de errores, y puede trabajar a velocidades de hasta 250Kbps.
MML (Mobile Multimedia Link)	Un bus multimedia sobre fibra óptica con una estructura en estrella para la comunicación maestro/esclavo. Permite velocidades de operación de 100Mbit/s con longitud máxima de cable de 10m.
Byteflight (SI-Bus)	Es un TDMA (Time Division Multiple Access), con capacidad de transmisión de hasta 10Mbps, utilizando un cable de dos o tres fibras ópticas. Su configuración es en estrella o cluster y proporciona un índice de actualización de información de 250μs. Este bus se utiliza para la comunicación de los equipos y sensores de seguridad críticos (<i>air-bags</i>).
FlexRay	Es un sistema de comunicación serie desarrollado para la implementación de redes internas, especialmente para comunicar sistemas de control utilizando enlaces punto-punto (topología en estrella). Este bus ofrece un margen de velocidades que va desde 500kbps y 10Mbps, con una trama de 24 bits para la detección y corrección de errores. Todo ello lo hacen especialmente apropiado para implementar comunicaciones entre ECUs asociados al sistema de dirección por cable (<i>steer-by-wire</i>) y freno por cable (<i>brake-by-wire</i>).
Domestic digital data	Es un bus sobre fibra óptica para comunicar los sistemas de audio, video, móviles, etc. Puede trabaja a una velocidad máxima de hasta 20Mbps con

Bus	Descripción
bus (D2B)	una longitud máxima de cable de 10 m.
SMARTwireX	Define las características físicas que se utilizan en las redes D2B que ofrecen velocidades de datos de hasta 25Mbps. Dicho bus permite una longitud máxima de cable de 150m.
IDB-1394	Es una versión modificada de IEEE 1394 (<i>Firewire</i>) pensado para aplicaciones en el automóvil.
IEBus	Se utiliza en las redes de comunicación internas en los automóviles “ <i>half duplex asynchronous</i> ”.
LIN	Se utiliza para comunicar los sensores y actuadores inteligentes incorporados en los automóviles. Entendiendo por “sensores y actuadores inteligentes” todos aquellos que implementan tecnología <i>X-by-wire</i> , donde X se refiere a freno, dirección, tracción, etc.
CAN	Ofrece una alta velocidad de intercambio de datos y alta fiabilidad de comunicación. Por ello, la mayoría de los fabricantes comenzaron a implementarlo tanto en la comunicación interna como en la externa. Por el protagonismo, prestaciones e importancia, más adelante se darán datos más concretos sobre las características que definen este bus.
Intellibus	Bus de comunicación especialmente diseñado para aplicaciones militares, pero que también se ha transferido al campo de la automoción por sus características de velocidad de transmisión (12.5Mbps) y por su fiabilidad. Su campo de aplicación, dentro del automóvil, está fundamentalmente en todos aquellos sistemas que implementan tecnología <i>X-by-wire</i> .
OBD-II Bus (On-board Diagnostics II)	Define un protocolo de comunicaciones y un conector estándar para adquirir datos de los coches de pasajeros. Fue requerido por EPA en todos los coches de gasolina y furgonetas fabricados en los Estados Unidos después de 1996.
SAE J1708	Se utiliza para llevar a cabo la comunicación serie entre los microcomputadores incorporados en los camiones. Dicho bus permite comunicaciones en distancias de hasta 40m.

2.3.2 Protocolos de comunicación

Este apartado describe las clases de enlaces de datos estandarizados (protocolos) más utilizadas en el campo de los automóviles. Estos protocolos se han clasificado en función de la velocidad de transmisión de datos, tal y como se detalla en la Tabla 2.3.

Buses más ampliamente utilizados por los fabricantes de automóviles

Tabla 2.3

Clase	Descripción del protocolo de comunicación
Class A:	Se trata de un sistema cableado múltiplex que reduce el número de cables, transmitiendo y recibiendo múltiples señales por un mismo bus. Sustituye a los cables individuales que realizan la misma función. La clase A fue definida como UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) para fines generales de recepción/transmisión asíncronas, velocidades de transmisión por debajo de 10kbps.
Class B:	Es un sistema cableado múltiplex que transmite datos entre los nodos. Los nodos sustituyen a los módulos independientes existentes. La velocidad que permite está entre 10Kb/s y 125Kb/s.
Class C:	Sistema cableado múltiplex que reduce el número de buses para transmisión de altas cantidades de datos en tiempo real. Funcionamiento entre 125kbps y 1Mbps.
Emission Diagnosis	Controla los buses de las emisiones y del diagnóstico.
Mobile Media	Controla los buses de comunicación entre los diferentes sistemas Multimedia incorporados en el vehículo.
X-by-wire	Representa el término colectivo para la incorporación de sistemas electrónicos en el vehículo para sustituir las tareas que fueron logradas previamente vía sistemas mecánicos e hidráulicos.

En las tablas 2.4 a 2.9 se reflejan algunos fabricantes de automóviles y los buses que utilizan para la aplicación de diferentes protocolos.

Tabla 2.4

Aplicación del Protocolo clase A

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
Assembly Line Diag. Link (ALDL)	GM	Diversos	1985-2005
Sinebus	GM	Audio	2000+
Entertainment&Comfot (E&C)	GM	Audio / HVAC	1987-2002
I2C	Renault	HVAC	2000+
J1708/J1587/J1922	T&B	General	1985-2002
Chrysler Collision Detection (CCD)	Chrysler	HVAC, audio, etc	1985-2002
Audio Control Protocol (ACP)	Ford	Audio	1985-2002
Body Electronics Area Network (BEAN)	Toyota	Carrocería	1995+
UART-Based Protocol (UBP)	Ford	Sistema automático de elevación trasera	2000+

Tabla 2.5

Aplicación del Protocolo clase B

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
GMLAN (SWC)	GM	Diversos	2002+
GMLAN (MID)	GM	Información al usuario	2002+
ISO 11898	Europe	Diversos	1992+
Fault-tol CAN	Europe	Diversos	2001+
Class 2	GM	Diversos	2002+
PCI	Chrysler	Diversos	2002+
SCP	Ford	Diversos	SAE J1850
J1939	T&B	Diversos	1994+

Tabla 2.6

Aplicación del Protocolo clase C

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
GMLAN (high)	GM	All	2002+
ISO 11898	Europe	Most	1992+
J1939	T&B	Most	1994+

Tabla 2.7

Aplicación del Protocolo Emissions/Diagnostics

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
J 2480	GM, Ford, DC	OBD-II	2004+
ISO 15765-4	Europe	E-OBD	2000+
J 1850	GM, Ford, DC	OBD-II	1994+
ISO 9141-2	Europe	OBD-II	1994+
ISO 14230-4	Many	OBD-II, OBD-III	2000+

Tabla 2.8

Aplicación del Protocolo Mobile Media

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
IDB-C	Many OEMs	Many	2002+
MML	GM	TBD	2004+
D2B	Mercedes	TBD	1999+
MOST	Saab, etc	TBD	2000+
Firewire	Unknown	TBD	2000+
USB	Clarion	Aftermarket	1998+
Bluetooth	TBD	TBD	2005+

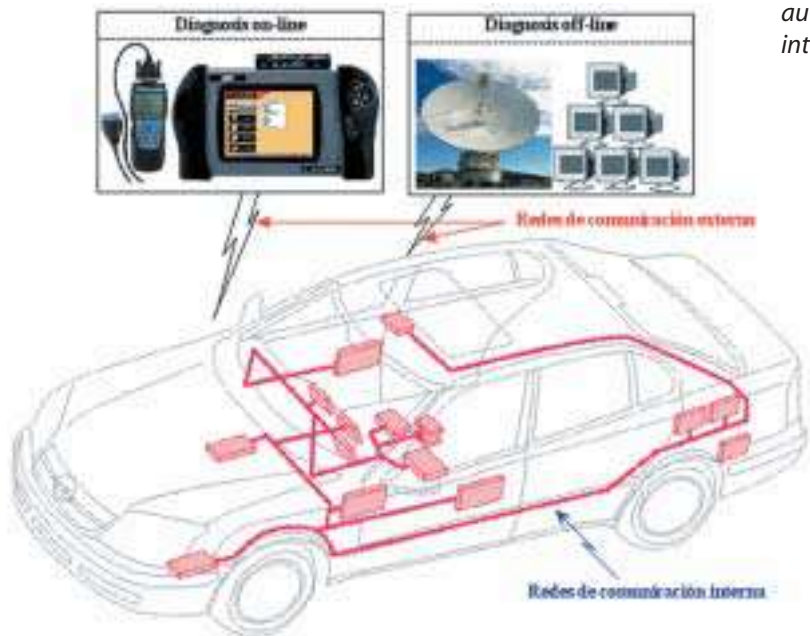
Tabla 2.9

Aplicación del Protocolo X-by-Wire

Bus	Marca	Usos	Periodo de utilización
TTP	BMW	Many	2004+
TTCAN	TBD	TBD	TBD
SI (Byteflight)	BMW	TBD	TBD
TTFlex	BMW&DC	TBD	TBD
FlexRay	BMW&DC	TBD	TBD

2.3.3 Redes de comunicación internas y externas

La creciente incorporación de nuevos ECU's, unida a la necesidad de intercambio de información entre ellos y del vehículo con el exterior, plantea un reto importante en el tema de las comunicaciones. Para dar respuesta a estas demandas se han propuesto diferentes soluciones para la comunicación entre ECUs -incluidos en el mismo vehículo- y para la comunicación de éstos con aparatos externos (*Scantools*, PCs, etc.) que faciliten, entre otras, la adquisición de los códigos de diagnóstico de fallos (DTCs) ocurridos en los vehículos. Desde el punto de vista de su aplicación, las redes de comunicaciones (networks), desarrolladas en el campo del automóvil se han clasificado en dos tipos: redes internas (In-vehicle networks) y redes externas (out-vehicle networks), tal como se muestra en el ejemplo de la Figura 2.17



*Figura 2.17
Tipos de redes o buses de comunicación implementadas en el campo de los automóviles: redes internas y externas.*

Redes de comunicación internas

El notable incremento de ECUs en los automóviles, unido a la creciente demanda de funcionalidades que éstos deben asumir, hace que se planteen nuevas exigencias a las redes de comunicaciones. Entre estas exigencias se pueden citar los aspectos relacionados con las prioridades en las comunicaciones, velocidad y fiabilidad. Evidentemente los niveles de exigencias serán diferentes dependiendo de las tareas que desempeñen los ECUs dentro del automóvil. Así, por ejemplo, las exigencias de fiabilidad y velocidad de los ECUs que controlan los actuadores de los elevallunas, no son las mismas que las de los ECUs que controlan la dirección o el freno. En este mismo sentido, y en relación con el sistema de inyección, los retrasos producidos entre la generación de las órdenes y la actuación afectan directamente a las emisiones de gases, por lo que en este caso la velocidad de comunicación es un parámetro que adquiere un protagonismo importante.

Si bien en los inicios de la incorporación de la electrónica en el automóvil, cada fabricante desarrollaba sus propios protocolos y buses para llevar a cabo la comunicación entre los ECU's, la creciente demanda y complejidad ha hecho necesario una estandarización de los buses.

Como se ha comentado anteriormente, son varios los buses que han sido desarrollados y estandarizados para la comunicación física entre los equipos electrónicos, tanto a bordo (ECU's) como externos (*Scantools*, PCs, etc.). Uno de los buses más ampliamente utilizados por los fabricantes de automóviles es el CAN (Controller Area Network), dadas sus buenas prestaciones en fiabilidad y velocidad de comunicación.

En la Tabla 2.10 se muestran algunos de los estándares utilizados en las redes de comunicación internas.

Atendiendo a la velocidad de comunicación, los fabricantes de automóviles clasificaron los buses internos en tres grandes bloques: buses de velocidad alta, media, y baja. A modo de ejemplo, en la Figu-

Estándares utilizados en las redes de comunicaciones internas

Tabla 2.10

Organización	< 125 kb/s	> 125 kb/s
ISO (Europa)	CAN	CAN
	ISO 11519 ISO 11992	ISO 11898
SAE (EE.UU) para turismos	Clase 2/SCP/etc J1850	CAN SAE J2284
SAE (EE.UU) para camiones y autobuses	J1587 / 1708, J1922	CAN SAE J1939
ASIA	-----	CAN

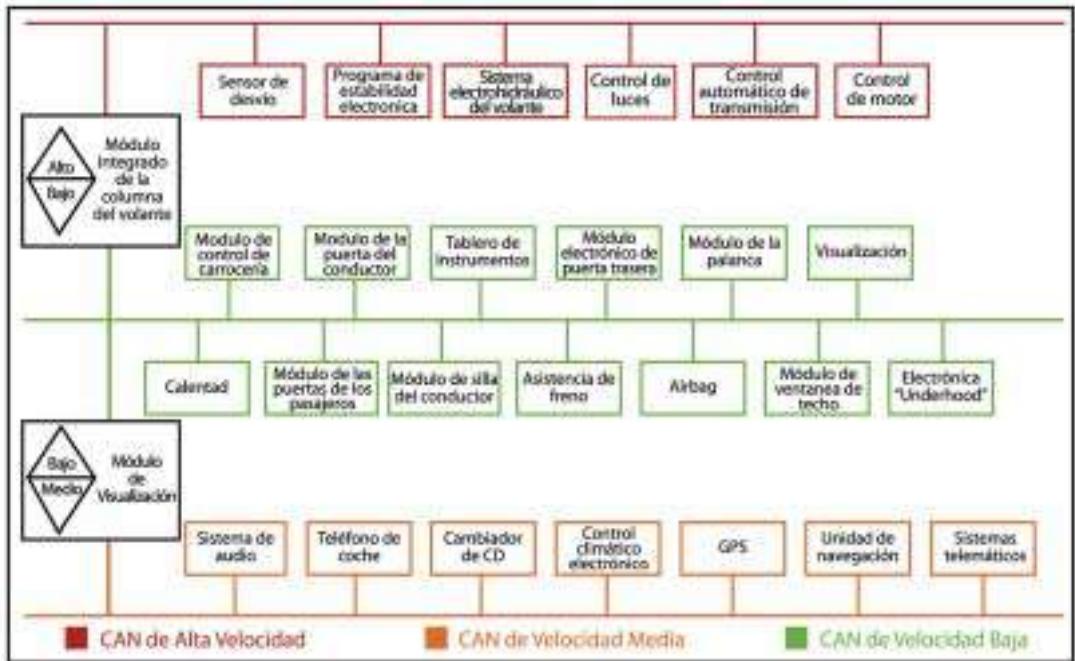


Figura 2.18
Ejemplos de aplicaciones del bus CAN para las tres alternativas de velocidad de comunicación (alta, media y baja).

ra 2.18 se muestran las aplicaciones del bus CAN en función de sus requerimientos de velocidad.

Algunos fabricantes como *Scania Truck* utilizan la arquitectura mencionada anteriormente, pero con una terminología diferente para identificar los buses. Así, por ejemplo, a los buses de alta velocidad les

denominan buses rojos, a los de media velocidad buses verdes, y a los de baja velocidad buses amarillos.

Con carácter general, se puede decir que los buses de alta velocidad se encargan de comunicar los sistemas y sensores más críticos, donde los retrasos en la comunicación entre sí pueden causar daños graves en el sistema del vehículo y/o aumentar la emisión de gases. Entre estos sistemas se pueden mencionar: control de emisión de gases de escape (EEC), gestión de freno (BMS), gestión de motor (EMS), etc. En el caso de los buses de velocidad media, los sistemas comunicados son aquellos que al fallar o retrasar la comunicación no causan daños graves, pero afectan al confort de los conductores. Dentro de estos sistemas se pueden incluir: audio, control climático, posicionamiento global, navegación, etc.

Por último, los buses de velocidad baja se encargan de comunicar los sistemas de seguridad del vehículo y los ocupantes. Por ejemplo: airbag, alarmas, bloqueo de puertas, etc.

En general, los buses utilizados dependen tanto del tipo del vehículo (turismos, camiones, etc.) como de los fabricantes. Con todo, en los últimos tiempos se ha realizado un notable esfuerzo por definir estándares y homogeneizar su implantación.

Redes de comunicación externas

Como ya se ha mencionado anteriormente, la evolución de la diagnosis ha llegado al punto de que los sistemas electrónicos de a bordo detecten los fallos y los identifiquen utilizando un código DTC estandarizado. Dichos códigos se almacenan en el procesador central interno que es el encargado, entre otras tareas, de comunicarse con el exterior para transmitir los DTC's. Las comunicaciones entre el procesador central y los sistemas/centros externos, se pueden clasificar en dos tipos: comunicación con *Scantools* (equipos de mano y/o PC's) y comunicación remota con los centros de mantenimiento.

Comunicación entre vehículo y Scantool

Cuando se definieron los estándares de los buses internos, se incluyó la especificación de los protocolos y conectores para la comunicación del procesador central de a bordo con el exterior, facilitando el acceso a los datos almacenados en los automóviles por los equipos de diagnóstico externos, tales como *Scantools* (véase Figura 2.19).



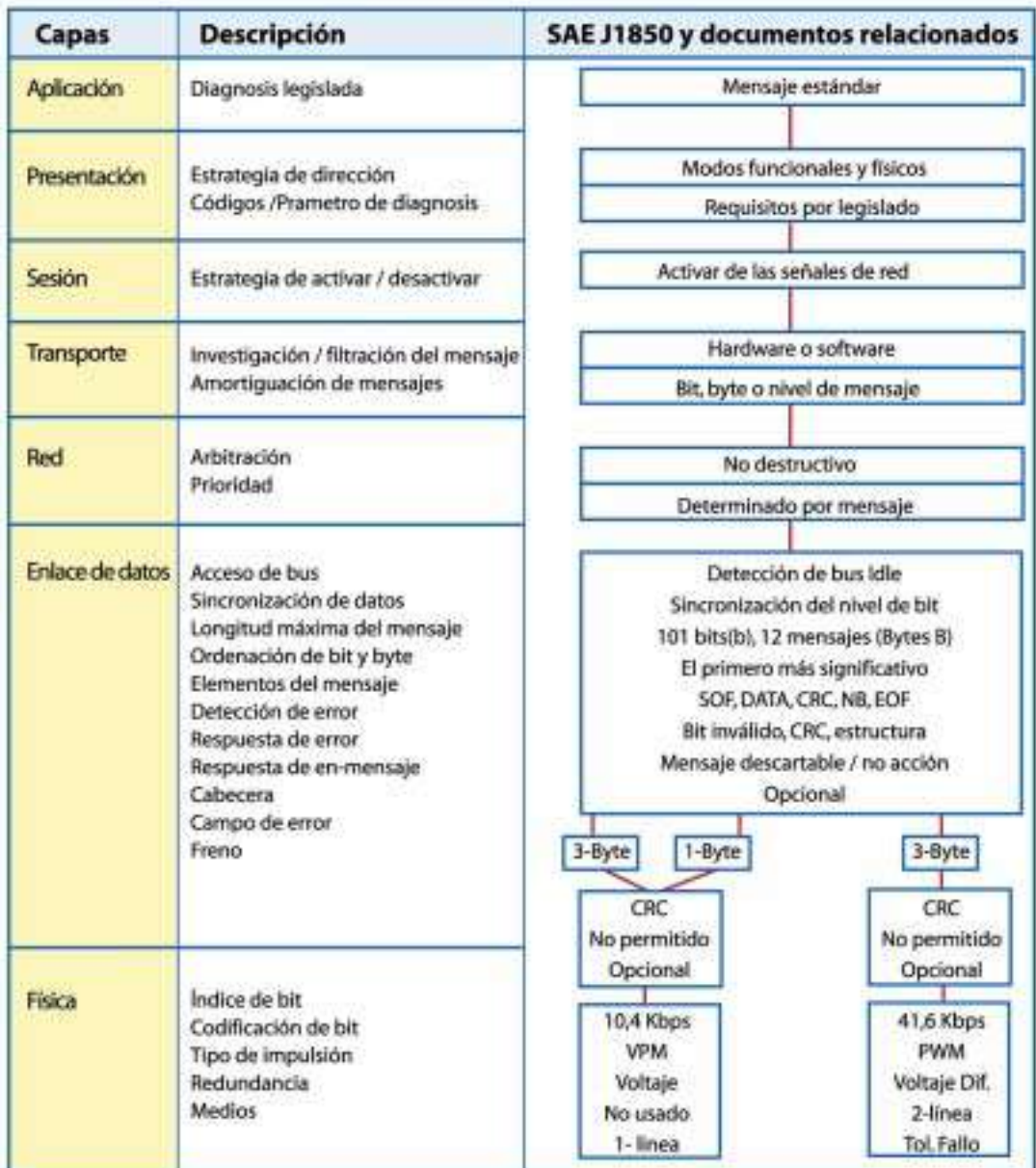
Figura 2.19
Configuración general
para la comunicación
entre el ordenador
central de a bordo y el
equipo de diagnóstico
externo

En el caso de OBD-II se estandarizó un conector físico que permite dos tipos de interfaz, uno definido por los organismos estadounidenses y otro desarrollado por los europeos. Dichos tipos se comentan a continuación.

SAE-J1850 (Variable Pulse Width)

Es el estándar de comunicación serie de clase B ratificado por GM, Ford, y DaimlerChrysler en febrero de 1994. Dicho protocolo describe los principales requisitos en el enlace de datos y la comunicación física entre el vehículo y el equipo externo. Existen dos alternativas para la implementación del J1850, véase la Figura 2.20.

Figura 2.20
Estándar J1850 en
relación al modelo OSI
de siete capas



Las distintas alternativas del protocolo J1850 se dividen en :

- los que utilizan una única línea física para realizar la comunicación; entre ellos se encuentran: VPM con velocidad de 10.4 Kb/s y usado principalmente en los vehículos GM; los que utilizan una única línea física y PWM (Pulse Width Modulated), con velocidades de 41.6Kb/s, usado principalmente en los vehículos Ford,
- los que utilizan un par de líneas físicas para realizar la comunicación.

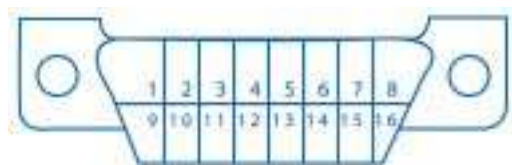
ISO-9141-2

De forma resumida, se puede decir que es el estándar impuesto por los organismos europeos para satisfacer los requisitos del OBD-II. Con ello CARB aceptó el ISO 141-2 para el OBD-II como requisito fundamental en los vehículos fabricados en Europa y Asia. Así, ISO 9141-2 es el protocolo asíncrono de 10.4 Kb/s usado principalmente por Chrysler y por los vehículos europeos y asiáticos. Los mensajes de gestión de protocolo son los mismos del J1850 pero el interfaz físico es diferente. El protocolo utilizado es el mismo que el utilizado en los puertos serie de un PC, con la única diferencia de que es necesario incluir un adaptador (Figura 2.19, "past thru adapter") de niveles de tensión y velocidad de transmisión de datos. Una característica que debe cumplir este protocolo es que las comunicaciones se inician con una secuencia de baja velocidad (secuencia de inicio, "handshake", inferior a 5Kbps). En este protocolo, si no se reciben datos en un intervalo de tiempo de 5 segundos, se interrumpe automáticamente la comunicación.

Actualmente, se están proponiendo otros interfaces para los objetivos planteados por OBD-II. Entre ellos están: ISO/DIS14230-4 y CAN. En el caso del ISO/DIS14230-4 (Keyword Protocol 2000 o KWP 2000), se trata de una versión nueva del protocolo ISO9141. En cuan-

to al bus CAN (Controller Area Network), cabe decir que se está convirtiendo en el bus interno más utilizado en el automóvil, por sus altas prestaciones en velocidad, fiabilidad, etc. Por todo ello se está planteando utilizar también el bus CAN para realizar la comunicación entre el procesador central de a bordo y los equipos de diagnóstico externos.

Figura 2.21
Conector J1962
utilizado
en la diagnosis.



Asignaciones de pines del conector J1962 según diferentes fabricantes

Tabla 2.11

Terminal	SAE	GM	DaimlerChrysler	Ford
1	Discretionary	UART (secondary)	Keyless entry enabler	Ignition control
2	J1850 +	Class 2	J1850 +	SCP +
3	Discretionary	Ride control enabler	CCD +	
4	Chassis ground	Chassis ground	Chassis ground	Chassis ground
5	Signal ground	Signal ground	Signal ground	Signal ground
6	CAN H line	CAN H line	CAN H line	CAN H line
7	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K
8	Discretionary	Keyless entry enabler	Switched Vbatt	Trigger signal in
9	Discretionary	UART (primary)		Switched Vbatt
10	J1850-	Unused	J1850-	SCP -
11	Discretionary	Steering control	CCD -	
12	Discretionary	ABS, CCM enabler		Flash EEPROM
13	Discretionary	SIR diagnostics		Flash EEPROM
14	CAN L line	CAN L line	CAN L line	CAN L line
15	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L
16	Unswitched Vbatt	Unswitched Vbatt	Unswitched Vbatt	Unswitched Vbatt

En la Figura 2.21 se muestra el conector físico J1962 de diagnóstico utilizado para transferir los datos que identifican los fallos ocurridos en el vehículo. Dicho conector es compatible con todos los vehículos, tanto europeos y asiáticos como estadounidenses, con dos tipos de protocolos (J1850 y ISO 9141-2). En la Tabla 2.11 se detallan las asignaciones de los pines del conector según los fabricantes.

Al aplicar el cable al conector del vehículo mencionado en la Figura 2.21 se identifica el protocolo utilizado para satisfacer los requisitos del OBD-II. Dicha identificación se realiza según un proceso definido en el estándar J2201. Actualmente, los fabricantes de automóviles se están planteando realizar la comunicación entre vehículo y equipos externos a través de una comunicación inalámbrica (eliminando así todo tipo de conexión física). Una de las alternativas que se está evaluando para este fin es la tecnología Bluetooth.

Comunicación entre vehículo y centros de mantenimiento

Con la aparición de la nueva generación de diagnóstico de a bordo (OBD-III), que trata de minimizar el tiempo entre la detección de fallos y la reparación del vehículo, se plantea la necesidad de encontrar una solución y definir nuevos estándares para las comunicaciones a gran distancia entre vehículos y centros de asistencia remota. A través de esta comunicación se trata de informar a los centros de mantenimiento, centros de diagnóstico remota, etc. de los fallos ocurridos en el vehículo y tomar, a partir de ahí, todas las medidas necesarias.

Por último, otros tipos de comunicación sin cable para distancia limitada han despertado el interés de los fabricantes de automóviles, pensando principalmente en la comunicación con los aparatos de diagnóstico externa (*Scantools*, PC, etc.) sin la conexión física vía cables. En el capítulo 4 se estudian las propuestas más relevantes.

Estándares SAE de aplicación en la diagnosic del automóvil

Tabla 2.12

Estándar	Descripción
J1850	Especifica los requisitos de las redes de comunicación de datos en los automóviles.
J1979	Detalla las funciones de CARB /EPA y los mensajes asociados
J2190	Define los mensajes de diagnóstico y mal funcionamiento en los automóviles (es una versión modificada del J1979).
J1962	Es el requisito de un conector de 16-pin (Data Link Connector DLC) utilizado para la diagnóstico y situado debajo del tablero del vehículo. Dicho estándar ha sido implementado en todos los vehículos fabricados en los Estados Unidos a partir del 1996.
J1978	Es el documento que define las especificaciones del <i>Scantool</i> utilizado en la segunda generación de diagnóstico a bordo (OBD-II)
J2178	Indica el formato básico de los mensajes utilizados en la comunicación en el OBD-I
J1113	Indica el procedimiento de medida de la compatibilidad electromagnética de los componentes del vehículo.
J1211	Incluye recomendaciones para el diseño de los equipos electrónicos utilizados en los automóviles.
J1213	Recoge un glosario de términos para las redes implementadas en los vehículos.
J1547	Representa el procedimiento de medir la compatibilidad electromagnética en módulos de inyección.
J1587	En este estándar se detallan las aplicaciones de intercambio de datos entre los microcomputadores instalados en los camiones. Además, se especifica el formato de los mensajes utilizados con J1708 en la etapa física.
J1699	Indica las pruebas de conformidad y los métodos para el J1850
J1708	Define la comunicación serie entre los microcomputadores implementados en los camiones. Además, especifica la etapa física (basada en RS-485) para el J1587 y J1922.
J1879	Incluye los criterios de aceptación general y de producción de circuitos integrados para las aplicaciones automóviles.

Estándar	Descripción
J1922	Indica el interfaz del control electrónico del motor usado en los camiones. Además, define el formato de los mensajes utilizados para pasar datos entre motor, transmisión, ABS, etc.
J1930	Representa los términos de diagnóstico de los sistemas eléctricos y electrónicos, como definiciones, abreviaciones, y siglas (acrónimos).
J2008	Incluye las recomendaciones de la organización SAE para el servicio de información de automóviles.
J2012	Recoge los códigos de diagnóstico
J2205	Un protocolo extendido de diagnóstico para los <i>Scantools</i> OBD-II
J2300	Recoge el proceso de conformidad de prueba para <i>Scantools</i> OBD-II

Estándares ISO de aplicación a la diagnóstico del automóvil

Tabla 2.13

Estándar	Descripción
ISO 7639	Especifica los símbolos gráficos utilizados por los equipos de diagnóstico.
ISO 8093	De aplicación a los sistemas electrónicos incluyendo los módulos de control, sensores, actuadores e indicadores.
ISO 9141	Especifica los requisitos para el intercambio de información digital entre las unidades del control electrónico a bordo (ECUs) y los equipos de diagnóstico externos. Esta comunicación se establece para facilitar la inspección, las pruebas de diagnóstico, y el ajuste de los ECUs.
ISO 6141-2	Este estándar se limita a los vehículos con tensión de alimentación de 12V. Dicho estándar describe un subconjunto del ISO 9141 que especifica los requisitos para la configuración del intercambio de la información digital entre las unidades de control electrónico relacionadas con la emisión de gases y el <i>scantool</i> según lo especificado en SAE J1978.
ISO 9141-3	Detalla los métodos de verificación de la comunicación entre los vehículos y los equipos de diagnóstico externos (<i>Scantools</i>).
ISO 14229	Especifica los servicios de diagnóstico.
ISO/DIS 14229-1	Identifica las especificaciones y los requisitos de la diagnóstico.

Estándar	Descripción
ISO 14230	Describe la capa física de la diagnosis.
ISO 14230-2	Especifica la capa de enlace de datos de la diagnosis.
ISO 14230-3	Describe la capa de aplicación de la diagnosis
ISO 14230-4	Requisitos para los sistemas relacionados con las emisiones
ISO 15031-3	Especifica unos requisitos mínimos para el conector de diagnosis usado en la comunicación entre el vehículo y los equipos de diagnosis externo, fundamentalmente en lo relativo a las emisiones.
ISO/DIS 15031-5.4	Indica las reglas de comunicación entre el vehículo y los equipos de diagnosis externa utilizados para la diagnosis de emisiones, detallando el servicio de la diagnosis.
ISO/DIS 15031-6.4	Presenta las normas de comunicación entre el vehículo y los equipos de diagnosis externa utilizados para realizar las diagnosis relacionadas con las emisiones, definiendo los códigos de fallos utilizados en la diagnosis.
ISO 15765-3	Especifica la implementación de un sistema común de los servicios de diagnóstico unificados (UDS), de acuerdo con ISO 14229-1, para el bus CAN. Da los servicios de diagnóstico y los requisitos de programación de la memoria del servidor para todos los servidores de la red CAN de comunicación interna y el equipo de diagnosis externo.

2.4 Normativas y estándares

En este apartado se detallan algunas de las normativas propuestas en el sector del automóvil, tanto a nivel general como a nivel de diagnosis. Se presentan las características de los estándares y se revisan algunos, como SAE (véase la Tabla 2.12) e ISO (véase la Tabla 2.13) relacionados con la diagnosis del automóvil.

Según los planes propuestos por las organizaciones reguladoras, a partir de 2008 CAN será el único bus o red utilizada para la diagnosis de fallos en los automóviles, tanto los fabricados en los Estados Unidos o en cualquier otro país. En las siguientes tablas se muestran algunos estándares de comunicación de OBD-II utilizados por los fabricantes de los automóviles (abril, 2004).

Make-Model	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Audi/VW	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000 CAN	ISO 9141 KWP 2000 CAN	ISO 9141 KWP 2000 CAN	CAN
Bentley	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141 (50%) KWP 2000 (50%)	ISO 9141 (35%) KWP 2000 (65%)	ISO 9141 (20%) KWP 2000 (80%)	CAN	CAN
BMW - Mini	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000			
BMW 3 - Series; -5 Series; X5, Z3, Z4, Z8, 740i, 740iL, 750iL	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2	ISO 9141/2			
BMW 5 - Series; next generation (E60)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000			
BMW 745i, 745Li, 765Li	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000			
Chrysler	ISO (100%)	ISO (100%)	ISO 9141/2 (95%) J1850 -10,4 (5%)	ISO 9141/2 (85%) J1850 -10,4 (15%)	ISO 9141/2 (75%) J1850 -10,4 (25%)	ISO 9141/2 (35%) J1850 -10,4 (65%)	ISO 9141/2 (15%) J1850 -10,4 (85%)	ISO 9141/2 (5%) J1850 -10,4 (95%)	CAN (5%) J1850 -10,4 (95%)	CAN (15%) J1850 -10,4 (85%)	CAN (35%) J1850 -10,4 (65%)	CAN (85%) J1850 -10,4 (15%)	CAN (100%)
Daewoo - Lanos	N/A	N/A	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	N/A					
Daewoo - Leganza	N/A	N/A	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	KWP 2000	KWP 2000					
Daewoo - Nubira	N/A	N/A	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	KWP 2000	KWP 2000					
Ford	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	0% CAN	5% CAN	50% CAN	85% CAN	90% CAN	100% CAN	100% CAN
GM (w/o exceptions)	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	J1850 -10,4	80% J1850 -10,4 15% CAN 5% KWP 2000	55% J1850 -10,4 40% CAN 5% KWP 2000	25% J1850 -10,4 70% CAN 5% KWP 2000	25% J1850 -10,4 70% CAN 5% KWP 2000	100% CAN 5%
exceptions:									Refer to the row above labeled GM (w/o exceptions)				
Saturn LS 3.0L	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000					
Saturn VUE 3.0L	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000					
Saturn VUE 3.5L	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000					
Saturn ION	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	CAN					
Cadillac Catera	N/A	KWP	KWP	KWP	KWP	KWP	N/A	N/A					
Cadillac CTS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000					
GEO Metro	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A					
GEO Prism	J1850 -10,4	J1850 -10,4	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A					
GEO Tracker	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000					
Pontiac Vibe	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ISO 9141					
Saab 9-3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	CAN					
Honda/Acura	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	70% ISO 9141 30% CAN	40% ISO 9141 60% CAN	CAN

Make-Model	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hyundai	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	CAN
Isuzu	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	J1850 -10.4	UNK OWN	UNJKN OWN	UNKN OWN
Jaguar	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	KWP	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141		
Kia - Optima	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000			
Kia - Rio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141			
Kia - Sephia	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Kia - Spectra	N/A	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141			
Kia - Sportage	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141			
Kia Sedona	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141			
Kia Sorrento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000			
Land Rover	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	0% CAN	0% CAN	0% CAN	62% CAN	100% CAN	100% CAN	100% CAN
Mazda	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	75% ISO 9141 25% CAN	60% CAN 40% ISO 9141	60% CAN 40% ISO 9141	CAN	CAAN	CAAN
Mazda - Ford	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	J1850 -41.6	50% 1850 50% CAN	50% 1850 50% CAN	Tribune-CAN Truck?	?
Mercedes	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141 ISO 14230 -4	ISO 9141 ISO 14230 -4	ISO 9141 ISO 14230 -4	ISO 14230 -4	ISO 14230 -4	ISO 14230 -4	ISO 14230 -4	ISO 14230 -4	Accoding to legislation ISO 15765-4
Porsche	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141					
Rolls Royce ⁴	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	KWP 2000	KWP 2000			
Subaru	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141 KWP 2000	ISO 9141 KWP 2000	KWP 2000	CAN	CAN	CAN
Suzuki Acrio 2.0L	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	CAN	CAN
Suzuki Esteem 1.6L	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Esteem 1.8L	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Grand Vitara 2.5L	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	KWP 2000	CAN	CAN
Suzuki Sidekick 1.6L	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Sidekick 1.8L	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Swift 1.3L	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Vitara 1.6L	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Vitara 2.0L	N/A	N/A	N/A	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	CAN	CAN
Suzuki X90 1.6L	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Make-Model	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Toyota/Lexus	J1850 -10.4	J1850 -10.4 ISO 9141	J1850 -10.4 ISO 9141	J1850 -10.4 ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141 CAN	ISO 9141 CAN	ISO 9141 CAN	TED	TED
Volvo	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	ISO 9141	90% 9141 10% CAN	5% 9141 95% CAN	CAN	CAN	CAN

3. Situación actual de la Diagnósis

En este capítulo se presenta el estado actual de la diagnóstico electrónica del automóvil en sus dos modalidades: interna y externa. Para cada una se establece su ámbito de aplicación y los elementos que la componen. Además, se describe una aproximación a las técnicas utilizadas para deducir la fuente de fallo a partir de la extensa información registrada por los controladores electrónicos embarcados y específicos de cada subsistema, así como para realizar el ajuste y calibración de dichos controladores. En el caso de las herramientas para la diagnóstico externa, se detalla cómo es el enlace con el automóvil y las funcionalidades disponibles en las herramientas *Scantool* actuales.

Como se ha comentado en el capítulo 1, la diagnóstico electrónica completa de un vehículo es el resultado de dos acciones complementarias:

- INTERNA, de a bordo (*On-board*), se realiza constantemente en el propio vehículo desde que el usuario accede al mismo. Los sistemas electrónicos embarcados con este fin son capaces de realizar un auto-diagnóstico y supervisar el conjunto de peri-

féricos asociados, además de detectar y registrar cualquier fallo que se produzca.

- EXTERNA (*Off-board*), se lleva a cabo con equipos y herramientas que se conectan al vehículo sólo cuando se detectan problemas graves o cuando se precisan tareas de mantenimiento. Mediante la conexión externa al bus de diagnóstico interno, se consigue realizar un análisis más exhaustivo de errores, proceder a su restauración y calibrar los sistemas electrónicos de diagnóstico de a bordo.

En relación con la diagnóstico externa, es común la utilización de otros dos conceptos:

- Externa *in situ* (*Off-board On-line*), cuando la conexión del equipo de diagnóstico se realiza mediante un cable especializado al conector disponible en el vehículo para tal efecto.
- Externa remota (*Off-board Off-line*), cuando se establece una conexión inalámbrica entre el vehículo y el centro remoto de diagnóstico.

3.1 Estructura general de la diagnóstico electrónica

La estructura general de la diagnóstico electrónica del automóvil puede plantearse como una pirámide de tres niveles de decisión creciente, ver la Figura 3.1. El nivel inferior lo forman los elementos que configuran la diagnóstico de a bordo, el intermedio está centrado en la diagnóstico externa realizada con conexión directa al automóvil y en el nivel superior se encuentra el centro remoto de decisión para los casos no resueltos en los niveles inferiores.

Los dos primeros niveles están ampliamente desarrollados e implantados en los vehículos que se fabrican actualmente, no sólo en los de gama más alta de cada fabricante, mientras que la diagno-



Figura 3.1
Estructura general de la
diagnosis electrónica del
automóvil

sis externa realizada en centros remotos de decisión, conectados inalámbricamente con el automóvil, está en fase de investigación o desarrollo con resultados a corto y medio plazo.

3.2 Estado actual de la diagnosis interna

En este capítulo se presenta el alcance y objetivos de la diagnosis interna o de a bordo, se describen los elementos de hardware y software que la soportan, y se detalla la estrategia de decisión implantada por los fabricantes de vehículos ante la detección de comportamientos anómalos.

3.2.1 Objetivos y alcance

El objetivo de la diagnosis interna, también conocida como auto-diagnosis, es la evaluación de los síntomas de mal funcionamiento detectados para determinar el origen del posible fallo, y, si es posible, antes de que éste se produzca.

La diagnosis interna se ocupa de:

- Detectar los defectos de funcionamiento
- Señalarlos convenientemente

- Identificar y aislar los sistemas y/o componentes defectuosos
- Almacenar el histórico de variables relacionadas con el fallo
- Dejar accesibles los datos registrados para un posterior diagnóstico externo

Todo ello en aras de facilitar, simplificar y reducir los tiempos y costes requeridos en la correspondiente reparación y restauración del servicio afectado.

La legislación vigente regula las emisiones contaminantes permitidas en los vehículos, pero ésta no es la única razón por la que ha ido creciendo la extensión de la diagnosis interna en los vehículos; además, se contribuye a facilitar la reparación y a aumentar la protección tanto del vehículo como de los pasajeros.

Si bien los elementos de diagnosis han de estar operativos durante todo el periodo de vida útil del vehículo, la reparación se suele llevar a cabo en los talleres de la firma hasta el periodo de garantía y en talleres independientes a partir de ese momento.

El nivel de inteligencia alcanzado por los sistemas electrónicos de a bordo, permite:

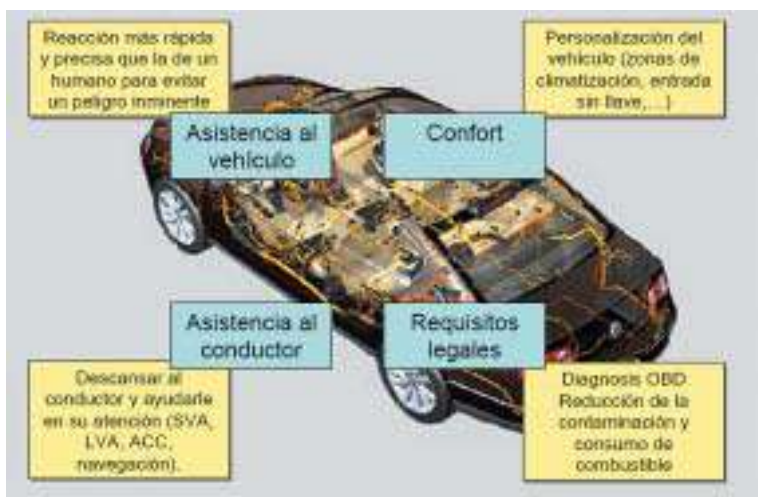
- el chequeo continuo de los puntos de test, tanto a nivel físico (disponibilidad de entradas y salidas) como funcional (comportamiento del sistema)
- la implementación de los límites impuestos por la normativa vigente (OBDS y EOBDs)
- la detección de anomalías DTCs y registro de variables asociadas con esta situación, en memoria no volátil
- la decisión de diagnosis hasta el nivel que permite la algoritmia implementada en los microcontroladores.

A modo de ejemplo, si el nivel de contaminación de los gases emitidos por la combustión de carburante está próximo a los límites

permitidos por la legislación vigente, esta situación debiera registrarse por la unidad de control electrónica disponible al efecto, e indicarse bien mediante una lámpara en el panel de mando visible al conductor o mediante un mensaje corto en un panel de monitorización. Superado este nivel, entra en acción la diagnosis externa *on-line* mediante alguna de las herramientas (*Scantool*) disponibles en el mercado.

3.2.2 Elementos que intervienen en el sistema de diagnosis

El continuo crecimiento de los sistemas electrónicos a bordo de un vehículo se justifica para conseguir cuatro objetivos fundamentales: mejor respuesta del automóvil, asistencia al conductor, aumentar el nivel de confort y cumplir con la normativa vigente, tal y como se muestra en la Figura 3.2.



*Figura 3.2
Objetivos
fundamentales de la
electrónica del
automóvil.*

Los subsistemas electrónicos asociados a esas grandes familias no trabajan de forma aislada. Para facilitar su diagnosis, se han estructurado en una arquitectura basada en cuatro elementos clave, según se muestra en la Figura 3.3 y se describe en el estándar ISO 14230:

- Sensores y actuadores
- Unidad de control electrónico ECU
- Red de comunicación
- Lámpara indicadora de mal funcionamiento

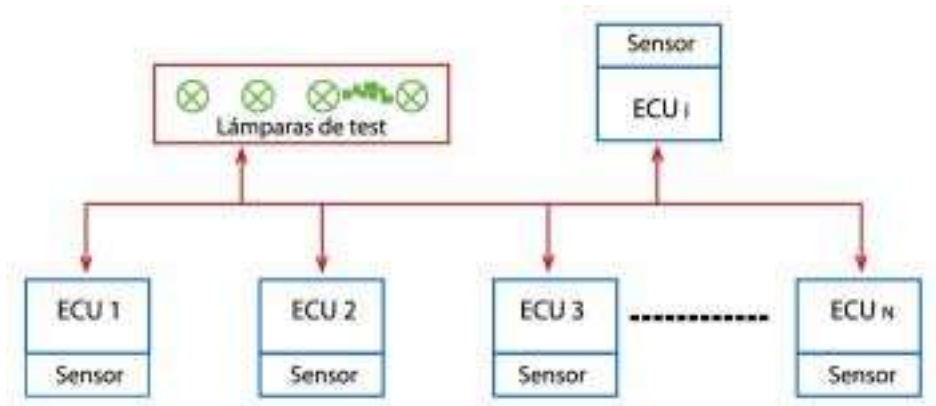


Figura 3.3
Arquitectura para
diagnóstico electrónica a
bordo de un vehículo

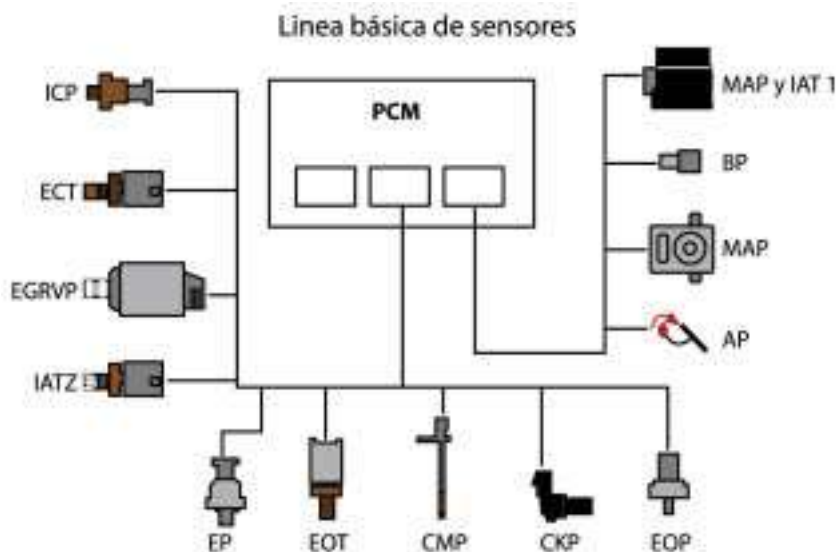
Sensores

Para poder realizar la diagnosis de los diferentes subsistemas del automóvil es necesario obtener información de las variables que caracterizan el comportamiento del proceso bajo estudio. La Figura 3.4 sirve para hacerse una idea cualitativa de la complejidad de los componentes sensoriales asociados a un ECU de automóvil, así en el caso del tren motriz PCM (*Powertrain Control Module*) se incluyen:

ICP: <i>Injection Control Pressure</i>	ECT: <i>Engine Coolant Temp.</i>
IAT2: <i>Intake Air Temperature #2</i>	EP: <i>Exhaust Pressure</i>
EOT: <i>Engine Oil Temperature</i>	CMP: <i>Camshaft Position</i>
CKP: <i>Crankshaft Position</i>	EOP: <i>Engine Oil Pressure Switch</i>
MAF : <i>Mass Air Flow</i>	IAT1: <i>Intake Air Temperature #1</i>
BP: <i>Barometric Pressure</i>	MAP: <i>Manifold Absolute Pressure</i>

AP: *Accelerator Pedal Position*

EGRVP: *Exhaust Gas Recirculation Valve Position*



Unidad electrónica de control ECU

La unidad electrónica de control (*Electronic Control Unit –ECU- o Digital Electronic Control Unit –DECU-*) es el cerebro de cualquier sistema de control electrónico del automóvil, y por tanto la pieza clave para entender la diagnosis electrónica. Normalmente está compuesto por varios circuitos integrados y componentes que se montan sobre una placa de circuito impreso y es empaquetado todo ello en una caja bastante robusta, dadas las condiciones de trabajo adversas que debe soportar.

Figura 3.4
Ejemplo de conjunto de sensores ligados a la unidad de control PCM de un automóvil

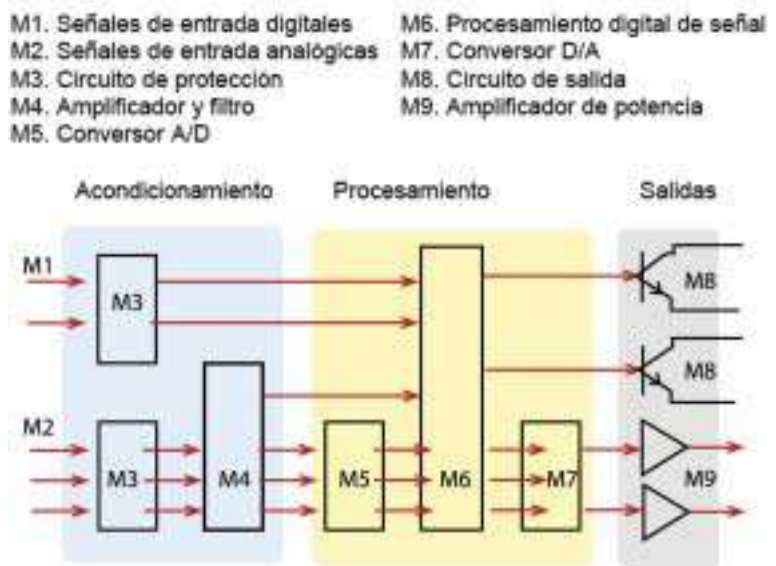


Figura 3.5
Ejemplos de ECU's en un vehículo actual (2005).

Los vehículos actuales tienen más de 100 ECUs, y se prevé que en el futuro alcancen las 200 unidades en un solo vehículo. En la Figura 3.5 se muestran algunos de los ECUs de un vehículo actual (2005): seguridad de acceso en puertas, sistema de transmisión, antibloqueo de ruedas en frenada ABS, control de estabilidad ESP, sistema antipatinaje ASR, dirección asistida, iluminación automática, limpiaparabrisas inteligente, inyección electrónica, sistema de encendido, caja de cambios, climatizador, seguridad activa y pasiva, sistemas multimedia, etc. Todos estos ECUs intercomunicados en red funcionan como un complejo sistema perfectamente coordinado.

La estructura interna de un ECU puede subdividirse en tres bloques, véase Figura 3.6:

*Figura 3.6
Estructura interna de
procesamiento de un
ECU para diagnosis
interna de un vehículo*



- Acondicionamiento de señal de sensores, tanto analógicas (Ej.: sensor de presión) como digitales (Ej.: canales de encóder tacométrico). Entre las tareas de acondicionamiento se incluye:
 - Circuitos de protección (activos y pasivos).
 - Filtrado de señales de ruido de medida

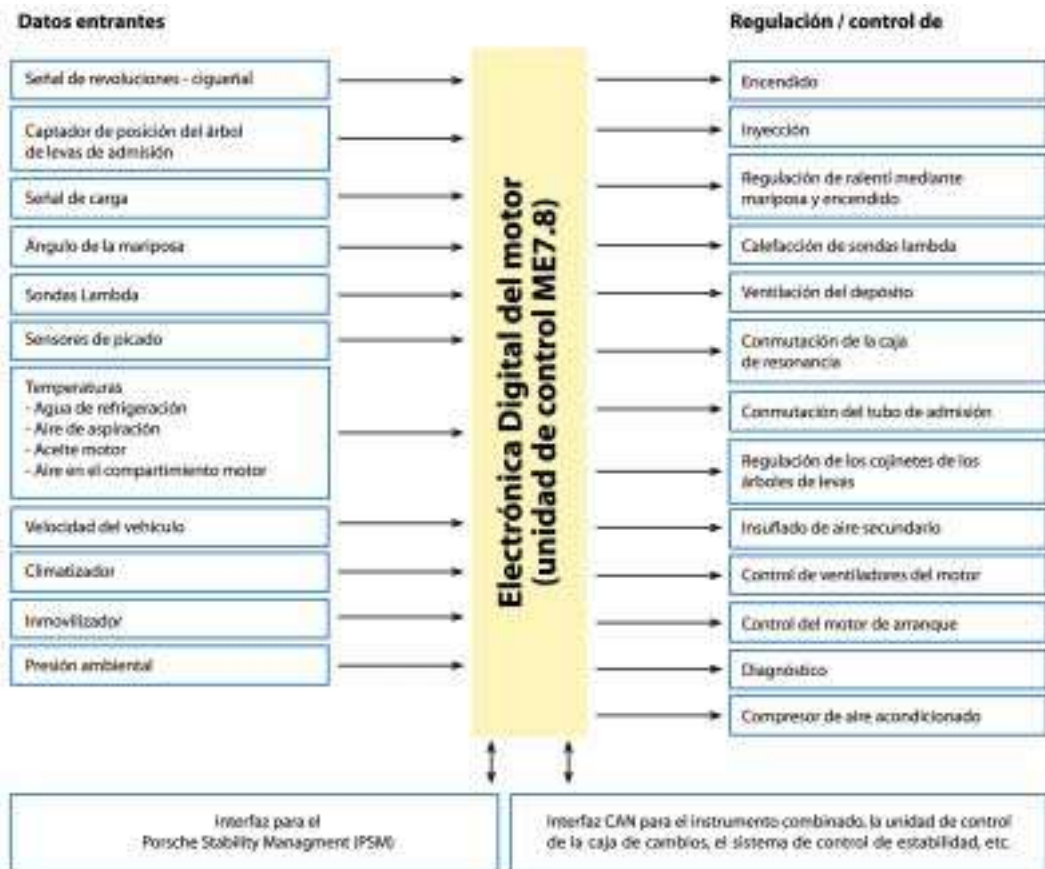


Figura 3.7
Elementos sensores y actuadores asociados al ECU Motronic de Bosch.

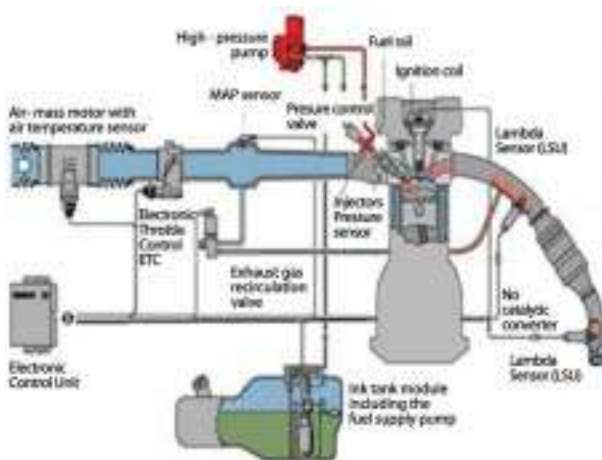
- Adaptación de niveles, con atenuadores o amplificadores
- Conversores A/D para las entradas analógicas.
- Procesamiento digital de señal. La capacidad para implementar algoritmos con cierta complejidad (programa o software del micro), registrar variables de interés, ejecutar programas en tiempo suficientemente rápido con respecto a los tiempos de la dinámica del vehículo ("tiempo real") y la facilidad de reprogramación, han impuesto el procesamiento digital de las señales de entrada al ECU. Dependiendo de la complejidad de la tarea a desarrollar, el dispositivo digital de procesamiento puede ser desde un microcontrolador básico de 8 bits traba-

jando en coma fija hasta un procesador digital de señal o DSP (*Digital Signal Processor*) de 32 bits trabajando en coma flotante. Este motor de procesamiento del ECU se programa para ejecutar una función específica y, a la vez, para soportar tareas de auto-diagnos.

- Adaptación de salidas de actuación. Las salidas digitales del micro requieren una conversión de nivel de tensión y de corriente superior a la proporcionada por el micro para excitar a los dispositivos de actuación (motores eléctricos o hidráulicos generalmente) por lo que se hace necesaria una etapa de adaptación de estas señales. A modo de ejemplo, el arranque del sistema climatizador puede exigir picos de hasta 100 A cuando la señal de mando proveniente del micro es del orden de miliamperios.

En la Figura 3.7 se muestra un ejemplo de ECU para control de motores diseñado por *Bosch* [Bosch, 2004] y conocido como *Motronic*. Aunque inicialmente fue creado para gestionar el encendido electrónico y la bomba de inyección, se han ido incorporando nuevas funcionalidades relacionadas con el control de consumos y emisiones.

Figura 3.8
Ejemplo de ECU:
contexto de aplicación y
tarjeta electrónica de la
unidad de control.



En la Figura 3.8 se muestra un ejemplo de ECU, tanto el aspecto físico de la tarjeta electrónica como el contexto de aplicación.

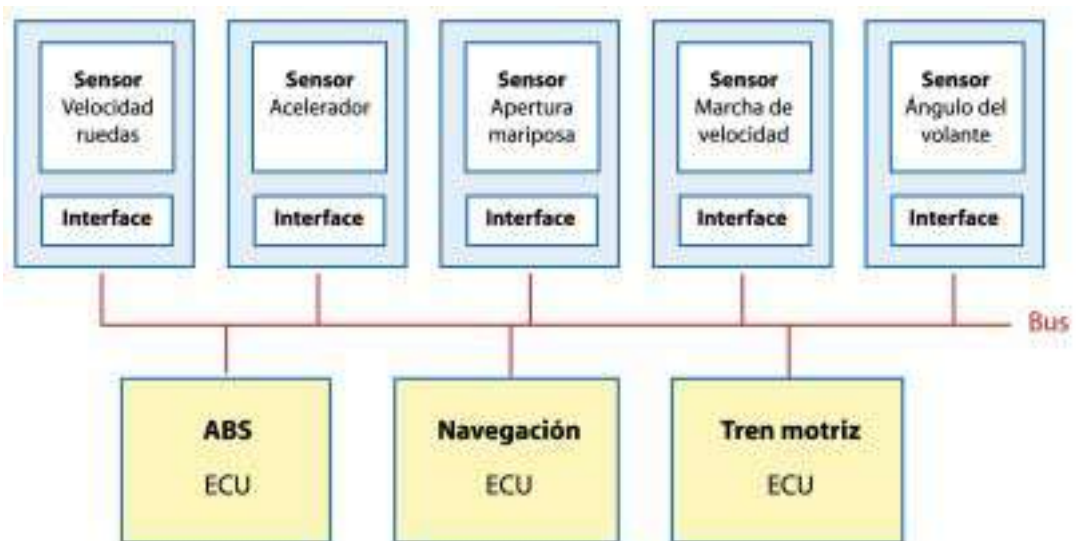
En el Apéndice I se incluyen otros ejemplos de ECUs comerciales.

En el Apéndice II se describe el conjunto de ECUs que firmas como Mercedes-Benz o BMW incluyen en algunos de sus modelos actuales (referencia de 30-diciembre-2004).

Red de comunicación

La proliferación de tarjetas electrónicas especializadas en diferentes elementos a controlar en un automóvil y la necesidad de intercambiar información entre ellas para asegurar el correcto funcionamiento y diagnóstico del vehículo ha llevado a sustituir la estrategia de control centralizado en un único ECU por la de control distribuido de unidades en red, véase la Figura 3.3 y Figura 3.9.

*Figura 3.9
Ejemplo de interfaz electrónico común, de acceso a bus, para los diferentes ECUs interconectados.*



Una red local de comunicación, también en el sector del automóvil, ha de cumplir la regla de las tres "I":

- Interconectividad, permitiendo que equipos de diferentes fabricantes puedan ser conectados físicamente entre sí

- Interoperabilidad, garantizando la compatibilidad hardware como software para hacer posible el trasiego de información entre los equipos conectados
- Intercambiabilidad, haciendo posible que equipos funcionalmente equivalentes puedan ser reemplazados con éxito.

Para facilitar la conexión de diferentes ECUs a una misma red, se suele recurrir al mismo interfaz de bus (*driver* de conexión física) integrado en la tarjeta, independientemente de la funcionalidad de ésta, véase la Figura 3.9. Así, por ejemplo, *Daimler-Chrysler* utiliza una capa física común para sus aplicaciones basadas en J1850,. Durante varios años se hizo uso del circuito *Harris HIP-7020* mientras que actualmente se recurre al circuito *Philips AU-5780*. Sin embargo, algunos microcontroladores, como los de Motorola, incorporan esta función transceptora, lo que contribuye a reducir el resto de elementos hardware de la tarjeta ECU.

Los múltiples sistemas electrónicos integrados en el automóvil se organizan en redes y subredes con elementos de enlace (*gateway*) que actúan como pasarelas para facilitar la comunicación entre ellos y la implementación de funcionalidades cada vez más complejas, véase la Figura 3.10 y Figura 3.11.

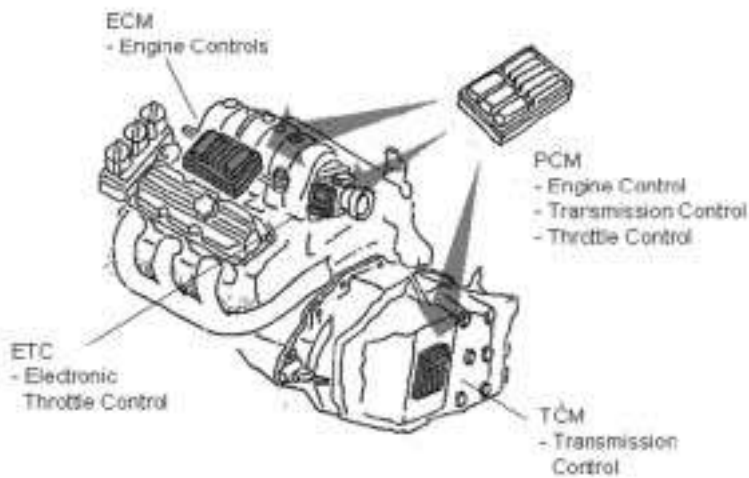
Ello no es óbice para que un solo ECU pueda integrar varias funciones, como es el caso de la Figura 3.11 en la que el módulo PCM (*Powertrain Control Module*) se encarga de controlar el motor ECM, la transmisión TCM y la válvula de aceleración ETC. Frente a la ventaja de reducir el número de microcontroladores y el de nodos en red, esta opción reduce la tolerancia a fallos y dificulta la generalización de tarjetas especializadas de firmas independientes a la del vehículo.

La existencia de redes de comunicación entre ECUs presenta varias ventajas:

- reduce el cableado, con el ahorro de peso y volumen que ello supone



*Figura 3.10
Ejemplo de enlace entre
redes y multiplexación
de información en
vehículos avanzados.*



*Figura 3.11
Ejemplo de integración
de funciones en una
unidad de control PCM*

- aumenta la capacidad de intercambio de datos, en volumen y velocidad
- reduce la probabilidad de fallos entre dispositivos
- permite el acceso múltiple a un nodo de la red
- hace posible un crecimiento racional y ordenado de nuevos ECUs
- permite la configuración y calibración remotas
- facilita el mantenimiento y diagnóstico del conjunto

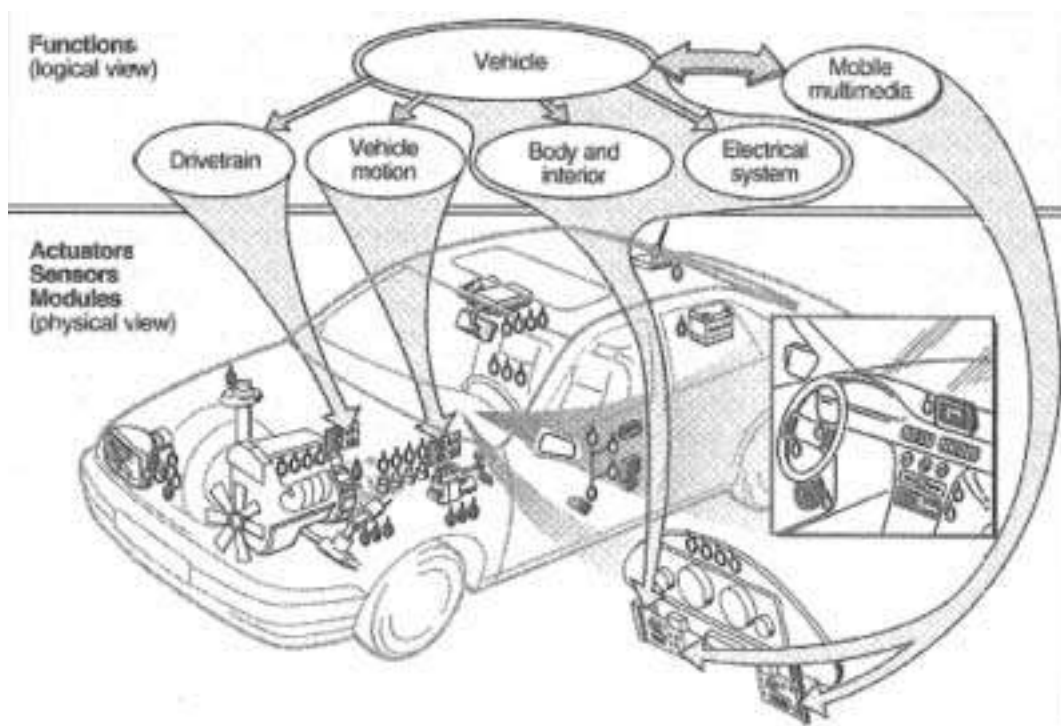
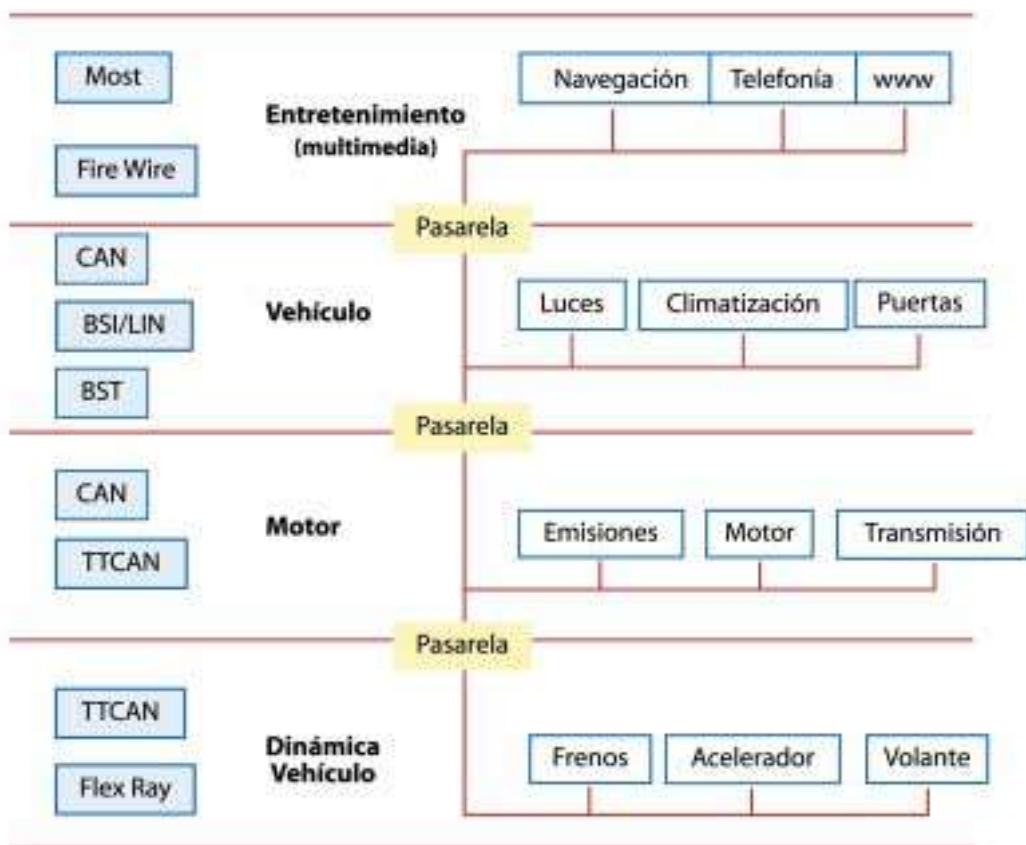


Figura 3.12
Subdivisión de la
electrónica del
automóvil en dominios
lógicos y relación con su
implementación física.

El mayor inconveniente que presentaba para los fabricantes de ECUs la co-existencia de múltiples buses y protocolos para la implementación de redes de comunicación se ha superado con la implantación generalizada de un estándar con protocolo abierto: red CAN, abordada en el apartado siguiente.

La conexión física de los elementos en red puede ser por cable trenzado, apantallado o por fibra óptica, según la distancia a cubrir y la velocidad de comunicación permitida.

Bosch [Bosch, 2004] plantea una clasificación de los sistemas electrónicos embarcados en el automóvil, véase Figura 3.12, similar a la mostrada en la Figura 3.2. La red de comunicación entre los diferentes elementos de control se estructura en cuatro niveles estableciendo elementos de enlace (*gateways*) o pasarelas entre ellos, según se indica en la Figura 3.13.



*Figura 3.13
Arquitectura de red de
comunicación
electrónica típica de un
vehículo.*

para el funcionamiento del vehículo (transmisión, inyección, programas de estabilidad electrónica ESP o antibloqueo de ruedas ABS). El bus más extendido es el CAN (*Controller Area Network*) y su versión más avanzada TTCAN. La velocidad de transmisión de datos típica para garantizar el control electrónico en tiempo real del sistema motriz está en el rango de 125 Kb/s a 1 Mb/s.

- Complementos (*bodywork*). Son múltiples los dispositivos que se incluyen en este nivel (luces, aire acondicionado, puertas, espejos, ventanillas, regulación de asiento y volante, tablero de instrumentos, etc.) con los correspondientes sistemas electrónicos asociados. Los buses dedicados a dar servicio a este nivel están en el rango de entre 1 Kb/s y 125 Kb/s. Los buses de

comunicación más conocidos son CAN, BSI (*Bit-Synchronous Interface*) y LIN (*Local Interface Network*).

- Sistema multimedia. La incorporación de nuevas tecnologías de comunicación al mundo del automóvil (radio, CD, DVD, GSM, GPS, etc.) con requerimientos de grandes anchos de banda (hasta 100 Mb/s) ha obligado a la implantación de buses como el MOST o el Firewire con reducidos niveles de emisión de interferencias a la vez que bastante inmunes a radiaciones externas no deseadas.
- Dinámica del vehículo, bloque compuesto fundamentalmente por los sistemas de dirección, aceleración y frenado electrónicos en los que ya se está trabajando a nivel de prototipo, soportados por los buses *TTCAN* y *FlexRay*.

En la Figura 3.14 y Figura 3.15 se ubican algunos de los elementos electrónicos conectados en redes que se comunican entre sí. Como puede comprobarse, el conector disponible para la conexión con el *Scantool* utilizado en la diagnosis externa (*on-line*) constituye un nodo más de la red.

Los mensajes intercambiados en la red pueden ser periódicos o por eventos:

- Periódicos o síncronos, son enviados a un intervalo fijo (generalmente entre 1s y 10 s) y suelen incorporar una información continua de datos: velocidad del vehículo, régimen de revoluciones del motor, etc. Esta clase de datos están ligados a los sistemas de comunicación con una velocidad media/alta.
- Por eventos, o mensajes que se generan tras alguna variación en el modo normal de operación y esta situación ha de transmitirse a diferentes nodos (tras un tiempo de latencia), tal es el caso de detección de anomalías o activación de mandos por parte del conductor.

Automotive networking

Body/multiplex systems:

- 1 Lighting,
- 2 Air conditioning,
- 3 Anti-theft alarm,
- 4 Actuators and sensors,
- 5 Doors, locks, mirrors,
- 6 Passenger-compartment sensing,
- 7 Energy management,
- 8 Other options,
- 9 Navigation, location detection/gateway/firewall,

Infotainment/multimedia:

- 10 Human-machine interface (e.g. display instruments),
- 11 Gateway/firewall,
- 12 Audio/video,
- 13 Mobile communications,
- 14 Other options,
- 15 Engine management,
- 16 Brake management (e.g. ESP),
- 17 Transmission shift control,
- 18 Steering,

Driving-related functions:

- 19 Chassis system,
- 20 Environment sensors, Adaptive Cruise Control (ACC),
- 21 Driver-restraint systems (airbags, seat-belt tighteners, etc.),
- 22 Other options,
- 23 Diagnosis interface.

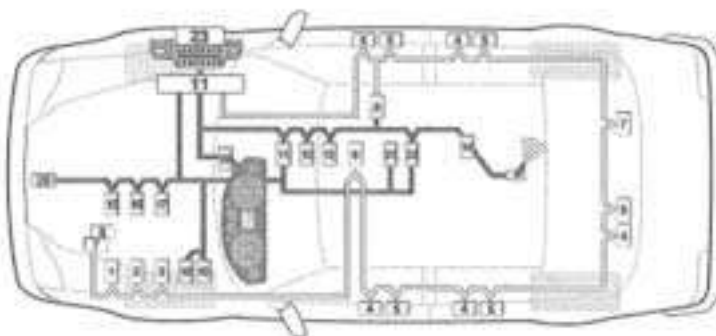


Figura 3.14
Ejemplo de elementos electrónicos del automóvil interconectados en red.

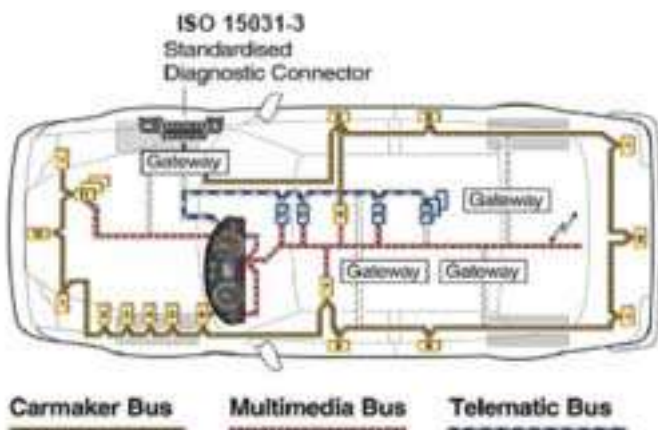
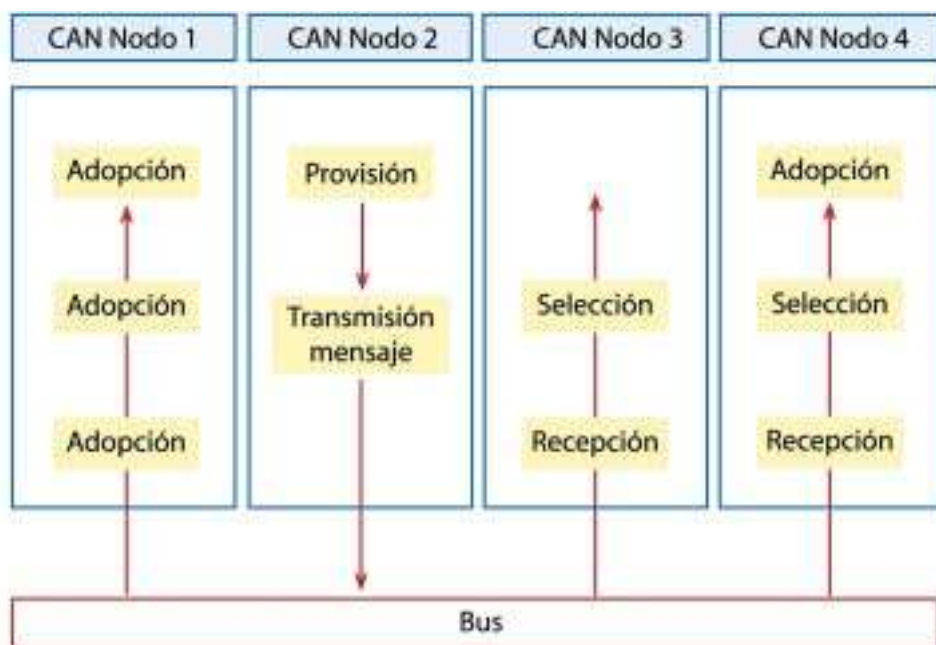


Figura 3.15
Ejemplo de interconexión entre redes de comunicación de un vehículo.

BusCAN

El bus de comunicación más extendido, y de hecho el estándar en el sector industrial del automóvil, es el CAN (*Controller Area Network*). Fue desarrollado por Bosch en 1985 como red de trabajo para control industrial, pero rápidamente fue reconocida su robustez, alto nivel de seguridad, fiabilidad y aplicabilidad al diagnóstico por las principales compañías automovilísticas.



*Figura 3.16
Ejemplo de
direccionamiento de
nodos en bus CAN y test
de aceptación de
mensajes, el nodo 2
transmite un mensaje y
los nodos 1 y 4 son
receptores del mismo.*

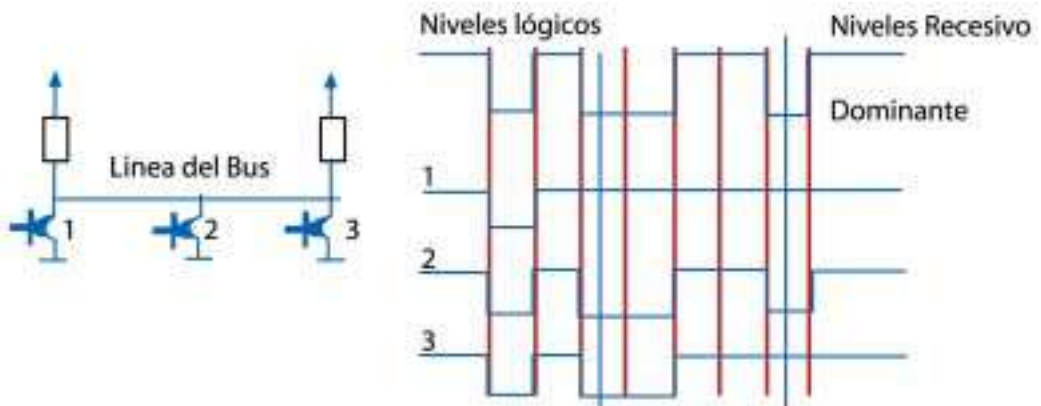
Es un bus diseñado para aplicaciones en las que se requieren transferencia de mensajes multinodo en tiempo real, como es el caso del sector del automóvil y del ferrocarril.

La topología de este bus serie es de múltiples maestros (*multi-master*), de forma que los elementos conectados tienen la misma prioridad en el bus. Esto permite que la inoperatividad de un nodo no impida la funcionalidad y acceso del resto, con ello la probabilidad de que el sistema total falle es mucho menor que con otras, como la topología en estrella donde un nodo maestro coordina el tráfico de los nodos esclavos, o la topología en anillo en la que las terminaciones del bus se unen.

CAN hace uso de direccionamiento basado en mensajes. Esto implica que cada mensaje puesto en el bus lleva un identificador asociado, indicativo del contenido del mismo. El subsistema de recepción de cada nodo filtra el identificador del mensaje, es decir lo acepta si está incluido en su lista de identificadores permitidos, véase Figura 3.16. Con esto se simplifica la gestión de direcciones con la incorporación o sustracción de nodos del bus.

Cada nodo puede empezar a emitir mensajes tan pronto como el bus esté libre. Si dos nodos intentan acceder al mismo tiempo, el sistema de arbitración del bus da paso al mensaje con mayor prioridad. Téngase en cuenta que la etiqueta del identificador del mensaje es indicativa tanto del contenido como de la prioridad del mismo.

En el protocolo CAN el nivel lógico bajo (0 lógico) es dominante frente al nivel alto (1 lógico) o recesivo, de modo que el nodo con bit de arbitración alto pierde su derecho de acceso, véase Figura 3.17. En definitiva, la lógica del bus utiliza el mecanismo de una AND cableada.



CAN soporta dos tipos de formato de mensaje: estándar y extendido, la diferencia está en la longitud del identificador (arbitración del mensaje) siendo de 11 bits para el primero y 29 (11+18) para el segundo. Así el tamaño del mensaje transmitido tiene un máximo de 130 bits en el formato estándar y 150 bits en el extendido. El mensaje completo consta de siete campos, según se muestra en la Figura 3.18:

*Figura 3.17
Ejemplo de arbitración
de mensajes
característico del bus
CAN.*

- Inicio de mensaje o trama (SOF, *Start of frame*). Es el bit que indica el comienzo de la transmisión y permite la sincronización de las estaciones receptoras de los nodos.

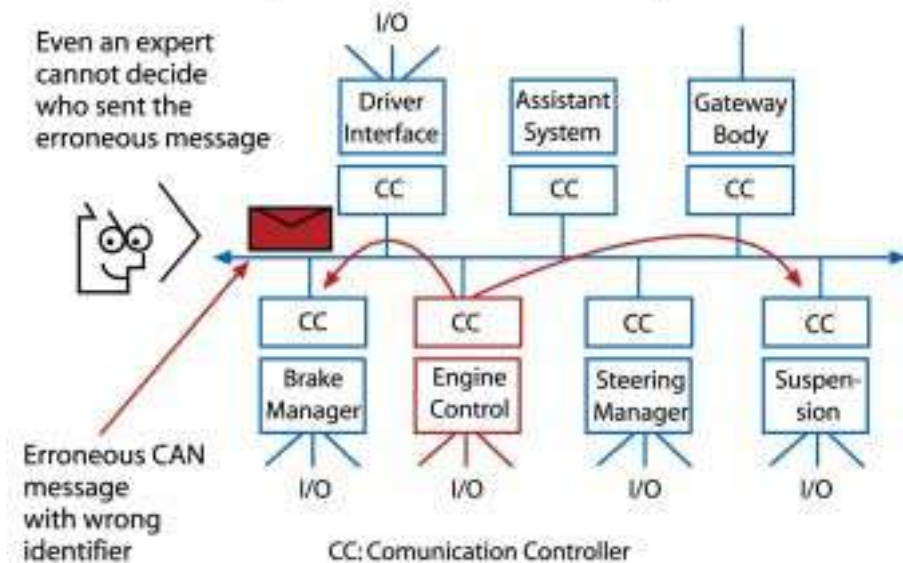


Figura 3.18
Formato de mensajes
utilizado en bus CAN.

- Arbitración de mensaje, consta de dos partes: identificador y bit de control. Cuando se transmite este campo el transmisor chequea que no hay ningún otro mensaje de mayor prioridad tratando de acceder al bus, lo que podría cancelar la autorización de acceso del propio mensaje. El bit de control sirve para garantizar la correspondencia entre emisor (bit SRR *Source Reception Request*) y receptor (bit RTR *Remote Transmission Request*) del mensaje.
- Control de mensaje. Se trata de un código correspondiente al número de bytes incluidos en el campo de datos. El bit IDE indica si es un mensaje en modo estándar o extendido.
- Campo de datos (DLC). Contiene la información del mensaje y su longitud varía entre 0 y 8 bytes. Un mensaje de 0 bytes puede utilizarse para sincronizar el proceso de comunicación.
- Campo de chequeo de redundancia cíclica –CRC-. Esta palabra (16 bits) sirve de test para detectar posibles interferencias en la transmisión.
- Reconocimiento –ACK- de mensaje. Consiste en 2 bits utilizados por los nodos receptores para indicar que la información se ha recibido sin errores.
- Fin de trama (EOF, *End of Frame*). Son 7 bits recesivos que marcan el final del mensaje.

El nodo transmisor inicia el proceso enviando una petición que es correspondida por el nodo receptor con otro mensaje de igual identificador pero con distinto bit de control (“data frame” en caso de emisor y “remote frame” en caso del receptor).

An Example: Diagnostic Deficiency in CAN



*Figura 3.19
Deficiencia en el
diagnóstico de fallos de
una comunicación CAN
por parte de un experto.*

El bus CAN cuenta con varias estrategias para detección de errores:

- chequeo de redundancia cíclica (CRC),
- verificación del relleno de bits (*bit stuffing*),
- test de trama,
- verificación del nivel de bits y
- verificación del campo de reconocimiento.

Esto proporciona un alto nivel de fiabilidad en el intercambio de mensajes entre nodos de la red, tarea que difícilmente podría realizar un experto humano como muestra la Figura 3.19.

Los estándares para el intercambio de información seguidos por el bus CAN en el contexto del automóvil son ISO y SAE:

- ISO 11519-2 para aplicaciones de baja velocidad (hasta 125 Kbits/s)

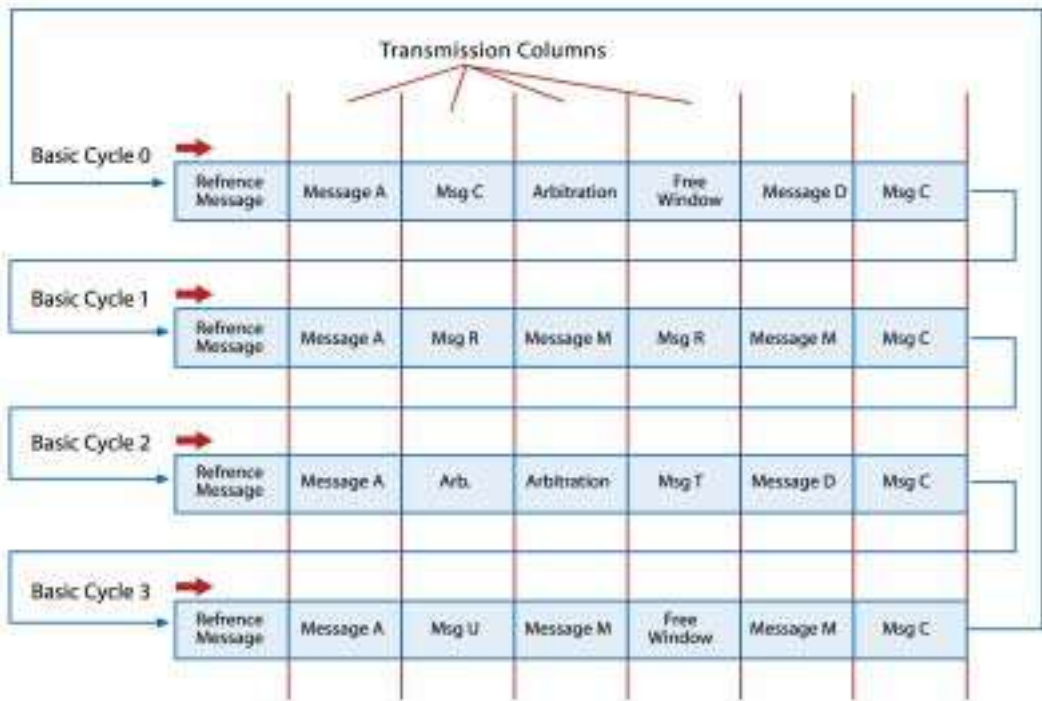
- ISO 11898 y SAE J22584 para velocidades superiores a 125 Kbits/s

Además, se ha desarrollado el estándar ISO 15765 para diagnóstico vía CAN.

Atendiendo al nivel físico del bus CAN, cabe comentar que utiliza una codificación de bits del tipo “no retorno a cero” NRZ. A la máxima velocidad (1Mbit/s) se permiten longitudes de cable de hasta 40 metros con un máximo de 32 nodos, si bien cabe la posibilidad de conectar varias redes entre sí. La solución más común para el medio físico es la del par trenzado, con dos líneas CAN_H y CAN_L terminadas por resistencias de 120 Ω . La naturaleza diferencial de la transmisión confiere a este tipo de bus una alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas radiadas y conducidas.

*Figura 3.20
Matriz de tiempos
asignados a los
intercomunicación entre
nodos en TTCAN.*

TTCAN (*Time-Triggered CAN*) es la evolución del bus CAN, con un protocolo mejorado con capacidad de operar en modo disparo por



tiempo frente a los modos disparo por eventos. La planificación de la red está basada en una matriz de asignación de tiempos para los diferentes nodos conectados al bus TTCAN. Con el reparto de ventanas de tiempo para los diferentes nodos, véase la Figura 3.20, se reducen los tiempos de sincronismo y se optimiza la disponibilidad del bus.

La asignación de tiempos a nodos dentro de la matriz de comunicación en el bus TTCAN es configurable y totalmente compatible con la red CAN. El estándar seguido por esta red se describe en ISO 11898-4.

La posibilidad de llegar a un ancho de banda de 10 Mbits/s y protocolos que lo soporten (por ejemplo *FlexRay*) está siendo objeto de estudio por los sectores implicados en el mundo del automóvil.

La continua evolución de este sector industrial ha provocado que sistemas actuales relacionados con la dinámica del automóvil: dirección, aceleración y frenado, de naturaleza mecánica e hidráulica tiendan a ser reemplazados por otros de naturaleza electrónica, lo que ha dado origen a un nuevo tipo de red *X-by-Wire* (dirección-by-wire, freno-by-wire, acelerador-by-wire), con su propio protocolo. Para seguir manteniendo las demandas de fiabilidad, seguridad y tolerancia a fallos, este tipo de redes presentan mayores restricciones temporales (véase capítulo 4).

A modo de resumen, las ventajas principales del bus CAN son:

- Alta fiabilidad en la transferencia de mensajes, gracias a los mecanismos de detección de errores que implementa
- Configuración en modo multi-maestro, con lo que todos los nodos tienen las mismas oportunidades de acceso a la red, y si uno de ellos falla el sistema sigue funcionando
- Sincronización adecuada para que los datos lleguen puntualmente a todos los nodos implicados en el proceso de comunicación

Panel de instrumentación



Figura 3.21
Esquema de un panel de
instrumentación
(instrument cluster)
típico de automóvil.

- Flexibilidad en la configuración, lo que facilita la inserción de nuevos nodos en la red, o la eliminación de algunos de los existentes, sin que afecte al funcionamiento del sistema
- Acceso al bus mediante una estrategia de prioridades contenida en el propio mensaje transmitido, sin destruir los mensajes menos prioritarios
- Sistema de corrección de errores, permitiendo que se puedan corregir los detectados durante la transmisión, y mensajes que se reciben incorrectamente puedan ser retransmitidos
- Direccionamiento basado en el contenido de los mensajes transmitidos, esto supone que los nodos de la red carecen de dirección específica
- Desconexión automática de aquellos nodos que son fuente continua de error, bien como transmisor o como receptor
- Elevada inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, radiadas y/o conducidas

Lámparas indicadoras de fallo

Las lámparas indicadoras de mal funcionamiento (*Malfunction Indicator Lamp* –MIL–) son el testigo habitual para los resultados de la diagnosis interna, especialmente de los relacionados con la contaminación medioambiental (impuesto por la *Environmental Protection Agency* –EPA– americana).

Generalmente se concentran en el panel de instrumentación (*instrument cluster*) y monitorización en frente del conductor, tratando de conjugar ergonomía y visualización inmediata, véanse la Figura 2.5, Figura 2.11, Figura 3.14, Figura 3.15 y Figura 3.21. El incremento de funciones e información a comunicar al conductor está haciendo que se recurra a pantallas alfanuméricas de múltiple uso e incluso a mensajes de voz sintetizados por el propio vehículo.

El color de la lámpara es diferente en función de la gravedad (información, precaución o reparación inmediata) del problema detectado.



*Figura 3.22
Símbolo aceptado por
ISO para: a) detección de
exceso de emisiones, b)
indicación de mal
funcionamiento del
motor*

En modo de operación normal las lámparas de diagnóstico están apagadas. Con la llave en posición de encendido y motor apagado las MIL se encienden antes del arranque del vehículo, lo que sirve de prueba de estos indicadores de diagnóstico.

Cuando una lámpara de diagnóstico permanece encendida después de que el motor está funcionando, el ordenador de a bordo detecta un problema que no desaparece (lo que se conoce como un error "actual"). La luz permanecerá encendida en tanto el problema siga estando presente, almacenándose un código de problema DTC asociado en la memoria del ordenador.

Si una lámpara se enciende y se apaga, con el motor funcionando, el ordenador registra un problema (fallo intermitente), y aunque la MIL siga apagada el código de error queda registrado para su evaluación posterior (diagnóstico externo).

La simbología utilizada para la indicación de los diferentes fallos está normalizada, a modo de ejemplo en la Figura 3.22.a se muestra el correspondiente a la detección de exceso de emisiones.

En la Figura 3.22.b se muestra un indicador de mal funcionamiento del motor de un vehículo; una lámpara amarilla con el símbolo de un motor, de acuerdo con el estándar EOBD (directiva europea). La lámpara se enciende en caso de:

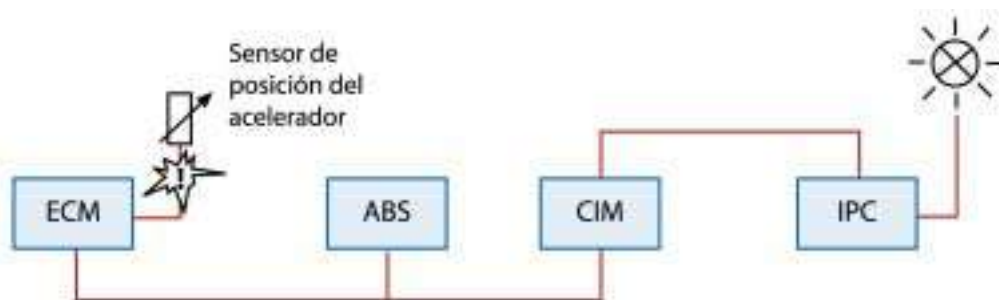
- detección de mala combustión, en este caso se detecta un flash en la lámpara,
- error en el sistema de expulsión de gases
- error en el autodiagnóstico del sistema de transmisión y gestión del motor
- fallo en el sistema de encendido.

En la Figura 3.23 se muestra un ejemplo de aplicación de activación de la lámpara de fallo del sensor de posición del acelerador, indicándose el flujo de información desde el origen del fallo hasta su indicación en el panel de instrumentación. Las siglas CIM e IPC significan módulo de interfase de comunicaciones entre buses y panel de control de instrumentación, respectivamente.

3.2.3 Procedimiento para la diagnosis

Tradicionalmente el proceso de diagnosis se ha limitado a verificar si un dispositivo está en servicio o si los valores de ciertas variables están dentro de los márgenes permitidos. Sin embargo, el rango de valores indicativos de buen funcionamiento es dependientes de las condiciones de trabajo (climatológicos, estado de la carretera, antigüedad del vehículo, etc.).

También pertenece a la diagnosis clásica la incorporación de sistemas electrónicos redundantes (fundamentalmente sensores), lo



*Figura 3.23
Ejemplo de aplicación
de activación MIL.
Procedimiento para la
diagnosis*

que se traduce en un aumento de coste, complejidad, volumen y peso en el vehículo.

Para superar estos inconvenientes se ha ido introduciendo la estrategia de diagnosis basada en modelos con las siguientes ventajas:

- Mejorar la capacidad de previsión en la diagnosis, detectando comportamientos anómalos antes de que se traduzcan en fallos. Lo que supone poder realizar las tareas de diagnosis de forma pasiva sin alterar el proceso de funcionamiento.
- Contemplar la interrelación entre variables y sistemas (análisis multidimensional) para identificar y aislar mejor las causas de fallo.
- Prescindir de sistemas redundantes que garantizan la sustitución por un bloque funcionalmente equivalente cuando otro falla.

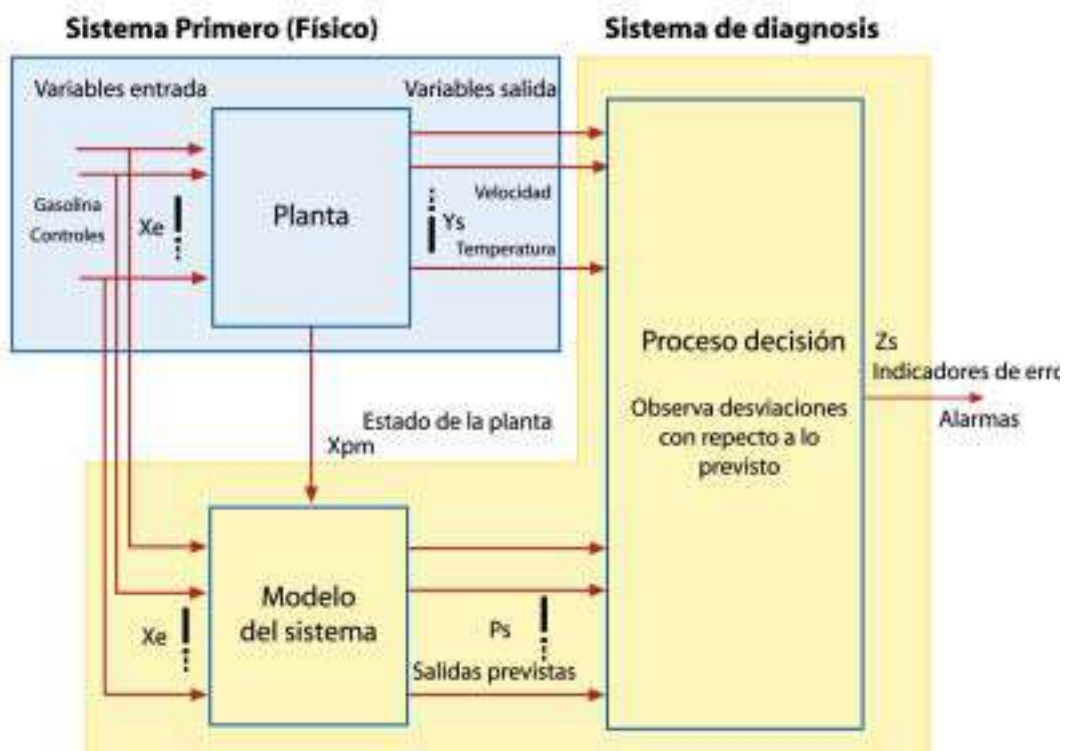
En los sistemas de diagnóstico se suelen utilizar como tecnologías de procesamiento de señal desde un análisis temporal, o un análisis en el dominio de la frecuencia para evaluar las componentes espectrales, hasta una descomposición en *wavelets*. Para tomar la decisión final, resultante de comparar la diferencia entre las dos situaciones (normal y error), se usa a menudo un sistema experto basado en reglas lingüísticas. Así un mecánico experto puede indicar las situaciones de error de una manera lingüística de sencilla comprensión y extrapolarla a reglas de decisión posteriormente.

En este apartado se abordan las estrategias de decisión comunes a los diferentes fabricantes para llevar a cabo el autodiagnóstico (diagnóstico interno) del automóvil. Se describe la utilidad de contar con modelos de funcionamiento a utilizar como referencia en la propuesta de mejoras de funcionamiento y también en la detección de fallos y se resumen brevemente las ideas básicas de las tecnologías de decisión más utilizadas: neuronales, borrosas, sistemas expertos, etc.

Diagnosis basada en modelos

La diagnosis basada en modelos se aplicó inicialmente a sistemas relacionados con el motor de arranque (*spark ignition*) y los sensores asociados. Sin embargo, es una estrategia que se ha ido extendiendo a otros subsistemas del automóvil.

Figura 3.24
Esquema genérico de la estrategia de diagnosis interna del automóvil.



Development methods in the model-based development of software functions

- 1 Computer modeling and simulation of software functions as well as the vehicle, driver, and environment,
- 2 Rapid prototyping of the software functions in the real vehicle,
- 3 Realization of software functions on a network of electronic control units (ECU),
- 4 Integration and testing of ECUs with working vehicles and test benches,
- 5 Testing and calibration of the software functions of the ECUs in the vehicle.

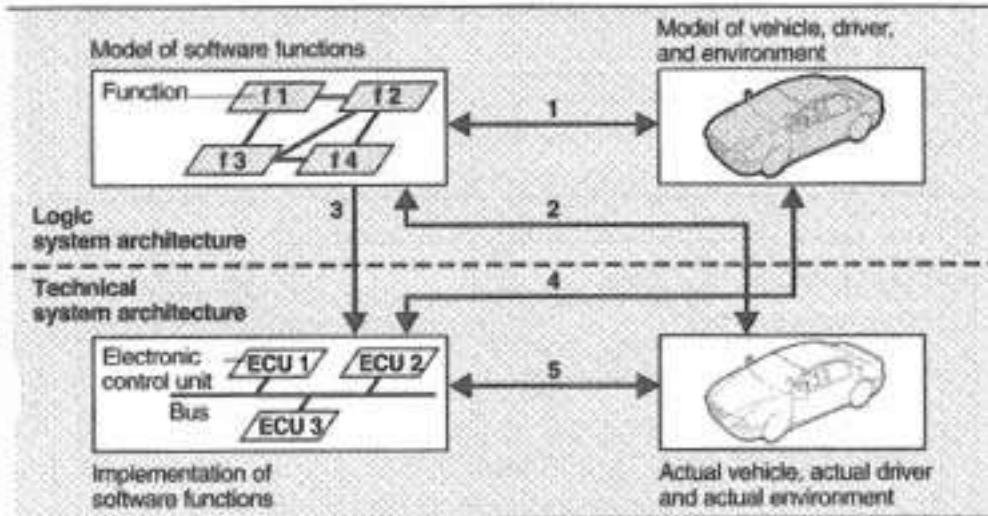


Figura 3.25
Aplicación de modelos
software al desarrollo de
sistemas electrónicos
para la diagnosis del
automóvil.

La idea fundamental se muestra en la Figura 3.24. El sistema electrónico bajo estudio, denominado planta por seguir la terminología de los tratados de control, recibe señales de entrada y proporciona las correspondientes salidas, todas ellas cuantificables digitalmente en sucesivos periodos de muestreo. Los posibles sistemas de realimentación asociados al ECU se incluyen en el comportamiento de la propia planta. En paralelo con la planta se diseña un sistema secundario que responde al modelo de buen funcionamiento de la planta real. El modelo será tanto mejor cuanto más fielmente refleje el comportamiento de aquella. Un buen modelo ha de tener base teórica (física) y empírica (probado experimentalmente) y ser intrínsecamente dinámico (dependiente del tiempo).

Las entradas del sistema real bajo estudio (planta) son igualmente aplicadas al modelo. El proceso de decisión se encarga de

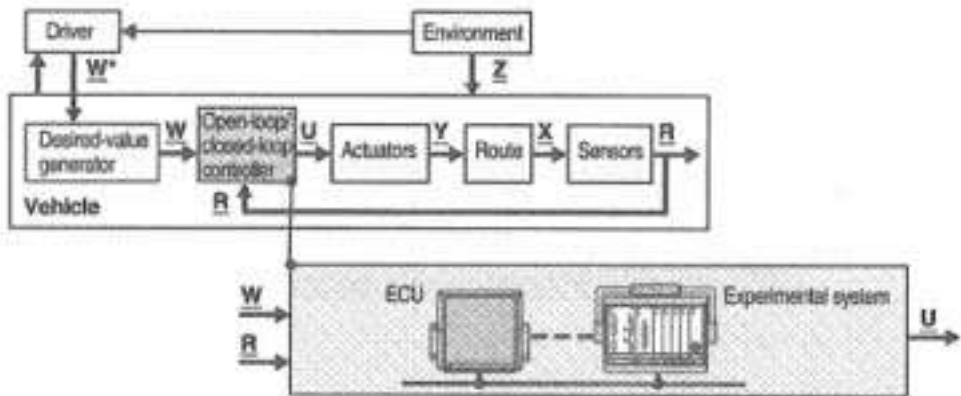
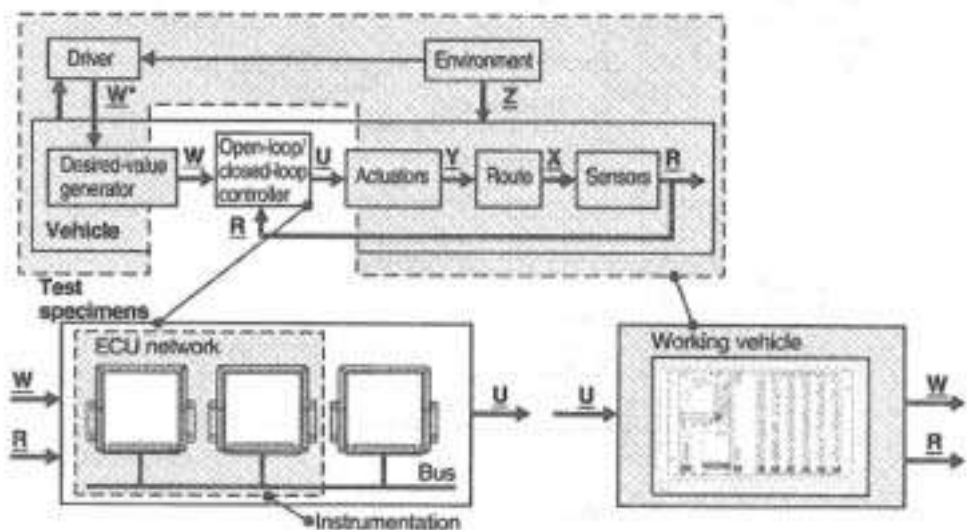


Figura 3.26
Ensayo de ECU real a
partir de condiciones de
trabajo simuladas.

comparar las salidas de la planta real con las del modelo de buen funcionamiento de la misma. Si las diferencias son despreciables no se consideran, pero si las desviaciones son significativas se entienden como detectoras de mal funcionamiento y activan la correspondiente luz indicativa (MIL del apartado 3.2.2).

Figura 3.27
Ajuste de la algoritmia
(y/o modelo) de un ECU
a partir de
instrumentación de
cálculo actuando sobre
el sistema real (vehículo
en acción).

La clave está en establecer, de forma rápida y correcta, el límite entre desviación residual o despreciable y desviación importante, teniendo en cuenta que las salidas reales incorporan cierto nivel de ruido y que el modelo matemático nunca es un fiel reflejo de la planta



real. Esto da lugar a incertidumbres en la toma de decisiones que pueden ocultar problemas reales (errores de tipo I) o incluso catalogarlos como tal aquellos que no lo son (errores de tipo II). Los segundos son más comunes en el periodo infantil del equipo mientras que los primeros crecen tras el periodo de vida útil del sistema de diagnosis.

No hay que olvidar que la planta o sistema real tiene un comportamiento fuertemente no lineal. La tarea de su modelado tiene una componente matemática (ecuaciones diferenciales y relaciones lógicas entre variables) resultado de leyes físicas, y otra empírica basada en datos experimentales. Con todo, el modelo no deja de ser una aproximación de la planta real y en la medida en que esta relación se estrecha la complejidad del modelo se incrementa. De ahí que la limitación de la diagnosis basada en modelos venga impuesta por el grado de exactitud conseguido para éstos.

El contar con buenos modelos de comportamiento de los ECUs permite realizar simulaciones exhaustivas y predecir la respuesta del sistema en situaciones límites (valores máximos de variables, tolerancias de componentes, etc.) sin tener que llegar a la experimentación que puede poner en peligro la integridad del sistema electrónico.

Además, se puede utilizar el modelo de ciertos subsistemas para ensayar el comportamiento real de otros en laboratorio, concepto conocido como prototipado rápido (*rapid prototyping*), véase Figura 3.25. La continua comparación entre resultados reales y de laboratorio permite el perfeccionamiento de los modelos. En el apartado 4.3.4 de este trabajo se abunda en la idea aquí presentada.

Otra utilidad del prototipado rápido es emular las condiciones del entorno (carretera) y del conductor para probar la efectividad del sistema electrónico de control ECU, como se indica en la Figura 3.26, donde R representa el vector de salida de los sensores que se realimentan en lazo cerrado, U es el vector de control, W es el vector de referencias o *set-point* (W^* si son fijadas por el conductor), Y es el vec-

tor de actuación y X el de variables sensadas, Z es el vector de perturbaciones del entorno.

Y al revés, ajustar el software del ECU o su modelo insertando una herramienta de cálculo (incluso un ordenador) en lazo cerrado con el resto del sistema real, tal y como indica la Figura 3.27.

Tecnologías de decisión

La diagnosis de fallos es un problema de ingeniería, el cual ha sido ampliamente estudiado y analizado, pero que presenta distintos temas abiertos al campo de la investigación y de la innovación. Las tecnologías y métodos aplicados en la diagnosis de fallos de sistemas dinámicos van desde la diagnosis por parte de personal experto con la ayuda de diferente instrumental hasta complejos modelos estadísticos. En los últimos años, diferentes metodologías de inteligencia artificial (redes neuronales, lógica borrosa, sistemas expertos, etc.) han sido aplicadas. Un sistema de diagnóstico actual consta de varias fases de procesamiento e integra diferentes bases de conocimiento obtenidas del proceso de fabricación, mantenimiento y reparación.

Métodos de estimación y decisión basados en sistemas expertos

Desafortunadamente, tras la introducción de un nuevo vehículo no se tienen desarrolladas todas las capacidades de diagnóstico del mismo. Ello se debe principalmente a la dificultad y complejidad inherente que tiene el producir información fiable y suficiente para diagnosticar los fallos de los sistemas embarcados. Por otra parte, el incremento de funcionalidades aumenta los costes de generación de funciones y capacidades de diagnóstico para un vehículo.

Al diseñar un sistema de diagnóstico, bien a partir del manual de servicio o bien de un sistema más elaborado que haga uso de un sistema de resolución de problemas experto, se deben utilizar diferentes modelos de fallos, para así buscar cuál es la causa o raíz de los

fallos en el sistema o componentes del mismo. Y se debe realizar un análisis para encontrar los problemas relevantes de un diseño y, si es posible, modificar el diseño para, en la medida de lo posible, evitar esos problemas.

Además, se debe analizar el sistema de arriba a abajo, descomponiendo las principales funcionalidades de los distintos subsistemas. También de abajo arriba, expresando el comportamiento de los

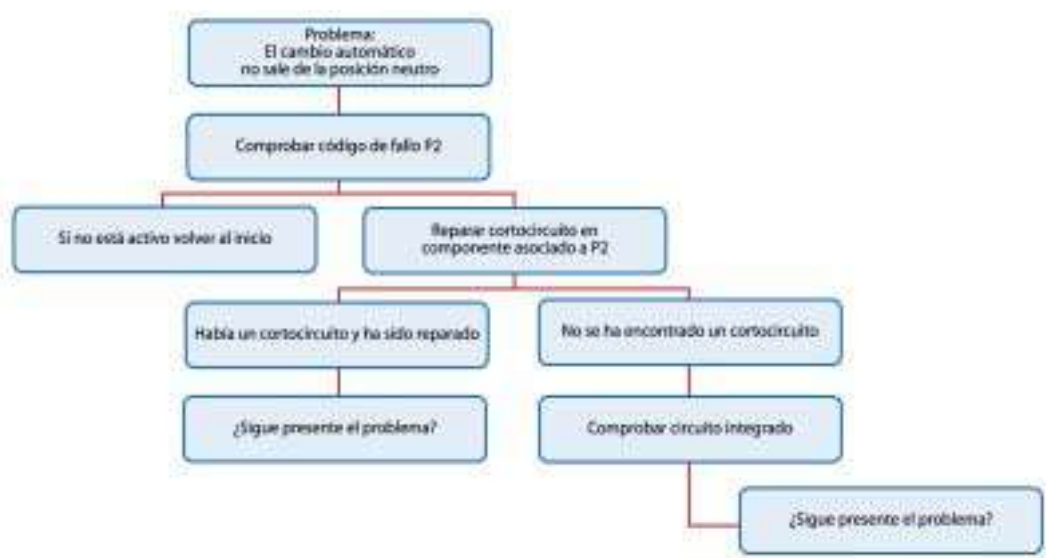


Figura 3.28
Árbol de decisión para
ayuda al diagnóstico de
un fallo en el cambio
automático

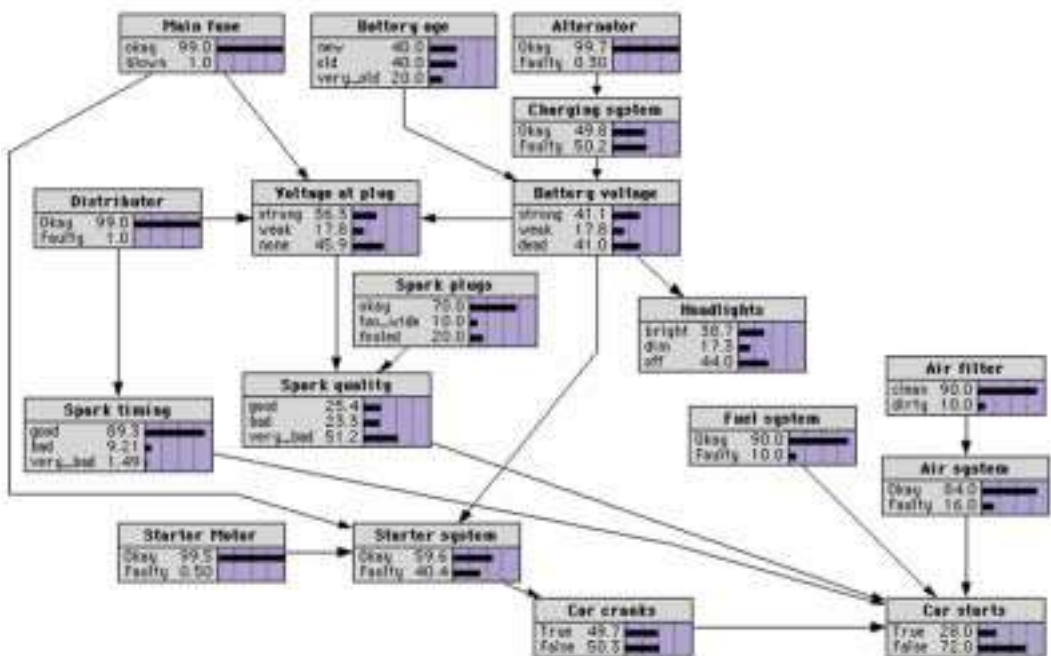
componentes como funciones necesarias para realizar los objetivos encomendados a cada subsistema. Se definen diferentes modos de fallos y los cambios de comportamiento resultantes de aplicar dichos fallos son clasificados atendiendo a su efecto adverso en la consecución de los objetivos de funcionamiento global.

Una vez introducidos los elementos de decisión y datos acerca de las posibles causas de fallo en el sistema, se diseña una base de conocimiento como un árbol de decisión, similar al mostrado en la Figura 3.28, para ayudar al diagnóstico del fallo y posterior resolución del problema.

En la Figura 3.28 se muestra el árbol de decisión que sirve de guía de reparación a un técnico para problemas en el cambio auto-

mático. Se comprueba en primer término el código de fallo P2, si no está activo se vuelve a comprobar si efectivamente el error era del cambio automático. También se puede tener un error en la ECU. Para comprobarlo bastará provocar una situación de fallo controlada y ver si efectivamente la ECU asociada reporta dicho error. Si en la diagnosis el código P2 asociado al error está activado se prosigue por la rama de la derecha de la Figura 3.28. Por tanto, se pasa a comprobar y reparar en su caso el componente asociado al error P2. Si este componente pasivo no tiene un cortocircuito se pasa a chequear el circuito integrado asociado. Finalmente, se debe comprobar que efectivamente el error en el cambio automático se ha corregido.

Figura 3.29
Sistema experto con
enlaces de probabilidad
para obtener una
fiabilidad cuantitativa



Otros sistemas expertos hacen uso de la comprobación de diferentes elementos y proporcionan una estimación de error para lograr conformar lo que se denomina una red de creencia. En la Figura 3.29 se muestra un caso práctico de aplicación de dicha meto-

dología para lograr estimar una situación de error con alta probabilidad o grado de confianza expresada de manera cuantitativa. La Figura 3.29 muestra diferentes sistemas de un vehículo. Sus interdependencias y factores de influencia deben ser aplicados correctamente y supervisados por un experto. Así, la edad de la batería se cuantifica en más o menos nueva, lo que tiene una influencia directa en el valor de tensión de la batería. También el sistema de carga y alternador tienen una repercusión directa en el voltaje de la batería.

La chispa del motor tendrá una mejor calidad si la tensión en la batería es correcta, el distribuidor también afecta a la temporización de la chispa y de ahí se podría extrapolar un mejor o peor funcionamiento del coche que de sobrepasar unos límites de contaminación, emisiones de gases o mal comportamiento, podría llegar a no arrancar.

A menudo se suelen introducir en las técnicas de diagnóstico algoritmos de control basados en redes neuronales. Las redes neuronales juegan un papel importante a la hora de modelar y reconocer complejos patrones de comportamiento de error.

*Figura 3.30
Sistema de diagnosis
basado en redes
neuronales y
reconocimiento de un
error.*



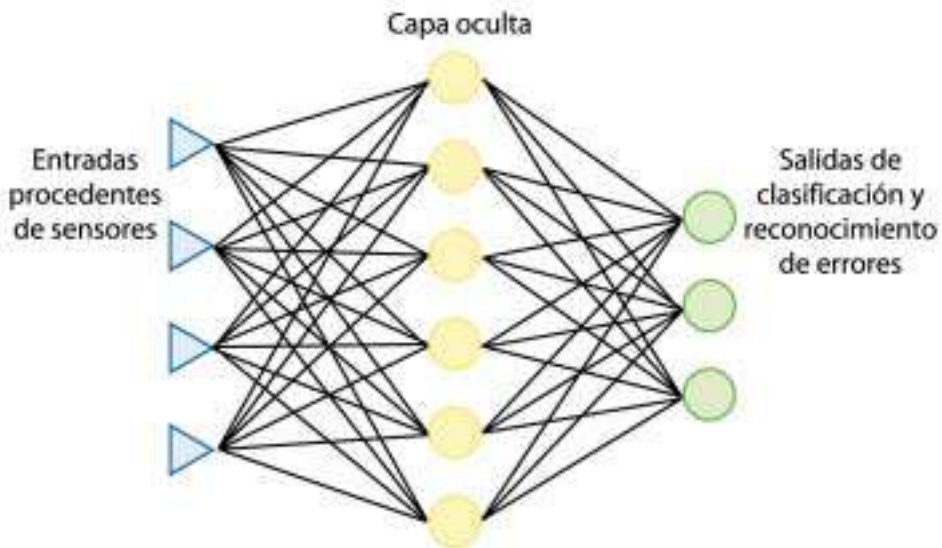
En la Figura 3.30 se muestra un sistema de reconocimiento típico. Consta de una parte dedicada a la captura de señales por diferentes sensores. Dichos valores se evaluarán con un procesado de señal periódico. Tras ello se realiza una etapa de extracción de las características e información relevante para, de dicha información, poder realizar el reconocimiento de distintos errores de funcionamiento.

Este es el caso que se tiene al controlar los posibles errores de explosión en los diferentes cilindros que componen el motor. La dificultad del desarrollo de un sistema de diagnóstico *on-board*, capaz

de detectar los errores en la explosión de los cilindros del motor, estriba en cómo poder encontrar una manera o algoritmo unificado que sea capaz de realizar dicho diagnóstico con una elevada precisión, sin proporcionar falsas alarmas y con un bajo coste de implementación. Pueden existir patrones concretos que producen dichas situaciones de error en la explosión de los cilindros, de manera regular o bien debido a secuencias específicas que actúan sobre el motor de una forma errónea.

Las señales captadas por los diferentes sensores se evaluarán para cada explosión que se produzca en el motor. Tras su captura, se realiza una etapa de procesamiento y extracción de las características e información relevante para que, en el último paso, se realice una clasificación que permita reconocer un error de explosión en los cilindros.

Figura 3.31
Red multicapa
perceptrón como
sistema virtual.

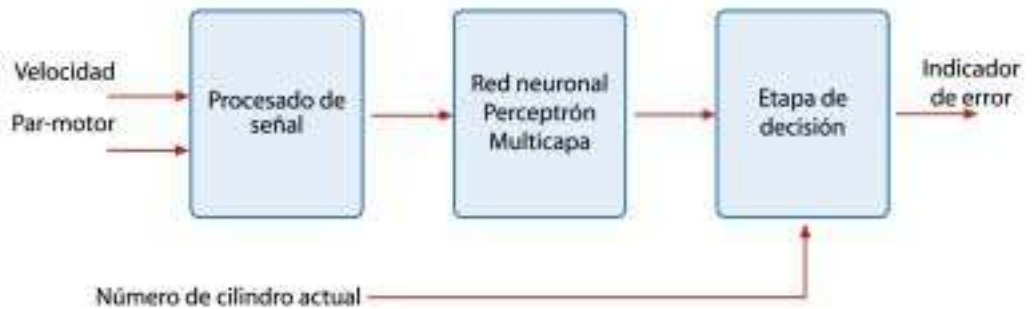


Así se puede ver en la Figura 3.31 cómo se hace uso de una red multicapa perceptrón para modelar el sistema inverso de lo que sería la señal de velocidad del cigüeñal dada una señal de explosión.

Se introducen al sistema tanto las señales de velocidad instantánea como la velocidad media y siempre en velocidades angulares,

el par-motor y el número de cilindro actual, para poder incorporar dicha información a la etapa de decisión final. Todo ello se muestra en la Figura 3.32.

El error en la explosión de algún cilindro trae como consecuencia una brusca variación de la velocidad de giro del cigüeñal. De esta

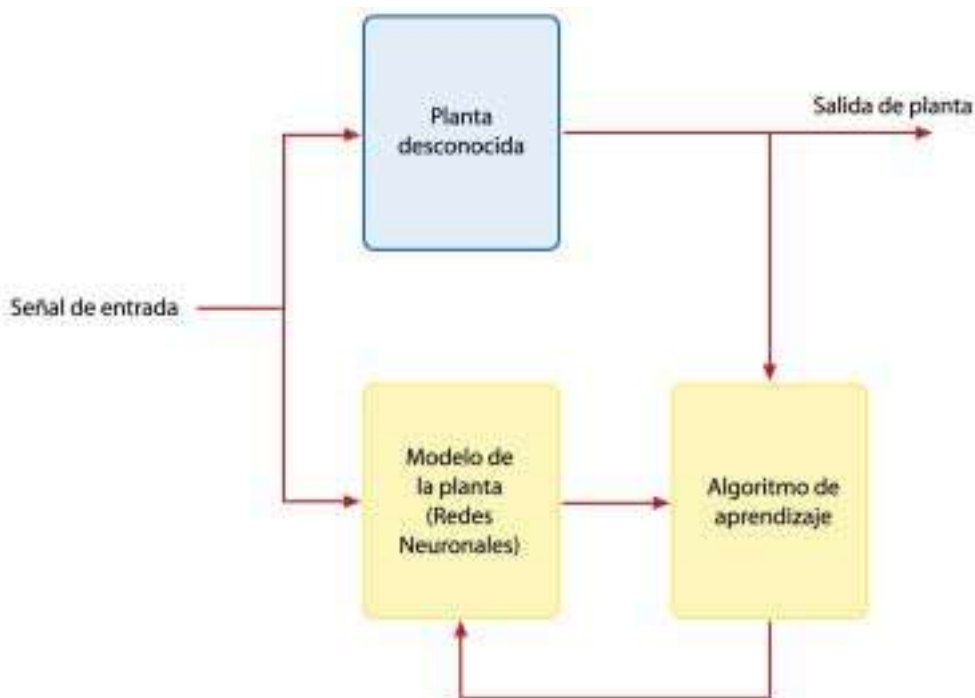


*Figura 3.32
Etapas de la diagnosis
basada en modelos
construidos con redes
neuronales.*

forma, la red neuronal es capaz de modelar el funcionamiento inverso del motor para poder clasificar el funcionamiento normal del funcionamiento con error de explosión. Con el método presentado se diagnostica el error y se intenta corregir dicho comportamiento anómalo.

También se usan redes neuronales para realizar una identificación y poder predecir, por tanto, el gasto de combustible, eficiencia del motor y emisión de gases. La red neuronal necesita de un proceso de entrenamiento para que sus pesos se ajusten adecuadamente al comportamiento del motor bajo estudio y sea capaz de predecir la salida del motor en tiempo real de una forma precisa, y así regular de manera adecuada las emisiones de gases de forma totalmente dinámica. Este enfoque se puede aplicar tanto para los diagnósticos del motor como para obtener un modelo de comportamiento virtual.

Una red neuronal es capaz de predecir el comportamiento real de un motor (consumo, emisiones, etc.) a partir de diferentes parámetros medibles. El sistema de inteligencia artificial consiste en un modelo predictivo del motor que se diseña para ejecutarse en un microprocesador en paralelo con el funcionamiento del motor en tiempo real, captando como señales de entrada los mismo sensores



*Figura 3.33
Identificación del
modelo y detección de
desviaciones tras un
aprendizaje.*

que usa el motor. Esto permite una predicción precisa del funcionamiento del motor, emisiones relacionadas, y consumo de combustible para todo el rango de operación del motor. Se debe realizar una fase de aprendizaje donde la red neuronal aprende el modelo en tiempo real y se ajusta, de forma precisa, al comportamiento que tiene el motor al medir las entradas al mismo y salidas que produce. Todo lo anterior se muestra en la Figura 3.33.

Una vez que esto se ha realizado, el modelo es capaz de actualizar a lo largo del tiempo los pesos y relaciones que modelan el comportamiento del motor de manera que sea capaz de adaptarse a otras situaciones, como posibles cambios de componentes o condiciones ambientales.

Diagnosis usando sensores “virtuales” basada en redes neuronales

en múltiples módulos, cada uno con una red neuronal que modela el comportamiento de un subconjunto de sensores disponibles y relativos al propio motor.

De esta manera, se pueden comprobar fallos en un sensor por simple comparación de su valor con los resultados generados por la red neuronal asociada al mismo. La redundancia que ofrece la predicción de la salida del motor puede ayudar en la identificación y asociación de fallos en los componentes del motor o en sensores acoplados al mismo. La predicción de la salida de sensores virtual también proporciona un alto grado de redundancia sin tener que incluir sensores adicionales, con lo que ello conllevaría en cuanto a coste y complejidad tanto software como hardware.

A modo de ejemplo, se puede ver cómo el consumo instantáneo de combustible se calcula usando una red neuronal en base a la velocidad del motor, presión del motor, y la temperatura, tanto ambiental como en el motor. El hecho de que varios de estos parámetros de entrada estén interrelacionados hace que no sean independientes entre sí, lo que proporciona un gran nivel de redundancia en el propio sistema de variables y así el comprobar o diagnosticar la situación de fallo resulta más fiable.

Otra posibilidad es utilizar el sensor virtual, dado por el modelo del motor en forma de red neuronal, en un control reconfigurable en función del fallo que haya manifestado algún sensor o componente del motor para poder continuar la marcha del vehículo en la medida de lo posible.

Por tanto, el sistema que permite realizar una medida virtual de las emisiones de gases es fácilmente aplicable haciendo uso de una red neuronal que modele el comportamiento que tendrá el motor para dichas variables de entrada. Este sistema se podría integrar en el sistema OBD para proporcionar una alerta inmediata que indique un exceso de gases contaminantes. Más aún, la red neuronal puede proporcionar valores en tiempo real de parámetros que no sean medi-

dos (abaratamiento del coste de introducir más sensores en el coche) o bien por la dificultad que entraña medir en tiempo real dichos parámetros.

Por último, en lo relativo al sistema de diagnóstico basado en redes neuronales, cabe mencionar que los fabricantes lo utilizan en el desarrollo de diferentes controles del motor, dado que se tiene un modelo fidedigno y preciso de su comportamiento.

Software de diagnosis orientado a objetos

El enfoque de programación orientado a objetos permite independizar el diseño de funciones y sistema de diagnóstico respecto de un vehículo y motor concreto.

Otras ventajas del diseño orientado a objetos son la partición del mismo en unidades de trabajo con interfaces bien definidas y la posibilidad de reutilizar las funciones software desarrolladas previamente para cada función de diagnosis y control.

El sistema de diagnóstico dentro de un ECU se presenta habitualmente como una estructura de diferentes funciones de diagnosis que comprueban el estado u operación de los componentes más relevantes y las funciones de control del vehículo, para así proporcionar información relativa a posibles fallos en el normal funcionamiento.

Esta información es especialmente necesaria en el caso de considerar funciones de seguridad críticas con unos tiempos de latencia muy cortos entre la detección del fallo y reacción de emergencia tomada por parte del sistema.

Además de una mejora en cuanto a la fiabilidad y seguridad del sistema, los sistemas de diagnóstico de a bordo se utilizan en el mantenimiento y reparación de fallos en los componentes identificados por parte del propio sistema de diagnosis.

Ahora bien, cabe destacar la interrelación e interdependencia de los diferentes sistemas de diagnóstico:

- por un lado, muchas funciones de diagnóstico se basan en el correcto funcionamiento de otros componentes que son comprobados a su vez por otras funciones de diagnóstico. Así se puede ver cómo existe una influencia mutua cuando existe un fallo en cierto componente que podría dar lugar a una detección en cadena, lo que conduciría a enmascarar la condición originaria del fallo.
- Por otro lado, algunas funciones de diagnóstico pueden influir en el estado del sistema al ser usadas en el lazo de control de su propia función de diagnóstico. Esto hace que exista una exclusión mutua entre un subconjunto de funciones de control y diagnóstico, lo que implica un problema en cuanto a la ejecución temporal de dichas funciones.

La experiencia en el campo de los sistemas empotrados dentro del área de los automóviles indica que existen múltiples desventajas cuando todas estas interrelaciones de los diferentes componentes se manejan de manera local a las funciones, lo que se traduce en la creación de módulos software que son dependientes en gran medida del sistema concreto que se esté desarrollando. Así, posibles ampliaciones del sistema de diagnóstico *on-board* o incluso cambios en una de esas funciones pueden llegar a necesitar alterar el comportamiento de muchas otras funciones y la validación del sistema de diagnóstico completo, una vez más. Estos conceptos no ofrecen la flexibilidad de incorporar futuras funcionalidades del sistema en un contexto en el que se disponga de un sistema software de diagnóstico *on-board* actualizable.

Como ejemplo de arquitectura OBD orientada a objetos se muestra el sistema de gestión de diagnóstico (DSM) en la Figura 3.34.

El sistema posee un conjunto de módulos comunes de gestión, que deben ser los encargados de manejar las situaciones de depen-



Figura 3.34
Arquitectura DSM
orientada a objetos para
la diagnosis OBD

dencia e interacción entre las diferentes funciones de diagnóstico y control. Las propiedades e interdependencias del sistema se configuran como datos a cargar en el sistema, lo que garantiza un comportamiento correcto, a la par que facilita la actualización y reutilización de dichas funciones cambiando dichos parámetros iniciales.

Diagnóstico basado en técnicas de lógica borrosa

Como se ha venido comentando anteriormente, la diagnosis de fallos en los automóviles viene determinada fundamentalmente por las normativas y regulaciones existentes, el mantenimiento de los vehículos y la satisfacción del usuario. Se han visto ya diferentes sistemas desarrollados para detectar y aislar el motivo del fallo en los elementos del automóvil, diferentes subsistemas y componentes con un especial énfasis en aquellos fallos que puedan afectar a los niveles de emisión de gases contaminantes. Para ello se suelen utilizar comprobadores de nivel, basados en modelos o sistemas expertos en la diagnosis de una incorrecta operación en los sistemas de control de las emisiones.

La detección de fallos parciales o llegar a proporcionar un aviso de alerta de un futuro fallo puede ser difícil de realizar con los méto-

dos anteriores. Por otra parte, como entradas al sistema de diagnóstico se tienen numerosos sensores muestreados con diferentes periodos de tiempo. El sistema de diagnóstico debe ser capaz de realizar la fusión de dichos valores dados por los sensores, la combinación de valores dados en diferentes escalas de tiempo y la integración del conocimiento.

Los sistemas basados en lógica borrosa permiten mejorar la eficiencia del método de detección de fallos basado en un modelo matemático del motor, aun teniendo en cuenta las restricciones anteriores.

La naturaleza de las reglas borrosas y la relación entre los conjuntos borrosos proporcionan una potencia que se va incrementando a medida que se va completando el modelo del sistema y la complejidad hace que otros enfoques, como los métodos estadísticos o matemáticos, sean difícilmente abordables. Los métodos de inferencia borrosa proporcionan un esquema de representación e interacción de los diferentes elementos del sistema más flexible y completo.

La diagnosis de fallos en el automóvil, desde el punto de vista de lógica borrosa, tiene las siguientes características:

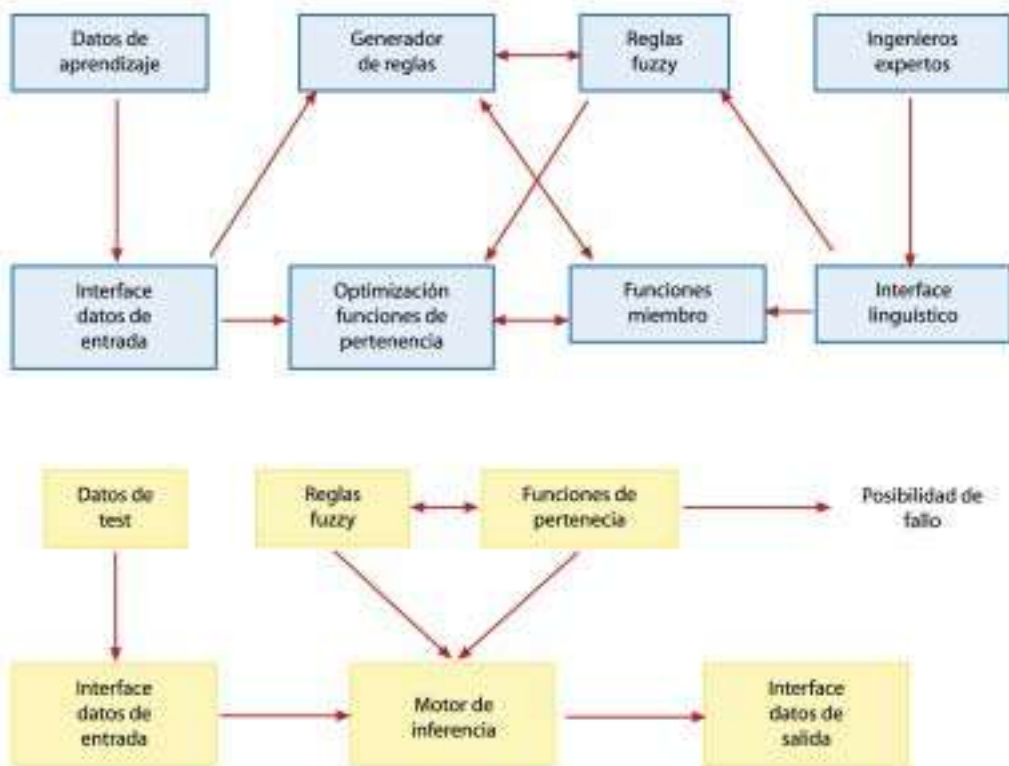
- Se tiene un conocimiento incompleto de la mayoría de los problemas y diagnósticos que se han de realizar al vehículo, debido en gran medida a la complejidad actual de los automóviles. Una razón para esta falta de datos es que, a menudo, no se tiene un conjunto completo de los parámetros que serían necesarios para describir de forma completa un comportamiento erróneo o fallo de un componente. En general, los ingenieros pueden hacer uso de conocimientos dados por expertos o pruebas de los componentes que definen una lista de parámetros asociados con un tipo particular de fallo. Sin embargo, los datos que se captan por los sensores vienen limitados por razones tanto fisi-

cas como de coste. Por lo tanto, algunos parámetros pueden ser sustituidos de manera imprecisa en el modelo para tener una estimación de la información no disponible directamente. Otros parámetros pueden no tener si quiera una estimación. La incertidumbre del problema conduce a buscar una solución haciendo uso de modelos de diagnóstico descritos con lógica borrosa.

- La lógica borrosa proporciona un método más intuitivo para expresar diferentes conceptos de funcionamiento físico del sistema bajo estudio. Su funcionamiento viene dado por reglas de conocimiento en formato lingüístico que puede ser realizado por un experto (base de conocimiento). Así, por ejemplo, se pueden utilizar términos difusos como alto, bueno, bajo, frío, etc... para describir el estado del problema.
- Los sistemas basados en reglas borrosas suelen necesitar menos reglas de ejecución y tienen un tiempo de respuesta menor que los sistemas clásicos basados en modelos.
- Los sistemas borrosos son capaces de aglutinar múltiples reglas dados por diferentes bases de conocimiento, incluso reglas que muestran cierto comportamiento opuesto.

En la Figura 3.35 se muestra un sistema borroso. Incluye un modelo borroso del conocimiento del sistema, un algoritmo para la generación de reglas borrosas, y la posterior optimización de las funciones de pertenencia. Adicionalmente, el sistema proporciona un interfaz para introducir diferentes datos. Se muestran dos modos de funcionamiento, en el primero se realiza un aprendizaje del conocimiento y posterior traslación a reglas y funciones de pertenencia, en el segundo modo se tiene en funcionamiento el diagnóstico borroso de posibles fallos.

Muchas de las tecnologías explicadas anteriormente se combinan en un mismo sistema híbrido de diagnóstico para ampliar las capacidades del mismo



3.2.4 Calibración de los sistemas de diagnosis

Los sistemas electrónicos de control ECUs, como cualquier sistema de medida y control, requieren de calibraciones periódicas para garantizar que su comportamiento no se aleja de las prescripciones técnicas previstas por el fabricante.

Los resultados de la calibración indican si se requiere o no ajuste parcial o total de los parámetros del ECU, proceso que generalmente consiste en la reprogramación del micro o memorias asociadas, véase Figura 3.36.

La calibración de un ECU puede realizarse *on-line* (en el propio vehículo y en red con el resto de sistemas) u *off-line* (especialmente cuando se exige ajuste de parámetros tras una primera calibración).

Figura 3.35
Sistema borroso
aplicado a la diagnosis

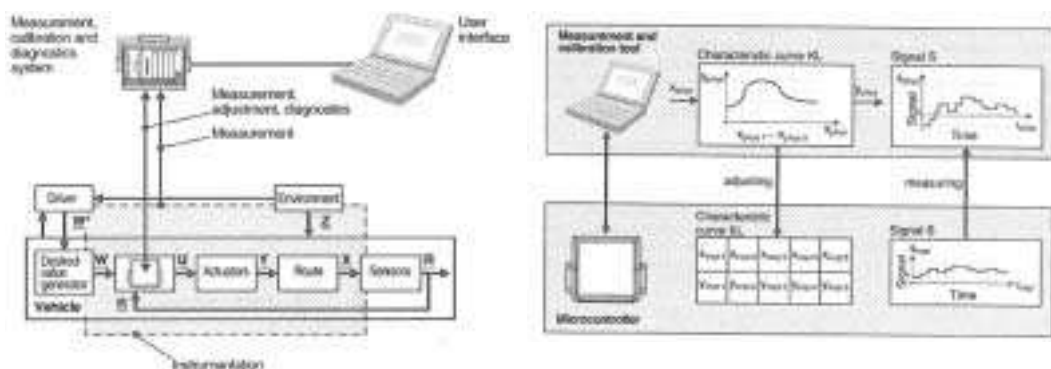


Figura 3.36
Calibración y ajuste de
parámetros de un ECU.

3.3 Estado actual de la diagnosis externa

Una vez analizados diferentes aspectos implicados en la diagnosis interna del vehículo, el siguiente paso en la pirámide de diagnosis (véase Figura 3.1) es la extracción de la información recopilada por el ordenador de a bordo.

Como se comentó en la introducción del capítulo 3, la diagnosis externa (*Off-board*) se lleva a cabo con equipos y herramientas que se conectan al vehículo para completar la diagnosis o para realizar tareas de mantenimiento. Mediante el cable de enlace con el bus de a bordo, se consigue realizar un análisis más exhaustivo de errores a partir de los datos registrados (DTCs), identificar la fuente del problema y proceder a su restauración, además de calibrar los sistemas electrónicos de diagnosis de a bordo.

Para llevar a cabo la diagnosis electrónica externa in-situ (*on-line*), se cuenta con diferentes versiones de equipos:

- Puesto de diagnosis fijo dedicado: Un ejemplo es el mostrado en la Figura 3.37. El principal problema de este tipo de equipamiento es su elevado coste y la necesidad de cableado para conexión con el sistema de diagnosis de a bordo del vehículo. En la Figura 3.37 se muestra un equipo de diagnosis y, al lado, un sistema de comunicación con el vehículo usando el interfaz OBD. Con la aparición de equipos de comunicación inalámbricos

ca se puede conectar directamente el equipo fijo a un módulo de ampliación (el cual incrementa aún más el coste del sistema).

- Equipo de diagnóstico portátil: a menudo el mecánico debe realizar alguna acción sobre los elementos del coche y ver los resultados de diagnóstico que conlleva dicha actuación. Así los equipos portátiles, más manejables, son de inestimable ayuda para facilitar la tarea de la diagnosis al técnico. Existen dos versiones de los equipos portátiles de diagnosis:

- Una más flexible haciendo uso de un equipo hardware de amplia difusión, como son los ordenadores de bolsillo (PDAs), o bien de un ordenador portátil directamente. Así la potencia de la diagnosis radica en el paquete software que se instala en el ordenador.
- Otra con equipos más específicos, en los que la conectividad no está tan limitada. Tal es el caso de equipos de mano diseñados *ad-hoc* para realizar tareas de diagnosis, con elementos visuales dedicados (i.e. el estado de la lámpara MIL directamente en un diodo led), y circuitos elec-



*Figura 3.37
Equipos de diagnosis y de comunicaciones con el vehículo a través del conector OBD.*

*Figura 3.38
Imagen de una PDA dedicada a la diagnosis con un software especializado.*



The screenshot shows the Autotegrity Scan software interface with a status table for monitored systems. The table is divided into 'Continuously Monitored Systems' and 'Non-Continuously Monitored Systems'. The status for each system is indicated by a color-coded box: green for 'Complete', yellow for 'Not Complete', and red for 'Not Support'.

Continuously Monitored Systems	
Miltra Monitoring	Complete
Fuel System Monitoring	Complete
Comprehensive Com...	Complete
Non-Continuously Monitored Systems	
Catalyst Monitoring	Not Complete
Heated Catalyst Mon...	Not Support...
Evaporative System	Not Complete...
Secondary Air System	Not Support...
A/C System Refrigera...	Not Support...
Oxygen Sensor Monit...	Not Complete...
Oxygen Sensor Heat...	Not Complete...
ECR System Monitoring	Not Support...

At the bottom of the table, there are buttons for 'General Systems', 'Mode 6', and 'Save'. Below the table, there is a menu bar with options like 'DTCs', 'Meter', 'Graph', 'Grid', 'O2', 'Tests', and 'I/M'. At the bottom, there is a 'Data Logging Vehicle Options Help' button.



Figura 3.39
Vistas de una scantool
junto con alguna de sus
pantallas de diagnosis.

trónicos de comunicación más enfocados al protocolo final de la diagnosis, por lo que se ahorran costes de equipos adaptadores. En la Figura 3.38 y Figura 3.39 se muestran ambos equipamientos. En la Figura 3.38 el enlace al conector OBD mediante una PDA y las pantallas de diagnosis que se pueden visualizar en este tipo de *Scantool*. En la Figura 3.39 se muestra una *Scantool* real.

Es evidente que las comunicaciones inalámbricas (*ethernet wireless* y *bluetooth*, fundamentalmente) han permitido simplificar la conexión entre el equipo de diagnosis y el conector del vehículo, haciendo el trabajo más sencillo y cómodo de operar. En el diagrama de la Figura 3.40 se muestra una *Scantool* avanzada con comunicación inalámbrica para permitir descargar sobre un ordenador la información de diagnóstico de un vehículo.



3.3.1 Objetivos y alcance

Además de las regulaciones impuestas por las agencias de protección medioambiental, se han ido añadiendo una serie de componentes a los automóviles que permiten monitorizar y realizar un autodiagnóstico completo, para poder evaluar el estado de los componentes más allá de atender a un fallo o disponibilidad de los mismos. La complejidad de los sistemas ha ido creciendo, debido principalmente a la introducción de diferentes elementos electrónicos y al incremento de una cantidad significativa de información disponible por parte del servicio técnico post-venta para poder diagnosticar cualquier posible problema del vehículo.

Debido a estos avances, resulta necesario tener un equipo capaz de comunicarse con el sistema de diagnóstico interno de los vehículos y proporcionar este tipo de información al servicio técnico. Los procedimientos y sistemas de los equipos on-board se han estandarizado, incluyendo el conector para el enlace de datos, el protocolo de comunicación entre el vehículo y el exterior, e introduciendo una normalización de las diferentes nomenclaturas que anteriormente existían.

Como resultado de todo ello, se ha desarrollado toda una nueva generación de herramientas de mano, pequeñas y compactas, para poder diagnosticar problemas y tener así una herramienta más potente en cuanto a prestaciones como almacenamiento, procesamiento y visualización.

Las herramientas *Scantool* realizadas por terceros a fabricantes tienen ciertas diferencias, dado que se diseñan a menudo para un vehículo concreto o marca de automóvil específica. El conector al

*Figura 3.40
Elementos y
conexionado entre el
coche y el equipo de
diagnosis*

que se aplica un *Scantool* se denomina DLC (*Diagnostic Link Connector*) y en prácticamente el 100% de los vehículos es el mismo.

Los códigos de diagnóstico de fallos que se leen por el *Scantool* están normalizados, siendo iguales para todos los vehículos. Pero, además, hay un subconjunto de parámetros extras que son propios del fabricante y del vehículo concreto. En el capítulo 2 se ha detallado la estructura, nomenclatura y significado de los códigos de fallos DTCs.

3.3.2 Normativas existentes relativas a la diagnosis externa

Diferentes agencias de estandarización han propuesto métodos y apuntado cuáles son las mejores prácticas para proporcionar una línea común en relación a la implementación práctica de herramientas de diagnosis externa y unos requisitos de diseño que deben cumplir los fabricantes de vehículos siguiendo el estándar OBD.

Dicha normalización también afecta a los fabricantes de equipos y herramientas que prestan servicio técnico post-venta para así asegurar la compatibilidad entre el sistema a bordo del vehículo y el sistema de diagnóstico externo (*off-board*) existente en la mayoría de los talleres de reparación y mantenimiento del automóvil. Algunos de estos estándares se refieren a las regulaciones de OBD, permitiendo a terceras compañías poder desarrollar herramientas de diagnosis independientes.

Se enumeran en la siguiente lista los diferentes estándares que deben ser tenidos en cuenta:

- Norma J1962 – describe el conector normalizado de 16-pines y formato trapezoidal. Las reglamentaciones OBD-II definen las especificaciones físicas y eléctricas del DLC. Algunos de los terminales del conector están destinados a alimentación y cone-

xi3n a tierra. As3, el DLC es conocido tambi3n con el nombre de "conector J1962".

- Norma J1978 - describe las funciones m3nimas que debe tener una herramienta de *Scantool* para cumplir con OBD:

- Manejo autom3tico del protocolo OBD que incorpora el veh3culo
- Recogida y visualizaci3n de los datos acerca del estado y resultados de las evaluaciones de diagn3stico, como la disponibilidad de los equipos electr3nicos e informaci3n procedente del indicador luminoso de fallo.
- Recogida y visualizaci3n de:
 - C3digos de diagn3stico de fallos (DTCs)
 - Datos relativos a emisiones (i.e., par3metros del motor)
 - Datos hist3ricos sobre emisiones y resultados de diferentes chequeos (i.e., Modo 6 de SAE J1979)
 - Otros par3metros de emisiones descritos en SAE J1979
- Puesta a cero de toda la informaci3n comentada en el punto anterior

Norma J1979 - describe los modos de chequeo y diagn3stico para la obtenci3n de datos relativos a la diagnosis sobre emisiones

- Modo #1 – Petici3n de los datos de diagn3stico actuales acerca del motor y estado de disponibilidad.
- Modo #2 – Petici3n de datos hist3ricos sobre la transmisi3n
- Modo #3 – Petici3n de c3digos de fallo relativos a las emisiones (DTCs)

- Modo #4 – Puesta a cero de la información anterior
 - Modo #5 – Petición de los resultados de chequeo sobre el sensor de oxígeno
 - Modo #6 – Petición de los últimos resultados de la supervisión realizada por el ordenador de a bordo sobre sistemas monitorizados de forma no continua, como catalizador, recirculación del gas, sistema de evaporación, etc.
 - Modo #7 - Petición de los últimos resultados de la supervisión realizada por el ordenador de a bordo sobre sistemas monitorizados de forma continua, como la admisión de gasolina, inyección, etc.
- J1850, ISO 9141-2 e ISO 14230-4 – describen los diferentes protocolos de comunicación y formatos de mensajes que un fabricante de vehículos puede utilizar en los equipos OBD embarcados.
 - J2012 - describe la recomendación sobre los códigos numéricos DTCs así como su descripción.

3.3.3 Conexión de una herramienta Scantool al vehículo

En este apartado se muestra cuál es la conexión típica de una herramienta de diagnóstico *Scantool* al bus de comunicaciones interno del vehículo mediante el conector DLC.

La especificación J1962 define la ubicación del DLC en el vehículo, preferentemente bajo el tablero, en el lado del conductor del vehículo. En los casos en que el DLC no se ubique bajo el tablero como se indicó, debe pegarse en la zona en que hubiera debido colocarse el DLC una etiqueta autoadhesiva que indique su ubicación real. En la Figura 3.41 se muestra la posición que ocupa el conector DLC de forma habitual.

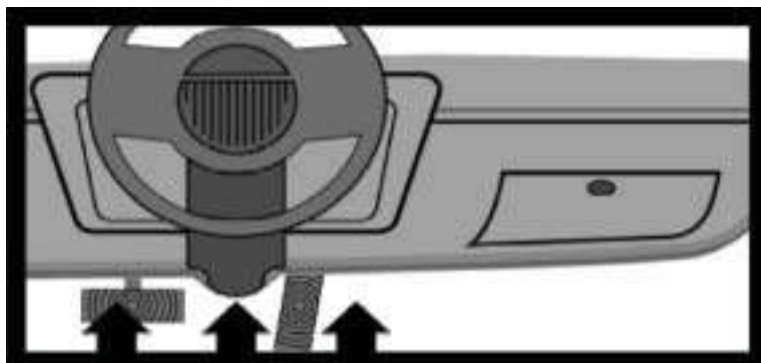


Figura 3.41
Ubicaciones más habituales donde se encuentra el conector para la Scantool

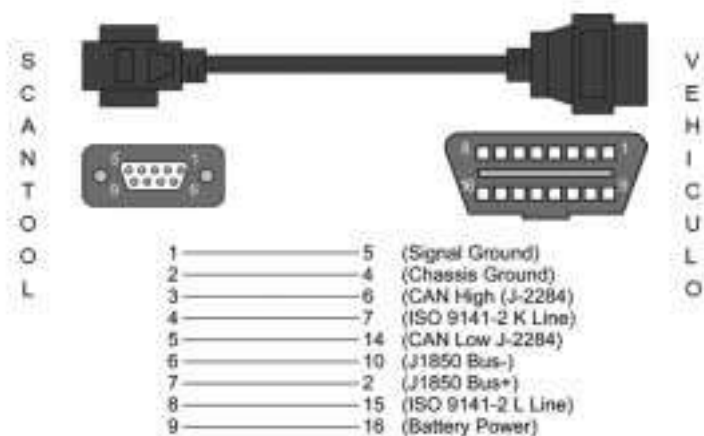


Figura 3.42
Terminales del conector DLC

En la Figura 3.42 se muestra la descripción de pines del conector DLC y su correspondencia entre los extremos del vehículo y de la Scantool.

A continuación se muestran 4 conectores OBD-I y el actual conector estandarizado OBD-II.

- Conector OBD-I fabricado por General Motors
- Conector OBD-I vehículos fabricados por Ford
- Conector OBD-I de vehículos fabricados por Chrysler
- Conector OBD-I vehículos de Nissan
- Conector OBD-II estándar genérico



En general, los fabricantes de herramientas de *Scantool*, disponen de una serie de adaptadores universales.

3.3.4 Funciones generales de los *Scantools*

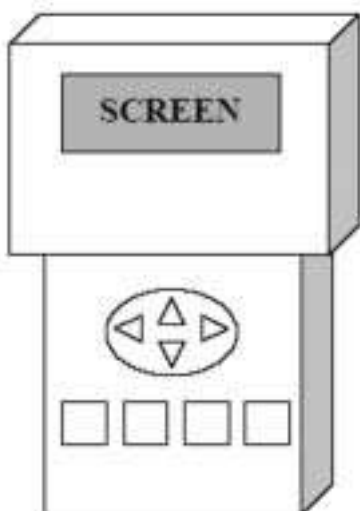
La principal funcionalidad de estas herramientas es el diagnóstico de los diferentes subsistemas de un vehículo. Pero se utilizan tanto en la diagnosis como en la reparación de automóviles que lleven incorporado un sistema de diagnóstico de a bordo. Los sistemas electrónicos de los vehículos que se fabrican actualmente hacen bastante más que controlar las operaciones del motor; también sirven, junto con una herramienta de diagnosis, para encontrar, prever y solucionar posibles problemas.

Existen diferentes normas y regulaciones, siendo actualmente el OBD-II la norma que se está aplicando. En este apartado se van a analizar las diferentes capacidades de este tipo de herramientas disponibles para la diagnosis y cuáles son los diferentes modos de inspección y mantenimiento usando OBD-II.

En la Figura 3.43 se muestra el diagrama esquemático de una *Scantool* genérica con un sencillo visualizador y teclas para poder navegar por los menús de la herramienta, junto a una *Scantool* real.

A continuación se listan las funciones más comunes disponibles en la herramientas *Scantool*:

- Control Bi-direccional – las *Scantool* pueden controlar ciertos componentes del vehículo y pedir que se inicien ciertas pruebas de test bajo demanda. Así se permite al usuario monitorizar datos entrantes y salientes de sensores, solenoides, y transmisión del ordenador de a bordo. Los datos son actualizados en cuanto el motor se enciende para poder ver la respuesta del sistema.
- Visualizador gráfico – las herramientas *Scantool* pueden visualizar de forma gráfica los parámetros de diagnóstico.



*Figura 3.43
Aspecto de
una Scantool
genérica y otra real.*

- LEDs adicionales – las *Scantool* tienen diferentes leds que indican cambios en los principales valores de estado del motor para que sea sencilla su lectura por parte del técnico de servicio.
- Menú de ayuda – las herramientas *Scantool* pueden informar al técnico acerca de diferentes procedimientos a seguir.
- Librería de códigos de fallo – disponen de todos los posibles códigos de fallos definidos por la norma.
- Salida a impresora/conexión a un ordenador – las *Scantool* suelen poder conectarse a una impresora o PC para imprimir la información del diagnóstico realizado.
- Modo de almacenamiento y visualización / modo foto – las herramientas de diagnóstico *Scantool* suelen almacenar un conjunto de datos y parámetros recogidos en tiempo real y visualizar posteriormente dicha información para ayudar al técnico a ver cuál es el ajuste que debe realizar sobre el vehículo. Son los datos “Freeze Frame” y permiten reconstruir el problema antes o después de la reparación.

- Pruebas de sensores de oxígeno – Registra y presenta datos de los sensores de oxígeno.
- Reprogramación del PCM del automóvil – la herramienta de diagnóstico puede realizar una reprogramación de los módulos del ordenador del vehículo, específicamente de la transmisión (PCM).
- Medidores y osciloscopios – la *Scantool* puede operar como un multímetro, proporcionando valores de tensión, resistencia, corrientes..., o bien como osciloscopio.
- Ayuda al diagnóstico y resolución de posibles fallos – las herramientas de *Scantool* comienzan a incorporar información adicional que pueda ser de utilidad para la diagnosis de problemas, normalmente se apoya en una base de datos con las posibles situaciones de fallo y los componentes asociados con dicho error.

Muchas herramientas de diagnóstico *Scantool* contienen diferentes programas de diagnosis, que engloban tanto la diagnosis de fallos en el motor y el tren motriz como también se incluye el análisis del estado del sistema de ABS, la transmisión, el chasis, etc.

Por ejemplo, para vehículos Ford algunas de las capacidades adicionales son:

- ABS – Esta modalidad es utilizada para obtener códigos de error en el sistema de frenos anti-bloqueo.
- Prueba de balance de cilindros – Una aplicación bi-direccional, la cual permite al ordenador de a bordo realizar una prueba de balance a los cilindros en los vehículos de inyección. Los inyectores se deshabilitan de uno en uno. Si las revoluciones del motor disminuyen en un cilindro, delata la fuente del problema.
- Datos del DCL – (*Data Communication Link*) Muestra los datos de operación existentes.

- Bomba de combustible – Esta característica bi-direccional enciende la bomba de combustible por 45 segundos con el motor apagado; esto permite que la presión del combustible sea probada sin necesidad de tener el motor encendido.
- Ajuste de marcha mínima – Alerta al usuario si la marcha mínima del motor está dentro de las especificaciones.

Debido a la continua mejora en cuanto a prestaciones, bases de datos y funcionalidades, la herramienta de diagnóstico debe ser actualizada con la última revisión de software proporcionada por el fabricante. A pesar de la normalización de todos los aspectos del sistema diagnóstico OBD, cada fabricante realiza un aparato diferente con ciertas peculiaridades. Esas distintas interpretaciones de la norma y su traducción pueden llegar a confundir al usuario de la herramienta debido al cambio de nombres de unas herramientas a otras. Así sucede en el caso de la distinción entre datos de monitorización, de monitorización continua, y de monitorización no continua. Si bien la información del sistema OBD está descrita en la norma, los fabricantes por diversos motivos (economía en letras del display, árbol de menús, etc.) cambian/traducen dicha nomenclatura a otra diferente, con los consiguientes perjuicios en cuanto a claridad de ideas, métodos y comparativas, dando lugar a posibles confusiones.

Los errores de funcionamiento se almacenan usando números de código, llamados usualmente “códigos de diagnósticos de problemas” o “DTCs”. Por ejemplo, un código P0122 significa “la tensión de señal del sensor de posición de la válvula reguladora (mariposa) es demasiado baja”. Los significados de los códigos genéricos forman parte del software proporcionado por el *Scantool* OBD-II. Para entender los DTCs específicos del fabricante se requiere de un manual de servicio del vehículo.

En el Apéndice IV se muestra una tabla comparativa de características de herramientas *Scantool* comerciales. En el Apéndice V se

describe de forma global las herramientas integradas (equipos más software) de Bosch para la diagnosis electrónica externa. Herramientas ampliamente conocidas en el sector del automóvil español.

Diagrama de flujo para realizar un test e inspección con una Scantool

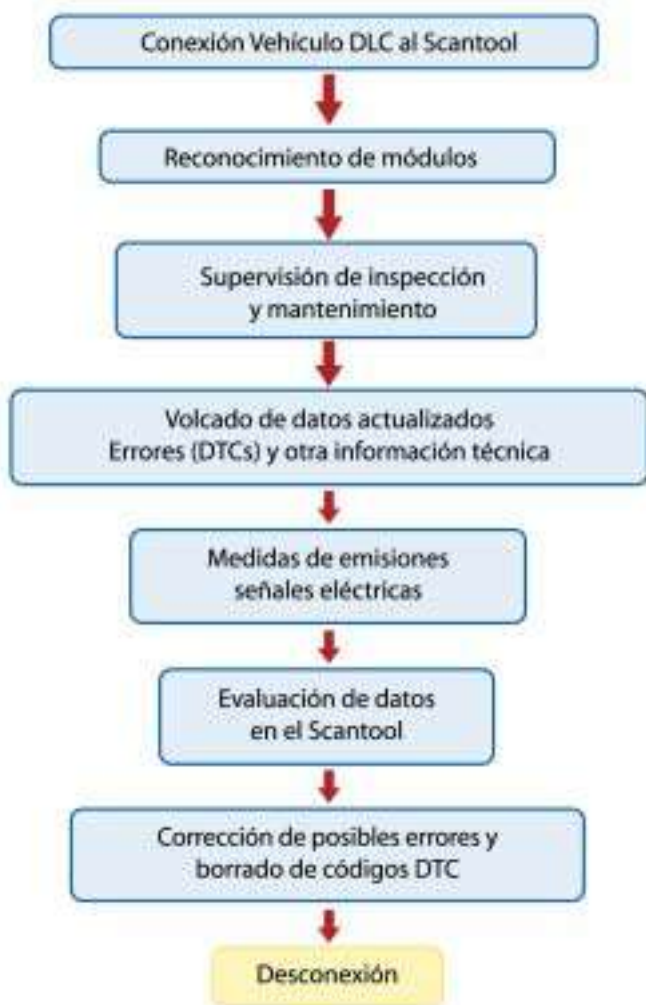
La diagnosis externa forma parte de los test, chequeos e inspecciones que se realizan a un vehículo en el momento en que se va al taller a realizarle una revisión. En cuanto a las pruebas de diagnosis externa cabe decir que existen 2 tipos:

- comprobar el estado de las lámparas indicadoras de error/fallo (MIL) y
- realizar un test al ordenador de a bordo para que indique si existe algún indicio de error o mal funcionamiento en el vehículo aunque no se haya activado la MIL.

Cuando se conecta el *Scantool* al vehículo, la herramienta se comunica automáticamente con el vehículo buscando el protocolo correcto del vehículo.

El ordenador de a bordo realiza una supervisión de inspección y mantenimiento (I/M) que es ejecutada para verificar la correcta operación de los sistemas o componentes del vehículo (en concreto existen regulaciones en el tema de las emisiones). Las funciones de supervisión verifican la operación de los sistemas o componentes relacionados con las emisiones, y detectan valores que estén fuera de la gama admisible. Para iniciar la monitorización, es posible que el vehículo tenga que ser operado bajo determinadas condiciones de conducción.

Los ordenadores de control de motor pueden encontrarse en estado de fallo o con algún otro problema de funcionamiento. Para



*Figura 3.44
Fases del proceso que se
sigue en la diagnosis
externa*

ello, el fabricante del vehículo o ECU ha programado en el ordenador, de forma permanente, funcionalidades especiales de prueba. Estas pruebas verifican los componentes que, conectados al ordenador, se usan (habitualmente) para: suministro de combustible, control de la velocidad de marcha en vacío (ralentí), sincronización del encendido, sistemas de emisión, y cambios de marcha de la transmisión, etc.

De esta forma, los ordenadores de control del motor realizan pruebas especiales. Estas pruebas especiales dependen del fabricante, motor y año del modelo principalmente. No existe una prueba “universal” que sea la misma para todos los vehículos. Las pruebas

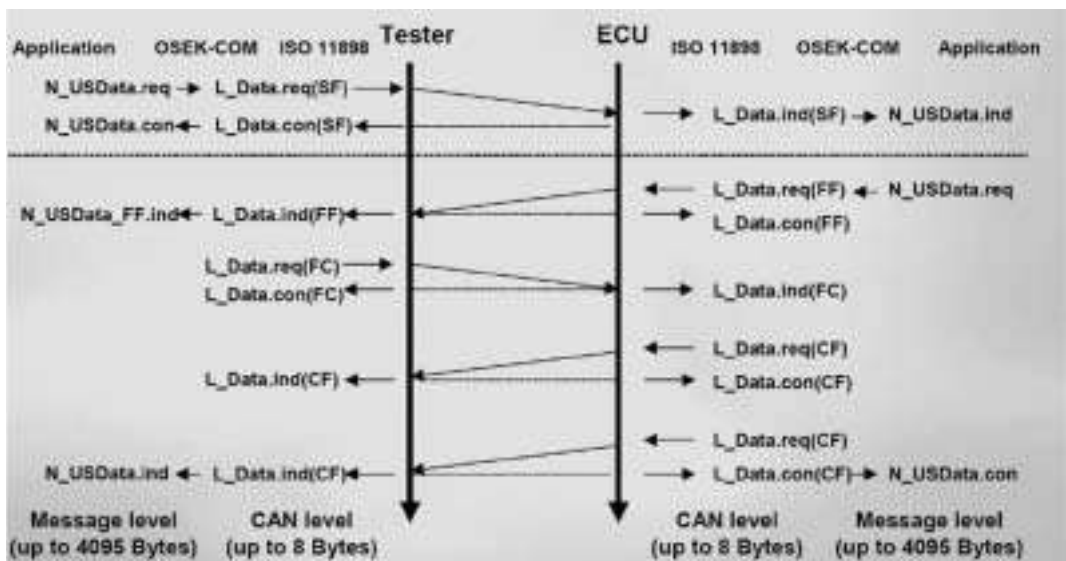
examinan entradas (señales eléctricas que recibe el ordenador) y salidas (señales eléctricas que genera el ordenador), así como cálculos internos realizados por el ordenador. El programa de test y supervisión almacena las señales de entrada que tienen valores “incorrectos” o señales de los circuitos de salida que no operan correctamente. Todos esos resultados se almacenan en la memoria del ordenador. El ordenador no puede controlar el motor debidamente si tiene información incorrecta en sus entradas, o circuitos de salida defectuosos.

En la Figura 3.44 se muestra el proceso típico de diagnóstico externa, donde se indican las fases más representativas.

En la Figura 3.45 se muestra un ejemplo de flujo de mensajes (petición-respuesta) intercambiado entre una unidad *Scantool* (tester en la figura) y una unidad de control electrónico (ECU) embarcada en el vehículo, para un caso típico de diagnóstico externa.

Actualmente, existen once funciones de supervisión OBD-II, relacionadas con la diagnóstico externa:

*Figura 3.45
Diagrama de flujo con
mensajes
intercambiados entre
una Scantool y un ECU*



- Error en la Combustión
- Sistema de Combustible
- Componentes en General
- Catalizador
- Catalizador con Calefactor
- Sistema de Evaporación
- Aire Secundario
- Refrigerante para Acondicionamiento de Aire
- Sensor de Oxígeno
- Calefactor del Sensor de Oxígeno
- Sistema de Recirculación de Gases de Escape

Sin embargo, no todas las funciones de monitorización son soportadas por todos los vehículos.

Las pruebas de monitorización de las emisiones y gases tienen los siguientes estados posibles:

- Un estado “Preparado” (“*Ready*”) significa que las condiciones de conducción requeridas para ese monitor han sido cumplidas, y éste se ha aceptado como bueno.
- Un estado “No Preparado” (“*Not Ready*”) significa que las condiciones de conducción requeridas para ese monitor no han sido cumplidas, o bien no es correcto.
- Un estado de “No Aplicable (N/A)” (“*Not Applicable (N/A)*”) significará que el vehículo no soporta esa prueba.

4. Tendencias futuras

En este capítulo se presenta la parte del trabajo asociada a las previsiones de futuro de los sistemas electrónicos y de comunicaciones del automóvil y, como parte de ellos, también los específicos de diagnóstico interna y externa.

4.1 Aspectos generales

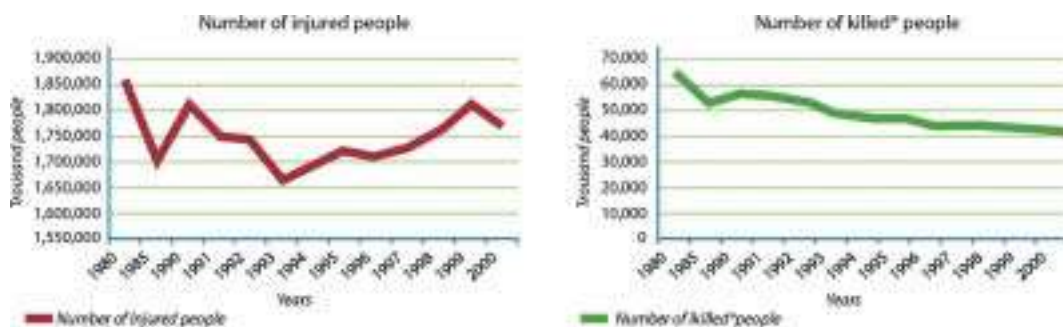
Las tendencias futuras en el campo de automóviles estarán estrechamente relacionadas con las tendencias sociales, económicas, medioambientales, tecnológicas, políticas e infraestructurales (Figura 4.1).



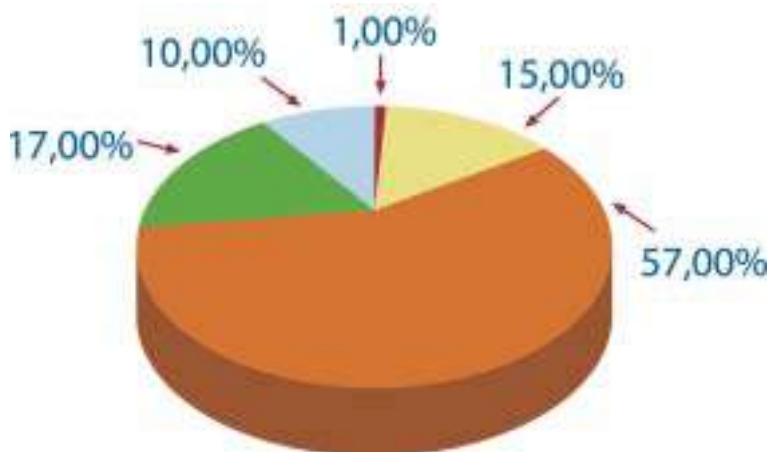
*Figura 4.1
Relación entre las
tendencias futuras en los
automóviles y otros
aspectos de la vida
diaria.*

Las tendencias sociales se refieren al sistema social en el que vivimos y a las costumbres, requisitos de movilidad y comportamiento, modelos de comportamiento y objetivos en salud y seguridad, etc. Por desgracia, el mismo ritmo de crecimiento en la innovación tecnológica no es aplicable al descenso de la siniestralidad (véase en las Figura 4.2 y Figura 4.3 algunas estadísticas sobre accidentología en carretera en la Europa de los 15), de los alarmantes niveles de contaminación ambiental o del interés en una diagnosis más automatizada y eficaz.

*Figura 4.2
Evolución de muertos y
heridos en accidentes de
tráfico, entre 1980 y
2000 en la Europa de los
15 [fuente: IRTAD]*



*Figura 4.3
Clasificación de heridos
implicados en
accidentes de tráfico, en
el año 2000 en la Europa
de los 15 [fuente: IRTAD]*



Las tendencias tecnológicas muestran cómo la tecnología afecta al estilo de vida, incluyendo las mejoras en los sistemas de combustible, tecnologías electrónicas y de control, estructuras y materiales junto con los procesos de fabricación y comercialización.

Todo esto, unido a la vertiginosa evolución que está sufriendo la tecnología electrónica, y con ella las tecnologías de las comunicaciones y de la información, hace que se favorezca la incorporación de éstas a muchos sectores industriales, y dentro de ellos quizás el del automóvil sea uno de los más beneficiados. Evidentemente la apuesta de los fabricantes de automóviles por la creciente incorporación de la electrónica en este sector está justificada por una clara apuesta por la innovación, tratando, entre otros, de aumentar el confort y la seguridad del usuario y disminuir el impacto medioambiental de las máquinas. Aspectos éstos que adquieren un mayor protagonismo si se tiene en cuenta que sólo entre EE.UU y Europa Occidental se demandan más de 30 millones de coches al año.

Los resultados de investigación conseguidos en el campo de la nanoelectrónica contribuirán en gran medida a revolucionar los diferentes sistemas de transporte, y por tanto también los automóviles [Report, 2004]. La reducción drástica de emisiones contaminantes y del consumo (objetivo ideal de 1 litro/100Km), la implementación de dispositivos anti-colisión para incrementar la seguridad y de sistemas de navegación adaptativa para una conducción más fluida, la configuración de elementos a disposición del conductor (asiento, volante, espejos, etc) y la incorporación de completos sistemas de diagnóstico y mantenimiento del vehículo son algunas de las metas alcanzables derivadas de los futuros avances en la tecnología nanoelectrónica. La radical revolución experimentada en esta tecnología puede ilustrarse teniendo en cuenta que las dimensiones de componentes elementales como los transistores de un circuito integrado semiconductor se han reducido por un factor de 10⁴ en 40 años, y que circuitos típicos como los microprocesadores, memorias semiconductoras o circuitos integrados de aplicación específica (ASICs) están formados por cientos de millones de transistores. De hecho, la superación del umbral de la micra para dimensionar los transistores de un circuito integrado ha dado lugar al término de

nanoelectrónica. Al mismo tiempo, se han reducido los costes de la electrónica. A modo de ejemplo, el precio de 1 gigabit de memoria ha caído 1,5 millones de veces. En definitiva, cabe esperar en los próximos años un importante desarrollo tanto de la nanoelectrónica como de sus aplicaciones.

La consecuencia inmediata del incremento de los sistemas del automóvil dependientes directa o indirectamente de la electrónica es doble. Por una parte, se ha reducido la probabilidad de fallo de los elementos de un nodo pero, por otra parte, se ha complicado la posibilidad de detectar la fuente de esos fallos por la interrelación entre los múltiples nodos que configuran la arquitectura de un vehículo. Un estudio realizado por Delphi Automotive revela que casi el 70% de los fallos de un vehículo actual son incorrectamente diagnosticados y, por tanto, ineficazmente reparados. Esto contribuye a que el usuario final acuda innecesaria y sucesivamente a un centro de reparación, cuando no es obligado a sustituir bloques completos por la incapacidad de localizar y aislar el problema en el correspondiente taller. Por tal motivo, se siguen demandando esfuerzos en el modelado de los subsistemas que configuran el vehículo y la incorporación de tecnologías que ayuden a interpretar la colección de datos suministrados por los ECUs, a establecer el origen de los fallos de funcionamiento y a proponer soluciones concretas.

Esto conduce a considerar que los cambios tecnológicos previstos para un futuro próximo en el ámbito de la diagnosis del automóvil afectarán no sólo a fabricantes y a usuarios, sino también a los técnicos de mantenimiento y reparación, a los que se les exigirá una actualización de conocimientos teóricos y prácticos adecuados a las exigencias del mercado.

Las tendencias medioambientales tienen que ver con el entorno en el cual nos movemos, incluyendo la producción y el consumo de energía, basura, emisiones y contaminación, y los impactos sobre la salud.

Las tendencias políticas relacionan los sistemas que nos gobiernan, incluyendo estrategias, regulaciones y legislaciones junto con el proceso político que las maneja.

Las tendencias infraestructurales se refieren a los sistemas que soportan el transporte vial, incluyendo las infraestructuras físicas de las carreteras junto con la provisión de servicios asociados e información y la interfaz con otros modos de transporte.

Las tendencias económicas cuentan con los sistemas financieros que afectan a nuestra vida, incluyendo los sistemas globales, nacionales y las consideraciones de la economía personal. En el apartado 4.1.1 se incluyen estudios de mercado directamente relacionados con la diagnosis del automóvil.

Con todo, estas tendencias no son independientes sino que se encuentran estrechamente relacionadas entre sí. A modo de ejemplo, la eficiencia de los sistemas de inyección y las emisiones de CO₂ tienen incidencia en la sociedad, la economía, el medioambiente, la tecnología, la política y la infraestructura.

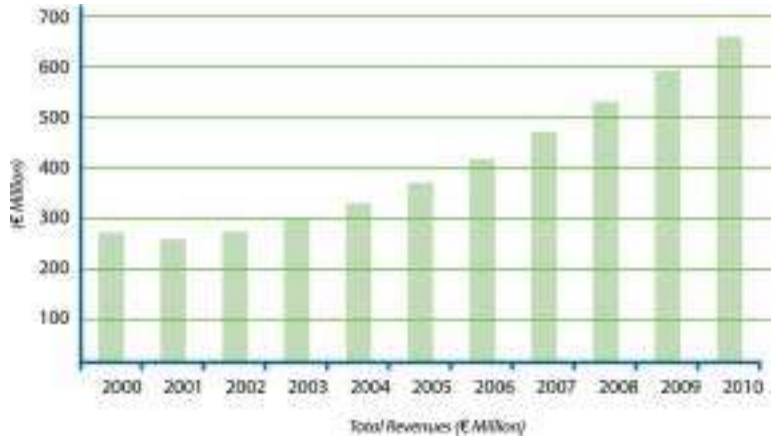
4.1.1 Estudio de previsiones de inversión en el mercado europeo de diagnosis del automóvil

La rapidez con que las nuevas tecnologías de la información están aportando soluciones a los subsistemas del automóvil obliga a los talleres de mantenimiento y diagnosis a la actualización de sus recursos.

La previsión de inversiones en el mercado de equipos portátiles de diagnosis en Europa, publicado en 2003 por Frost & Sullivan, muestra un crecimiento continuo y estable, alcanzándose una media del 12%, hasta el 2010 (véase Figura 4.4).

Se espera que el motor fundamental de este crecimiento sea la demanda de equipos de diagnosis genéricos frente a los específicos, fabricados para firmas concretas de vehículos. Los primeros cuentan con la ventaja de conseguir un menor coste final del equipo de diag-

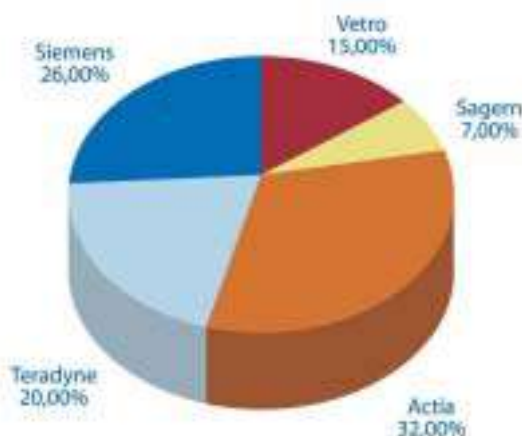
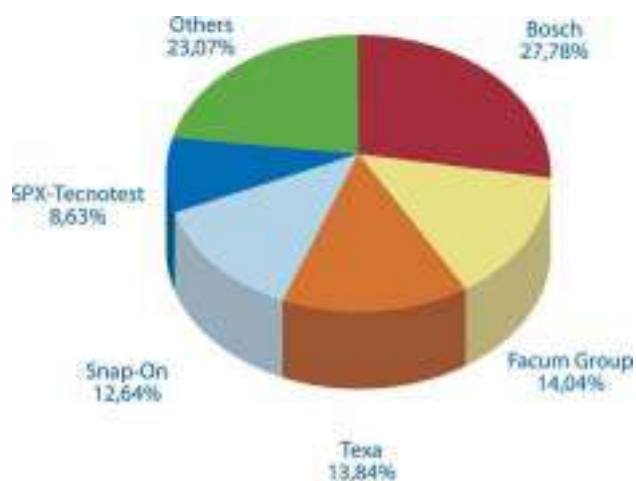
Figura 4.4
Previsión de inversiones
en el mercado europeo
de diagnóstico autom3vil.
(Frost & Sullivan)



nosis para introducirse en un mayor n3mero de talleres independientes, véase Figura 4.5.a. Los segundos apuestan por una mayor y m3s r3pida inversi3n en innovaci3n de sus equipos, accediendo a un sector limitado de talleres ligados a marcas de veh3culos, véase Figura 4.5.b.

La electr3nica tiende a convertirse en un aut3ntico interfaz invisible entre el conductor y el veh3culo. Cada vez es mayor el porcentaje de funcionalidades del autom3vil que es controlada por programas residentes en dispositivos electr3nicos. Un estudio realizado por Frost & Sullivan revela que la electr3nica embarcada en un veh3culo pasar3 de una media de 1200 ? en 2002 a 2500 ? en 2015, lo que exigir3 una continua y adecuada actualizaci3n en equipamiento de diagn3sis y en formaci3n del personal t3cnico de talleres de mantenimiento y reparaci3n.

Otro requerimiento importante en la incorporaci3n de nuevas tecnolog3as al autom3vil, y no s3lo para la diagn3sis, es que contribuyan a la durabilidad y fiabilidad del conjunto tanto como a la sofisticaci3n en el servicio. Para ello basta con tener en cuenta que la segunda gran inversi3n del propietario de un veh3culo es el gasto que supone, a lo largo del tiempo de vida media de 3ste, su mantenimiento. En esta l3nea las firmas de veh3culos luchan por ofrecer planes de garant3a cada vez m3s amplios y duraderos.



*Figura 4.5
Mercado de equipos
portátiles de diagnosis
en Europa: a) fabricantes
de equipos genéricos, b)
fabricantes de equipos
para marcas concretas
de automóviles.*

La previsión hasta el 2010 de equipos portátiles dedicados a diagnosis del automóvil en Europa, tanto en número de unidades como en millones de euros invertidos, se muestra en la Figura 4.6.

En la Figura 4.7 se indica la previsión de unidades puestas en el mercado, desglosando la contribución de fabricantes para marcas específicas (Original Equipment Market) de los fabricantes genéricos (Independent Market). El crecimiento augurado para los segundos se fundamenta en el bajo nivel de penetración actual de los equipos de diagnosis en los talleres genéricos de mantenimiento y reparación del automóvil, mientras que la distribución de los primeros en talleres asociados a firmas de automóviles se prevé más estable.

Figura 4.6
Previsiones para el
mercado europeo de
equipos portátiles para
la diagnosis del
automóvil.

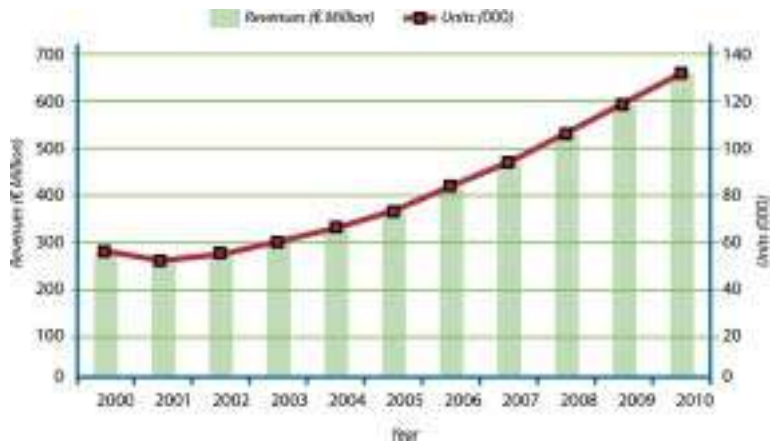


Figura 4.7
Previsiones de unidades
portátiles de diagnosis
para el mercado
europeo.

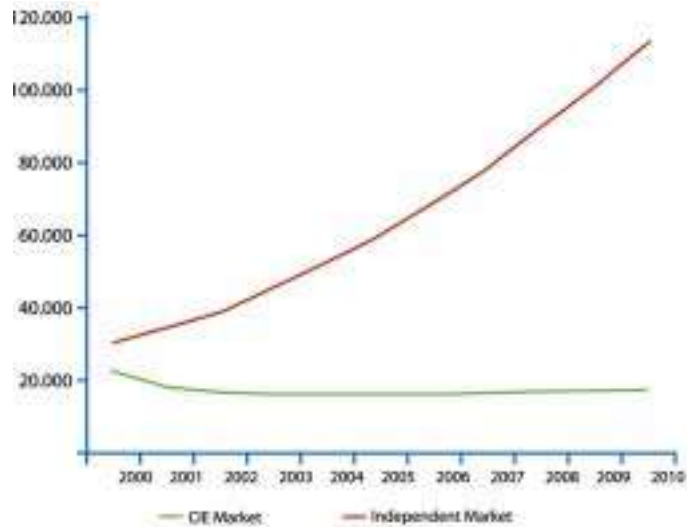


Figura 4.8
Evolución prevista del
precio unitario de
unidades portátiles de
diagnosis en el mercado
europeo.



La Figura 4.8 muestra cómo el precio unitario de estos equipos, que al principio de la década era claramente divergente, tiende a igualarse en un futuro próximo.

La reducción en el precio de equipos de fabricantes para clientes específicos se justifica en el incremento de la demanda, persiguiendo el objetivo de un equipo por cada técnico en lugar de la situación media actual de un equipo por taller. Mientras que el incremento previsto para los equipos de diagnóstico genéricos se fundamenta en la inversión exigida para alcanzar mayores prestaciones.

4.1.2 Necesidad de nuevos sistemas para la diagnosis del automóvil

Son múltiples los aspectos a considerar y que justifican el esfuerzo a realizar en la línea de mejora de los actuales sistemas de diagnóstico de vehículos: continua demanda de vehículos con nuevas prestaciones, evolución de la siniestralidad en la carretera, creciente implantación en el automóvil de tecnologías de la información y especialmente de la electrónica, necesidad de reducir el impacto medioambiental, etc.

La evolución de la diagnosis del automóvil se desarrolla, sin duda, paralela a la de la tecnología electrónica. Actualmente, se estima que el 90% de las innovaciones en el sector del automóvil están ligadas al sector electrónico y de las comunicaciones.

En general, los retos a superar en los próximos años, en relación con la diagnosis del automóvil, pueden agruparse en los siguientes puntos:

- Mejorar los elementos que intervienen en la diagnosis interna y externa del vehículo: unidades de control electrónico con los sensores asociados, redes y protocolos de comunicación rápidos y fiables, e interfaces hombre-máquina que pongan fácilmente a disponibilidad del conductor y del técnico del taller una información completa sobre el estado de la máquina.

- Reducir el coste de las modernas herramientas de diagnóstico y potenciar su utilización en los talleres o centros de asistencia, tanto en las franquicias de los propios fabricantes como en los talleres independientes. A ello contribuirá el esfuerzo de los fabricantes de equipos de diagnóstico por facilitar el aprendizaje de los mismos.
- Evitar lagunas en los estándares que rigen el proceso de diagnóstico, facilitando la puesta en el mercado de soluciones hardware y software abiertas.
- Aprovechar los rápidos avances de tecnologías como la electrónica y las comunicaciones e incorporarlos al sector del automóvil, en aras de aumentar la fiabilidad y prestaciones de los vehículos, y por tanto de reducir la necesidad de controles periódicos y reparaciones.

Sin duda la evolución de la diagnóstico electrónica en el sector de la automoción estará estrechamente ligada a la evolución que sufra la incorporación de nuevos ECU's dentro de la estructura de los automóviles. Cuantas más prestaciones se demanden mayor será el número de ECU's. Y, al mismo tiempo, mayor será la complejidad de los ECU's, ya que además de cumplir con las funciones de sensado y control sobre los diferentes elementos del vehículo, deben facilitar su diagnóstico y reparación.

Para evitar que el incremento de la componente electrónica del automóvil conlleve nuevos focos de problemas, es muy importante conseguir que la incorporación de nuevos ECU's no suponga un mayor riesgo de averías. También se ha demostrado que la diagnóstico de a bordo no es, en muchos casos, capaz de aislar y detectar importantes fallos, lo que obliga a tener que recurrir a la diagnóstico externa disponible en los talleres. Por tanto, cara al futuro, es necesario potenciar la diagnóstico de a bordo, utilizando nuevos procesos, métodos y herramientas que cubran todo el ciclo de vida del vehículo.

En cualquier caso, la tendencia en el futuro es incorporar cada vez más sistemas electrónicos que faciliten: las interfaces entre el usuario y los elementos de actuación sobre el automóvil (pedales de aceleración, frenado y embrague sin contacto mecánico directo con sus correspondientes actuadores; dirección sin unión mecánica directa entre volante y actuador de dirección, etc), incorporación de nuevos sensores para la seguridad (estado de las ruedas, suspensión, estado de actuadores de frenado, etc); sensores para conocer el estado de funcionamiento de los diferentes actuadores y nivel de líquidos, sistemas para mejorar la confortabilidad, incorporar sistemas que minimicen la contaminación atmosférica, y así un largo etcétera.

Por otra parte, otro de los objetivos importantes (ligado directamente a la incorporación de electrónica embarcada) es el de facilitar la detección de averías y su subsanación en el menor tiempo posible, reduciendo así al máximo los costes de garantía y reparación y, por ende, ofreciendo un mejor servicio al cliente. A ello contribuirá:

- que la electrónica de a bordo permita obtener información fiable del estado de funcionamiento de los diferentes subsistemas, y sea posible una actuación particularizada al problema detectado y no solamente la predefinida y generalista,
- que sea una realidad la diagnosis remota entre el automóvil (cualquiera que sea el punto donde se encuentre) y los diferentes centros de atención al cliente (talleres, centros de diagnosis y/o mantentimiento, etc).

Es evidente, por tanto, que en el futuro tendrán un protagonismo importante los sistemas sensoriales y de actuación electrónicos de a bordo (ECU's), los buses y protocolos para el entendimiento entre las diferentes ECU's y con el exterior, así como las redes de comunicaciones (telemática) entre el vehículo y los centros remotos de asistencia.

Los planteamientos que se están haciendo con vistas al futuro, para reducir costes de garantía, tiempos de reparación, etc., contemplan tres grandes escenarios de actuación:

- **Escenario 1.** La diagnosis de a bordo (*on-board*) deberá monitorizar permanentemente el sistema “vehículo” de tal forma que todos los agentes implicados en el desarrollo, producción, talleres de reparación y usuarios sean capaces de chequear en todo momento el estado de funcionamiento del vehículo. Para que esto sea posible, se deberá conectar cualquier vehículo en cualquier momento de su ciclo de vida a la infraestructura Informática y Telemática (*IT-infraestructure*) de las OEMs (*Original Equipment Manufacturer*). Adicionalmente, la capacidad de diagnosis deberá desencadenar una serie de acciones que permitan conocer las necesidades de reparación y servicios del vehículo. Considerando la complejidad de los vehículos, la diagnosis deberá contemplar tres niveles: componentes del vehículo (nivel 1), vehículo (nivel 2) y flota de vehículos (nivel 3).
- **Escenario 2.** Una vez que ha ocurrido un evento, los técnicos de los servicios de reparación deberán ser capaces, utilizando herramientas apropiadas, de localizar rápidamente la raíz de la causa de la avería para delimitar con precisión las piezas que presentan fallos y que deben ser reemplazadas. Además, los técnicos deberán tener la posibilidad de contactar directamente con los departamentos de desarrollo de las OEMs.
- **Escenario 3.** Los ingenieros de desarrollo deberán tener un acceso fácil a datos de funcionamiento recopilados, por medio de herramientas apropiadas, durante la fase de evaluación de pre-producción, durante la producción misma, y también durante el uso del vehículo, e incluso a los datos experimentales proporcionados por expertos en las tres áreas.

Estos escenarios deben estar soportados por una arquitectura que esté basada en estándares abiertos. Todo ello hará que en el futuro aparezcan nuevos estándares que sean rentables, seguros y que garanticen una conexión permanente del vehículo con la infraestructura informática y telemática, complementando a las de ASAM (Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems- German car manufacturers), SAE (Society of Automotive Engineers) y otros de la industria del automóvil, así como estándares de la Informática y Telemática, tales como servicios web.

Por todo ello, para dar una visión de la diagnosis del futuro, se va a tratar de responder a las siguientes preguntas: ¿qué demanda la diagnosis electrónica del automóvil en el futuro?, y ¿qué soluciones se están planteando para dar respuesta a esas demandas? La respuesta a la primera de las cuestiones, unida a la evolución en las prestaciones de los vehículos del futuro, son las condicionantes más importantes para la respuesta a la segunda de las cuestiones. Por ello el organigrama que se plantea para realizar el estudio de tendencias futuras en la diagnosis electrónica del automóvil es el que se muestra de forma resumida en la Figura 4.9. Como aspectos generales a abordar en relación con la diagnosis del futuro se pueden destacar tres grandes áreas:

- a) tendencias de los sistemas electrónicos de a bordo (ECU.s), haciendo una especial incidencia a los sistemas de comunicación internos (buses),
- b) tendencias informáticas y telemáticas para la comunicación entre los vehículos y el exterior (tanto a corta como a larga distancia), y
- c) técnicas, modelos y herramientas para la diagnosis fiable teniendo en cuenta el creciente número de ECUs y de la información generada.

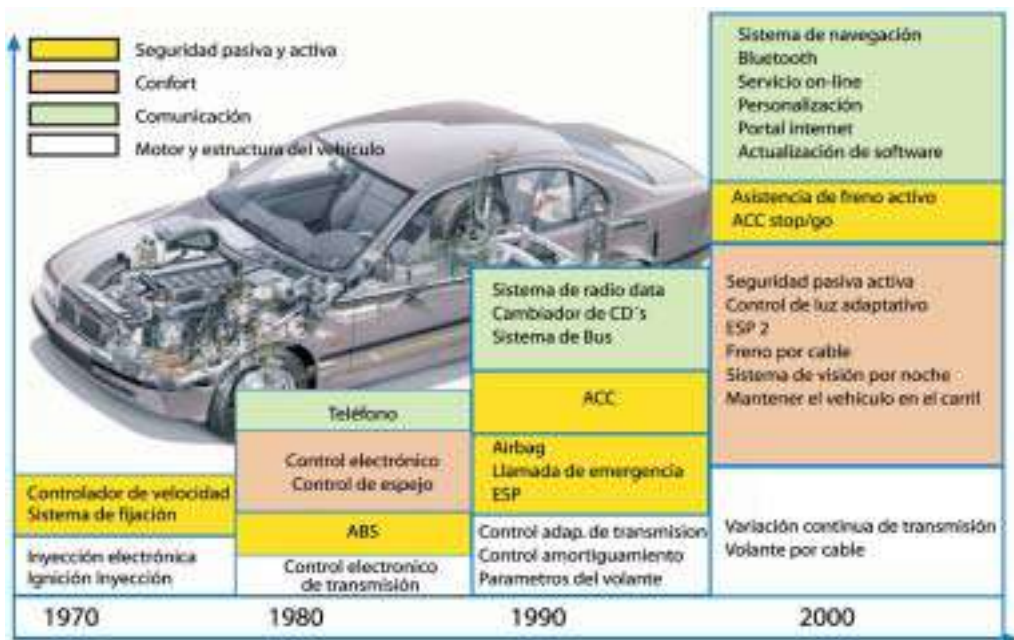


Figura 4.9
Aspectos generales que condicionan la evolución de la diagnóstico

4.2 Tendencias futuras en los sistemas del automóvil

Como se ha comentado anteriormente (Figura 4.9), la diagnóstico del futuro estará en gran medida condicionada tanto por las prestaciones que demande la propia diagnóstico como por las prestaciones que demanden los conductores y otros agentes implicados. Por ello en este apartado se va a realizar una breve presentación de los diferentes sistemas que ya se están incorporando y los que se prevé se incorporarán a corto y medio plazo en los automóviles. En este sentido, en la Figura 4.10 se muestra la evolución de los sistemas electrónicos incorporados en los automóviles. Como se puede comprobar el número de ECU's en la próxima generación alcanzará el doble del número actual. Por tanto, los fabricantes de ECU's investigan la posibilidad de añadir una aplicación de diagnóstico en cada ECU para asegurar el correcto funcionamiento del mismo.

Dada la variedad de estos sistemas, y sin ánimo de llevar a cabo una descripción detallada de los mismos, se ha realizado una clasifi-



*Figura 4.10
Desarrollo en la
electrónica utilizada en
los automóviles.*

cación en siete grandes bloques que abarcan los aspectos más importantes desde el punto de vista de la diagnosis: sistemas de seguridad, sistemas de ayuda a la reducción de la contaminación y ahorro de energía, sistemas "X-by-wire", tendencias en los buses internos (a bordo), tendencias en el diseño de ECUs, tendencias en los sistemas de comunicación entre vehículos y sistemas externos, e interfaces hombre-máquina.

4.2.1 Sistemas de seguridad

Dentro del concepto de seguridad se incluyen todos aquellos aspectos relacionados con la dirección, aceleración, frenado, mantenimiento de distancias de seguridad, seguridad pasiva, activa, etc. que contribuyan a una mayor seguridad en la conducción. En este sentido, los objetivos que se plantean cara al futuro son los de desarrollar sistemas de asistencia multidisciplinaria que informen y ayuden en todo momento al conductor de la mejor forma posible.

Sin duda, en el ámbito del futuro del automóvil, los sistemas de seguridad activos tendrán un gran protagonismo. Si bien con los sis-



Figura 4.11
Tendencias en la
seguridad pasiva y
activa del automóvil.

temas de seguridad pasiva ya se ha conseguido reducir de forma notable los posibles riesgos de lesiones en un accidente, en el futuro se tiende a incorporar sistemas de seguridad activos. Los sistemas de seguridad activos intervienen para reducir la gravedad de los accidentes o incluso evitarlos en la medida de lo posible, con la ayuda de sistemas tales como ABS, ASR (regulación anti deslizamiento) o el ESP (programa electrónico de estabilidad). Y todo ello tendiendo en cuenta tanto la seguridad del conductor y resto pasajeros como la de los peatones, ciclistas, etc.

En la Figura 4.11 se muestra una visión general de las tendencias futuras en los sistemas de seguridad pasiva y activa que se incorporarán en los automóviles.

A continuación se presentan algunas de los sistemas de seguridad y las modificaciones que se prevén introducir en las próximas generaciones de automóviles:

ABS (Anti blocking system)

Es uno de los sistemas que más ha contribuido a la seguridad en las carreteras. El hecho de evitar el bloqueo de las ruedas hace que el automóvil pueda seguir maniobrando y el conductor pueda evitar posibles obstáculos, incluso durante situaciones de máxima frenada. Su principio de funcionamiento se basa en la medida, mediante unos sensores, de las revoluciones de las ruedas, lo que permite controlar constantemente la velocidad de las mismas. Si una de las ruedas tiende a bloquearse, el ABS reacciona reduciendo la presión de frenado en esa rueda en concreto, impidiendo que se pare totalmente.

En el futuro, el ABS realizará este proceso de regulación independientemente para cada rueda. La regulación electrónica logrará así la parada del vehículo en el recorrido más corto posible, mejorando la maniobrabilidad y aumentando la estabilidad del mismo.

En la Figura 4.12 se muestra el aspecto del sistema general del ABS y los subsistemas correspondientes al grupo hidráulico con unidad de control, además de un ejemplo de sensor de medida de revoluciones de las ruedas.



(a)



(b)



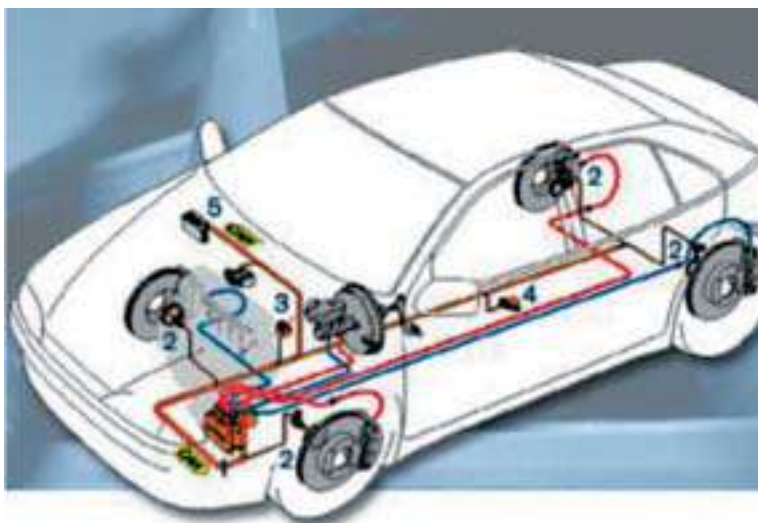
(c)

*Figura 4.12
Sistema ABS. (a) Vista
general, (b) sensor y
actuador de giro y (c)
sistema hidráulico.*

ESP (Electronic Stability Program)

El sistema electrónico de estabilidad permite reconocer con tiempos de respuesta muy pequeños (del orden de milisegundos) cualquier tipo de inestabilidad del vehículo. A partir de esa detección se pueden tomar las acciones oportunas (intervención activa) sobre los sistemas de accionamiento y/o de frenado, para conseguir que el vehículo se mantenga estable y seguro sin salirse de su carril. De esta forma se pueden evitar muchos accidentes ante situaciones imprevistas, error en el trazado de las curvas, presencia de obstáculos imprevistos, calzadas parcialmente cubiertas de hielo, etc., aunque la velocidad no sea adecuada. Con el ESP se evita un posible derrape mediante intervenciones extremadamente rápidas en los frenos y en la gestión del motor y caja de cambios. A partir del ángulo de giro de la dirección, el ESP calcula la dirección pretendida por el conductor, y de las señales del giroscopio y del sensor de aceleración transversal reconoce si el vehículo se mueve en una dirección diferente. En este caso, el ESP reacciona regulando el frenado de cada rueda y “conduce” el vehículo en la dirección deseada. Con ello se aumenta la estabilidad en todas las situaciones de conducción.

Figura 4.13
Elementos
asociados al ESP



En el futuro se incorporarán nuevos tipos de sensores que ayudarán a mejorar las prestaciones del ESP. En la Figura 4.13 se muestran los dispositivos y sensores más relevantes: 1: regulador hidráulico con unidad de control separada, 2: sensores de medida de revoluciones de las ruedas, 3: sensor de medida del ángulo de dirección, 4: giroscopio y sensor de aceleración transversal, 5: unidad de control para la gestión del motor y comunicaciones.

El regulador hidráulico se encarga de ejecutar las órdenes del control y regula la presión en los cilindros de las ruedas a través de válvulas magnéticas. El sensor del ángulo de dirección permite obtener el ángulo de giro del volante y con ello se puede estimar el rumbo teórico del vehículo, utilizando las señales de los sensores de revoluciones de las ruedas. Los sensores de ángulo de giro (giroscopio) y de aceleración se encargan de registrar todos los movimientos del vehículo alrededor de su eje vertical. En la mayor parte de los casos, se recurre a sensores de efecto Hall.

El sistema de comunicación de a bordo permite transmitir la información procedente de diversas fuentes (volante, sensor del pedal del acelerador, accionador de la válvula mariposa, válvulas de inyección, módulo de encendido) para que el sistema de control del motor tome las acciones oportunas.

Sistema integral de frenado para incrementar la seguridad

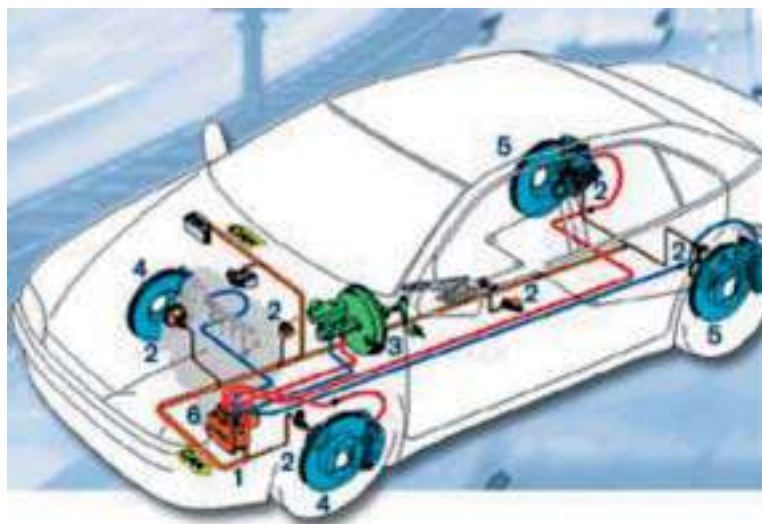
Los sistemas de frenado garantizan la seguridad de los ocupantes del vehículo y aumentan el confort de conducción. Las demandas que se piden son: capacidad para detener el vehículo de forma segura en cualquier momento, garantizar en situaciones de emergencia una distancia corta de frenado, y ayudar al conductor a mantener el vehículo siempre bajo control.

Las soluciones de frenado son diversas, y van desde componentes individuales, grupos constructivos y subsistemas, hasta sistemas

completos de estabilización y frenado para automoción. Algunas soluciones son: servofrenos y cilindros maestro, frenos de disco, frenos de tambor, asistencia de frenado, módulos de rueda, ABS, ASR y ESP. A modo de ejemplo, el incorporar un asistente de frenado (apoyando la eficacia de los frenos), acorta el recorrido de frenado y aumenta la seguridad. Estos sistemas reconocen una situación de frenado de emergencia y reaccionan aumentando automáticamente la presión de frenado a un máximo definido previamente por el fabricante del vehículo.

En la Figura 4.14 se muestran algunos de los elementos clave del sistema de frenado: 1) estabilización del vehículo (aquí: ESP), 2) sensores ESP, 3) servofreno y cilindro maestro, 4) frenos de disco eje delantero, 5) frenos de disco eje trasero, 6) asistente de freno (aquí: integrado con ESP).

*Figura 4.14
Elementos asociados al
sistema de frenado.
Seguridad activa*



En el futuro se incorporarán sistemas de seguridad activa, que ayudarán a mantener la controlabilidad del vehículo incluso en situaciones límite. Para ello se comprueba permanentemente si el comportamiento del vehículo coincide con el establecido por el conductor. Un sistema sensorial facilita los datos necesarios para conseguir

este fin, por ejemplo: revoluciones de las ruedas, ángulo de dirección, aceleración longitudinal y transversal y relación de giro.

Como un ejemplo de los sistemas desarrollados para la seguridad activa, es el sistema de control longitudinal realizado por el grupo de investigación en DaimlerChrysler [Model based development of cruise control for Mercedes Benz trucks] (Figura 4.15), el cual incluye 4 funciones principales (control de torsión de marcha, control de torsión de freno, regulación de distancia de separación y limitación de velocidad). Dichas funciones utilizan una estructura común de software, donde el

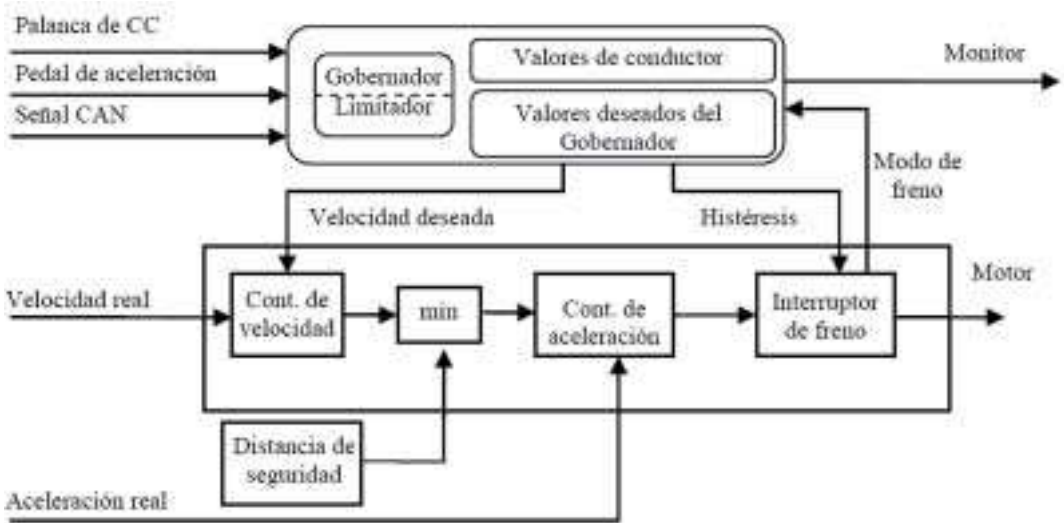


Figura 4.15
Control longitudinal
diseñado por
DaimlerChrysler

pedal de aceleración, las señales del bus CAN, la velocidad actual, la distancia y la aceleración actual del vehículo son las entradas del 'gobernador' y el 'limitador', mostrados en la Figura 4.15. Así la torsión nueva calculada se envía mediante el bus CAN al motor para controlar la velocidad.

Seguridad pasiva

Los sistemas de seguridad pasiva, como son los *airbag* (Figura 4.16), los sensores de cinturones o las barras anti-vuelco, protegen a los ocupantes del vehículo en caso de accidente. Para determinar qué medios de retención deben activarse en qué momento y de qué

Figura 4.16
Ejemplo de airbag.



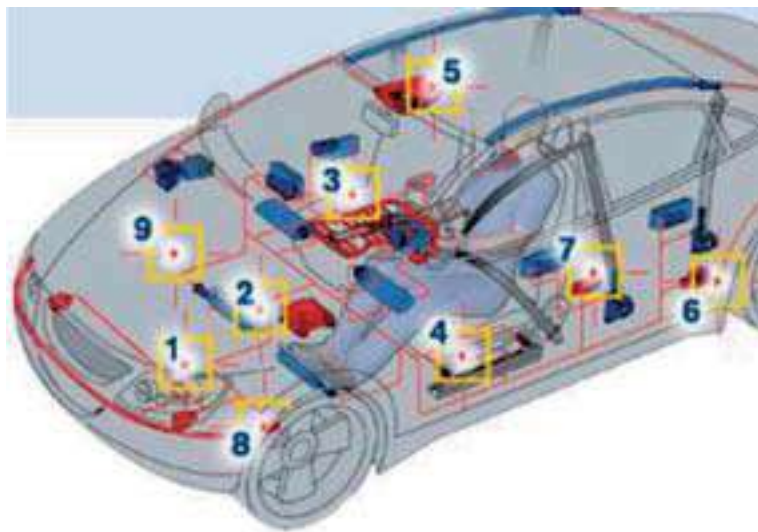
forma, el control central de *airbags* evalúa las señales de los sensores (altamente sensibles). Entre otras, a partir de estas señales, se reconoce: la gravedad del impacto, la dirección del impacto y el vuelco del vehículo. En el futuro se incorporarán diferentes *airbags* (para protección de cabeza, lateral, etc) y éstos se activarán de forma localizada en función de la información recibida tras el impacto.

En lo que se refiere al habitáculo interior de los vehículos, en el futuro se está pensando en incorporar sensores capaces de detectar aspectos tales como: ocupación o no de los asientos, tipo de persona que se encuentra ocupando los mismos (niños o adultos), peso de los ocupantes, posición de los asientos, etc. La información proporcionada por estos sensores permitirá tomar, en cualquier instante, acciones en la conducción (frenado, aceleración, cambio de dirección, etc), tratando de conseguir el mayor nivel de seguridad y confortabilidad para los ocupantes.

En esta línea, los nuevos sistemas de Airbag incorporarán sensores especiales que permitirán activar inteligentemente los medios de retención, en función de las condiciones del accidente. Utilizando innovadoras técnicas de radar, ultrasonido y vídeo, las acciones de protección se activarán en fracciones de segundos, adelantándose así al

instante del impacto. Dependiendo de cada situación, el sistema electrónico debe activar los correspondientes dispositivos de protección (airbag frontales, laterales, de protección de cabeza, etc.) en varias fases para minimizar los daños a los ocupantes.

En la Figura 4.17 se muestran algunos de estos dispositivos: 1) sensor delantero, 2) unidad de mando central de airbag con sensores anti-vuelco, 3) sensores para clasificación de ocupantes con reconocimiento automático de asiento para niños, 4) sensores de peso, 5) sensor *Out-of-Position* (fuera de posición), 6) sensor de aceleración del *airbag* lateral, 7) sensor de presión del *airbag* lateral, 8) sensor de choque con peatones, 9) arquitectura de bus.



*Figura 4.17
Sistemas electrónicos
incorporados en los
automóviles para
protección de
ocupantes.*

Durante la fase de colisión los sensores transmiten el tipo, la fuerza y el sentido de la colisión (frontal, trasera, lateral, vuelco, etc). Con estos datos la unidad central de control *airbag* decide cuáles de los sistemas de protección de ocupantes se debe activar y en qué secuencia.

Otro aspecto importante en el contexto de los sistemas de protección es el esfuerzo por la protección, no sólo de los ocupantes de los vehículos sino también de los peatones. A modo de ejemplo, la empresa Bosch ya ha desarrollado sistemas electrónicos para reco-

nocer la colisión con un peatón y activar las medidas de seguridad adecuadas para minimizar las lesiones. Las primeras generaciones de estos sistemas utilizan sensores de contacto. En el futuro, sin embargo, están pensando en incorporar sensores de reconocimiento a distancia (cámaras de vídeo, por ejemplo), que permitan tomar acciones antes de que se produzca el contacto entre peatón y vehículo.

Otros sistemas que se incorporarán en el futuro para la protección de peatones serán sensores tipo radar que serán capaces de obtener información de los posibles obstáculos en el entorno del vehículo (fundamentalmente en su parte delantera). Gracias a este tipo de sensores se podrá tener información además de la velocidad relativa respecto al obstáculo, distancia hasta el obstáculo, sentido de la colisión, etc.

Finalmente, cabe indicar que las direcciones asistidas eléctricas y electro-hidráulicas ayudan a ejecutar de forma eficaz las intenciones del conductor para obtener un ángulo de dirección determinado. Para ello, el sistema electrónico procesa las informaciones de los sensores referentes a la posición y el movimiento del volante. En el futuro se pretende incorporar sistemas *Steering-by-wire*, esto es dirección por cable que contribuirán también a una mayor seguridad en la conducción.

4.2.2 Sistemas de ayuda a la reducción de la contaminación y ahorro de energía

Como ya se ha comentado, una de las mayores preocupaciones actuales es la protección del medioambiente y el consumo energético. Para ello, se están desarrollando diferentes alternativas de sistemas sensoriales para ser incorporadas a las próximas generaciones de automóviles. Estos sensores se utilizarán en la gestión del motor contribuyendo a una conducción más económica y con menor contaminación atmosférica. Sensores que proporcionarán la información necesaria al sistema encargado de realizar la gestión del motor para calcular variables de ajuste, tales como: cantidad de carburante inyec-

tado, momento de la inyección, ángulo de ignición, accionamiento de la válvula mariposa, accionamiento de las válvulas de entrada y salida, accionamiento del retorno de los gases de escape, accionamiento del turbo-sobrealimentador, etc.

La información proporcionada por los sensores puede ser diversa, pudiéndose citar a modo de ejemplo: medidor de masa de aire de película caliente, sensor de revoluciones, sensor de fases, sensores de presión, sensor de detonaciones, sensor de temperatura, módulo del pedal de marcha, sensor de estado y nivel del aceite, etc.

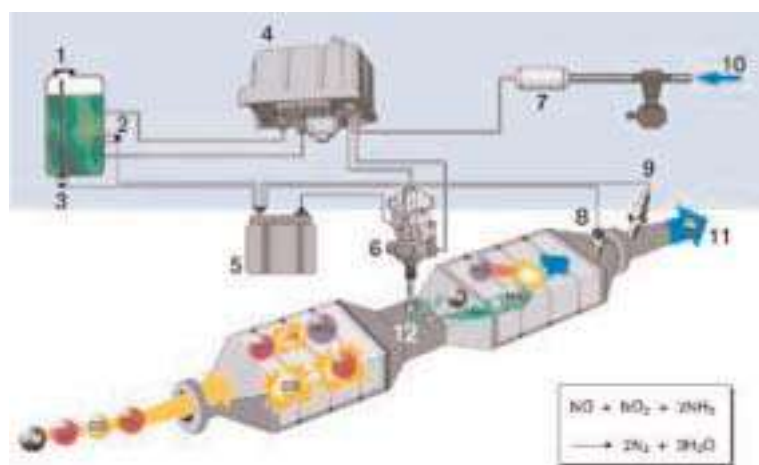


Figura 4.18
Catalizador SCR

En este mismo sentido el control electrónico del cambio de marchas, además de aumentar el confort de conducción y la seguridad, también contribuirá a optimizar el consumo de carburante.

En el caso particular de los vehículos industriales diesel, se están planteando para el futuro reducciones importantes en los límites de emisiones contaminantes y en el consumo energético. Sin embargo, las soluciones técnicas actuales no parecen suficientes si se tienen presentes las demandas que se están imponiendo en los valores límites para las emisiones de los vehículos diesel. Para dar respuesta a estas demandas de futuro, algunas empresas del sector, por ejemplo Bosch, ya están desarrollando nuevas soluciones como el sistema SCR (*Selective Catalytic Reduction*). Esta solución se refiere a un componente cen-

tral (*DENOXTRONIC*) del sistema SCR que permite realizar la dosificación de agentes de reducción. Este sistema hace posible reducir a la vez las emisiones NO_x y mantener bajo el consumo y la formación de partículas.

En la Figura 4.18 se muestran los diferentes elementos del catalizador SCR. Siendo: 1) depósito AdBlue, 2) sensor de temperatura, 3) sensor de nivel de carburante, 4) módulo de suministro, 5) unidad de mando, 6) válvula de dosificación, 7) acumulador de aire, 8) sensor de temperatura de los gases de escape, 9) sensor de gases de escape, 10) alimentación de aire, 11) gases de escape tratados, 12) tubo atomizador.

Con el proceso SCR se pueden llegar a cumplir los objetivos de un funcionamiento del motor económico y limpio. El proceso SCR trabaja con el agente reductor AdBlue, que se inserta en la corriente de los gases de escape, consiguiendo convertir el NO_x tóxico contenido en los gases de escape en un gas inofensivo para la salud. Para obtener una reducción óptima de las emisiones, es imprescindible dosificar correctamente el agente de reducción en todos los estados de funcionamiento. Esta función se puede realizar utilizando el sistema de dosificación *DENOXTRONIC* de Bosch. El sistema de control electrónico procesa los datos relevantes del mando del motor y los datos medidos en el sistema de gases de salida y adapta la dosificación en cada estado operativo a las exigencias del motor y del catalizador. La combinación de los sistemas *DENOXTRONIC* y SCR ha demostrado una alta eficacia, llegando a alcanzar cotas de reducción en la emisión de NO_x de hasta un 85 %. Al mismo tiempo, se puede reducir el consumo de combustible entre un 5 % y un 10 %.

Los catalizadores SCR se pueden emplear solos o en combinación con un filtro de partículas, en cuyo caso se minimiza la emisión de éstas.

En la Figura 4.19 se muestra la amortización de los costes del sistema SCR en función del kilometraje del vehículo $X = \text{Costes}$

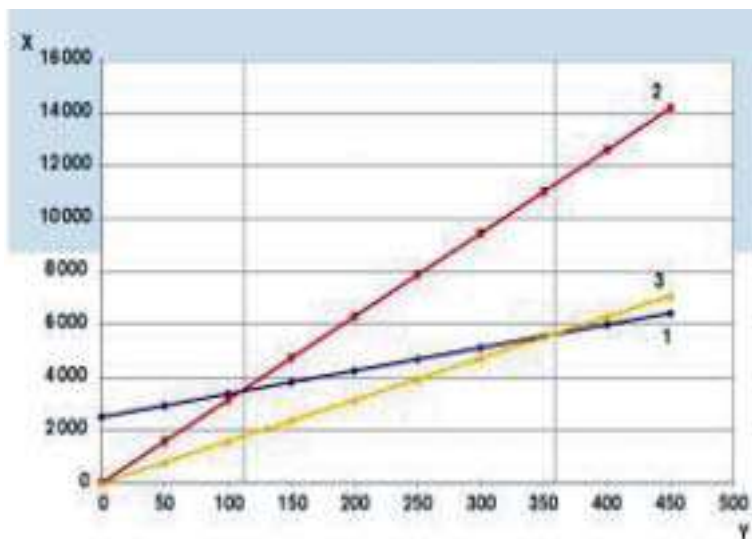


Figura 4.19
Amortización de los
costes del sistema SCR
como función del
kilometraje del vehículo.

(Euro); Y = Kilometraje (km x 1,000), 1: costes del sistema SCR + costes de AdBlue, 2: Ahorro de carburante 10%, 3: Ahorro de carburante 5%.

Finalmente, se ha de mencionar que en Japón varios grupos están investigando un sistema para reducir la emisión de gases y aumentar la eficacia de los motores de los camiones de Mitsubishi. Como se muestra en la Figura 4.20-a, la unidad de control electrónico recibe la información capturada por los sensores de presión, temperatura del DPF (Diesel Particulate Filter), elevador de presión, etc., y actúa sobre el sistema de inyección, según se indica en la Figura 4.20-b.

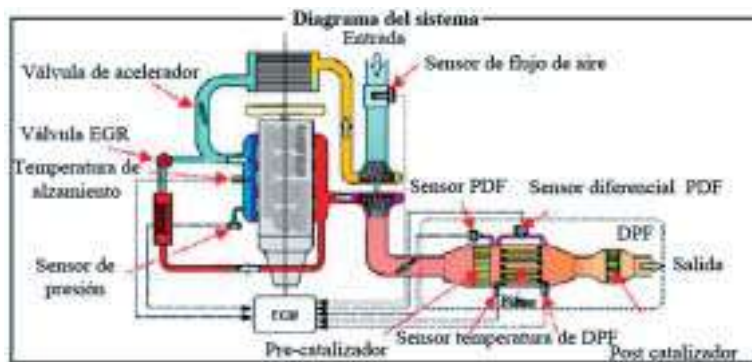
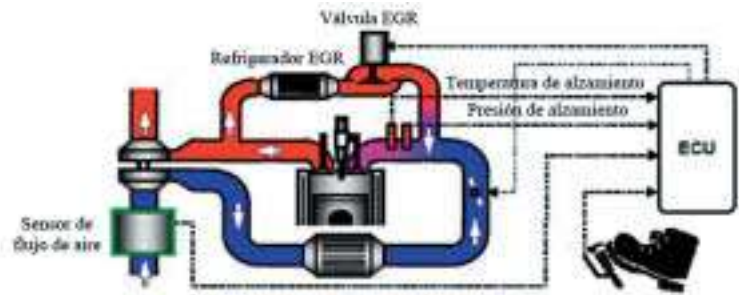


Figura 4.20
(a) Diesel Particulate
Filter (DPF) por
Mitsubishi FUSO, (b)
Sophisticated EGR
system por Mitsubishi
FUSO



(b)

Este grupo de investigación utiliza el término 'INOMAT-II' para identificar un sistema de transmisión mecánica automatizada que mejora los conocidos sistemas manuales de transmisión y ofrece una importante reducción de consumo de combustibles, a la vez que aumenta el confort. Para ello recurre a técnicas de control borroso y a la sincronización del cambio de marchas. En la Figura 4.21 se muestra un diagrama de bloques general de INOMAT-II, donde la unidad de control electrónica se encarga de recibir señales de las unidades de embrague y caja de cambios, así como de actuar enviando las órdenes al circuito de control de guiado.



Figura 4.21
Diagrama de bloques
general del sistema
INOMAT-II

En la Figura 4.22 se muestra un ejemplo de actuación del sistema INOMAT-II. En este caso, al entrar el vehículo en la zona de ascensión, su velocidad tiende a reducirse, y en consecuencia el conductor tiende a aumentar la velocidad presionando el pedal de aceleración (en

función del tipo de conductor el tiempo de reacción será mayor o menor y, por tanto, se pueden presentar cambios de velocidad mayores o menores). Por tanto, el vehículo, con el sistema tradicional, puede sufrir variaciones bruscas de velocidad. Sin embargo, con el sistema INOMAT-II estos cambios de velocidad serán más suaves (gracias al sistema de control borroso), lo que contribuirá a un ahorro de combustible y, al mismo tiempo, se reduce la emisión de gases producida por los cambios bruscos de velocidad.



*Figura 4.22
Efecto del
desplazamiento de
tiempo utilizando la
lógica borrosa (INOMAT-
II).*

4.2.3 Sistemas "X-by-wire"

Aprovechando la nueva tendencia de utilizar tensiones de alimentación de 36-42 voltios, en lugar de los 12-14 voltios actuales, se ha comenzado a desarrollar una nueva tecnología que se conoce con el término genérico "X-by-wire", donde X puede hacer referencia a diferentes sistemas (dirección, freno, etc). Con esta nueva tecnología lo que se busca es una solución alternativa a muchos de los sistemas mecánicos que incorporan los actuales automóviles. Esta solución alternativa está basada en la utilización de sofisticados sistemas eléctricos. La implementación de "X-by-wire" normalmente aumenta la eficiencia del sistema (X) y el rendimiento del mismo. Sin embargo, las razones iniciales para la implementación de "X-by-wire" fueron las mejoras en la eficiencia del combustible, la potencia, la seguridad y el confort.

Aunque son diversas las aplicaciones de “X-by-wire”, a continuación se detallan algunas de ellas: dirección, freno y gestión del motor.

Steer-by-wire

El sistema de dirección ha pasado por varias etapas a lo largo del tiempo:

- Enlace mecánico directo entre volante y ruedas directrices (generalmente delanteras).
- Incorporación de una reductora entre el eje del volante y el eje de las ruedas.
- Incorporación de un actuador hidráulico como elemento de asistencia al sistema mecánico del volante, que reduce el esfuerzo que aplica el conductor para controlar la dirección y, especialmente, en el caso de los camiones donde la fuerza que deben aplicar se duplica o triplica según el peso de la carga que lleva. En el caso de la bomba hidráulica, ésta se conecta directamente con el motor del vehículo, con lo que una parte de la fuerza del motor se pierde para asistir al sistema mecánico del volante. Uno de los problemas de dicho sistema es que la bomba necesita presión suficiente para realizar el giro deseado incluso cuando el vehículo está detenido.
- Sistema de dirección electro-hidráulica, que se basa en una bomba hidráulica activada utilizando un motor eléctrico que permite generar la presión adecuada y de forma controlada.
- Sistema eléctrico para asistir al volante de dirección. En este caso el sistema hidráulico ha sido sustituido por sensores y actuadores eléctricos. Los sensores aportan información sobre la dirección de giro del volante y permiten que se tenga un control preciso sobre la fuerza que se debe aplicar a los actuadores encargados de actuar sobre los enlaces mecánicos existentes entre las ruedas y el volante.

Con la eliminación de los enlaces mecánicos entre el volante y las ruedas (Figura 4.23) se consiguen importantes ventajas: se simplifica el diseño, se aumenta la eficiencia, se mejora el rendimiento y se mejora la seguridad. Con la solución “steer-by-wire” el sistema de dirección actual, con enlaces mecánicos, se sustituye por un sistema completamente electrificado. Este nuevo sistema estará formado por un sensor de posicionamiento integrado en el volante, un motor que aporta la

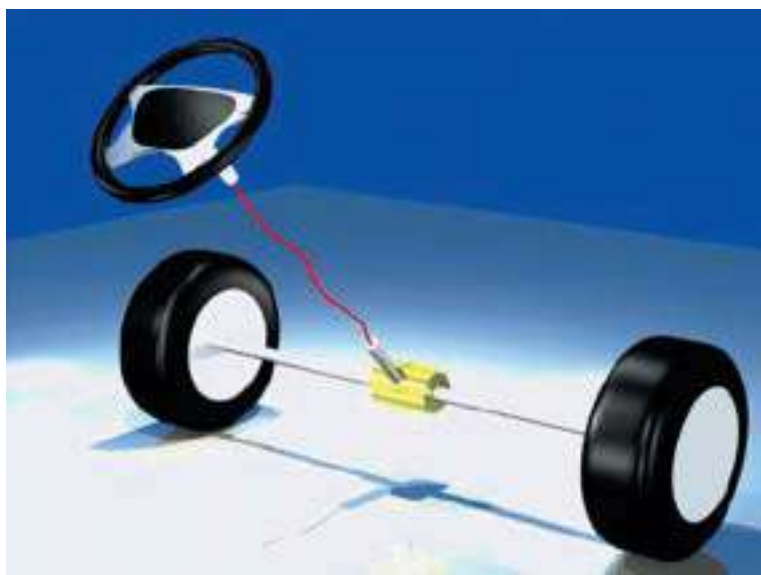


Figura 4.23
Sistema “steer-by-wire”

fuerza mecánica de los sistemas tradicionales de giro del volante, actuadores incorporados en las ruedas delanteras del vehículo y una unidad de control para coordinar el proceso. Estos cuatro componentes reducen de una forma considerable el número, tamaño y peso de los componentes utilizados para implementar el sistema de dirección en los automóviles. El nuevo proceso incorporado en el sistema de dirección (Figura 4.24) es eficiente porque solamente tiene consumo de potencia cuando se realiza el giro de las ruedas. En este nuevo concepto, la unidad de control recibe datos de diferentes sensores adicionales para calcular el ángulo de giro de las ruedas en función de la velocidad del vehículo. Todo ello permitirá, además, incrementar la seguridad de los vehículos ya que, al eliminar el elemento de rigidez

mecánica entre el volante y el chasis, en los choques frontales la presión que el volante puede ejercer sobre el conductor se reduce notablemente

La solución “Steer-by-wire” está siendo utilizada actualmente por unidades de tierra militares. Por otra parte, la empresa Delphi ha anunciado el comienzo de la investigación del llamado “Quadrasteer”, donde el sistema de dirección se reestructura considerando las cuatro ruedas del vehículo. En los casos de velocidad baja del vehículo, las ruedas traseras giran en dirección contraria a las delanteras, pero en el caso de velocidad alta las ruedas traseras giran en la misma dirección que las delanteras para mejorar la estabilidad.

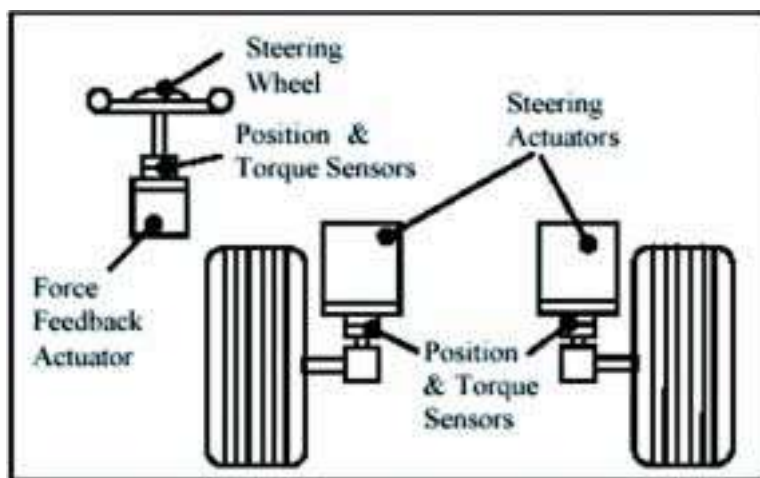
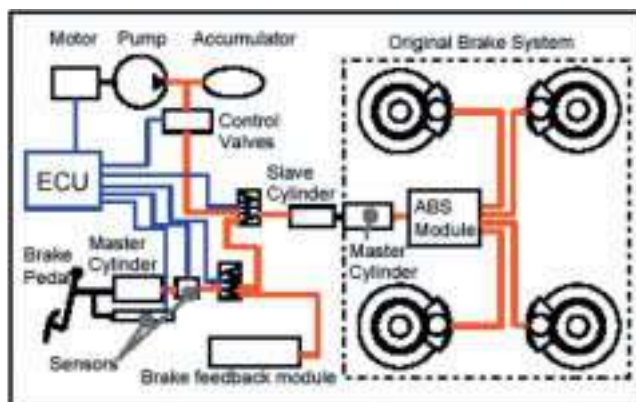


Figura 4.24
Sensores y actuadores
utilizados en el sistema
de dirección por cable
(steer-by-wire).

Brake-by-wire

En los sistemas de freno basados parcial o totalmente en enlaces mecánicos y sistemas hidráulicos, cuando un conductor presiona el pedal de freno la fuerza se multiplica utilizando el principio mecánico de la palanca, y la fuerza se transmite a través del líquido hidráulico en todas las direcciones hasta llegar a las unidades de freno de las ruedas. Con la alternativa “brake-by-wire”, véase la Figura 4.25, se trata de buscar una solución al tema del frenado más sencillo y, al mismo tiempo, más eficaz.



*Figura 4.25
Sistema de freno por cable (brake-by-wire)*

Actualmente existen dos soluciones de “brake-by-wire” en el campo de los automóviles. La primera se conoce como “freno electro hidráulico” (Electric Hydraulic Braking -EHB)”y utiliza bombas y válvulas para alimentar y controlar los elementos hidráulicos. Con ello se reduce notablemente la complejidad de la interfaz de los sistemas de freno antiguos. Además, en EHB las acciones del conductor son interpretadas eléctricamente, permitiendo la coordinación entre el control de este sistema y el resto de los sistemas incorporados al vehículo, como por ejemplo el sistema de dirección. Otra ventaja del EHB es la posibilidad de reducir la parte mecánica utilizada hasta hoy en el sistema de freno.

El segundo tipo de freno es conocido como “freno electro-mecánico” (Electric Mechanical Braking -EMB). En este caso, el sistema de freno incorpora sensores en el pedal de freno, además dispone de una unidad de control y de actuadores electromecánicos en cada una de las ruedas. Así, utilizando EMB se reducen los mantenimientos, al eli-

minar la parte hidráulica y los enlaces mecánicos. Los componentes eléctricos utilizados en la solución EMB deben ser diseñados utilizando la estrategia de “seguro de fallo” (fail-safe), a lo que contribuye el protocolo de comunicaciones TTP (“Time-Triggered Protocol TTP”), propuesto para soportar la tecnología X-by-wire.

Throttle-by-wire

Los sistemas convencionales de actuación sobre la válvula reguladora (Throttle) consisten en un cable que conecta el pedal del acelerador con la palanca del carburador. Algunos fabricantes de automóviles comenzaron a poner las nuevas tecnologías para controlar la válvula reguladora electrónicamente. Dicha tecnología es llamada “Throttle-by-Wire”, como se ve en la Figura 4.26.



Figura 4.26
Elementos de Throttle-
by-wire: 1) pedal
acelerador, 2) ECU del
motor, 3) mariposa.

El sistema “throttle-by-wire” incluye sensores que proporcionan la posición del pedal. Los datos capturados por dichos sensores son enviados al módulo de control del motor ECM (*Engine Control Module*), el cual también recibe información adicional de otros sistemas (ABS, control de tracción, caudal de aire, distribuidor-dosificador de combustible, cambio de marchas, etc.) para determinar los parámetros a cambiar. Utilizando “throttle-by-wire”, la información se transmite eléctricamente en vez de mecánicamente en los sistemas anteriores, lo cual elimina las pérdidas por fricciones. Así mismo, este nuevo sistema aumenta la eficiencia del combustible, reduce las emisiones de gases y mejora el rendimiento.

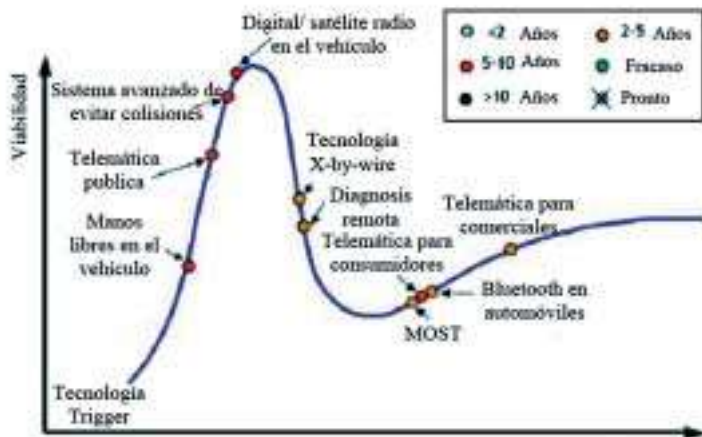


Figura 4.27
Tendencia futuras en telemática en el ámbito de la automoción.

4.2.4 Tendencias en los buses internos

Los avances en telemática han facilitado la introducción de varias estrategias y sistemas novedosos en la arquitectura del automóvil, tal como la diagnosis remota o los comentados sistemas X-by-wire. La Figura 4.27 muestra la tendencia futura en los sistemas telemáticos en el ámbito de la automoción.

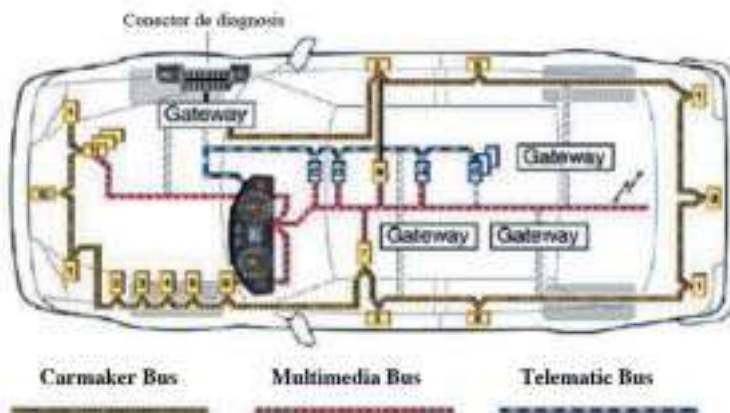


Figura 4.28
Redes de comunicación a bordo de los vehículos.

En la Figura 4.28 se muestra una arquitectura mixta de sistema de comunicación a bordo del automóvil, en la línea de lo descrito en el apartado 2.2. Los módulos "gateway" realizan la función de pasarelas entre las diferentes redes. En la Figura 4.29 se muestra un ejemplo de gateway desarrollado para llevar a cabo la comunicación entre los

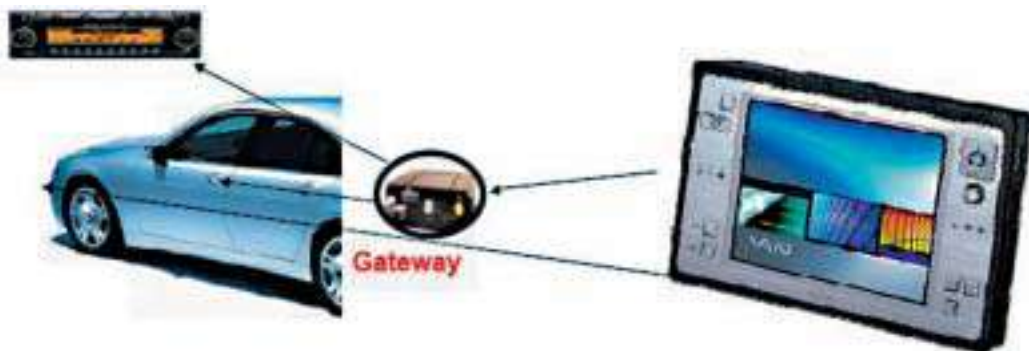
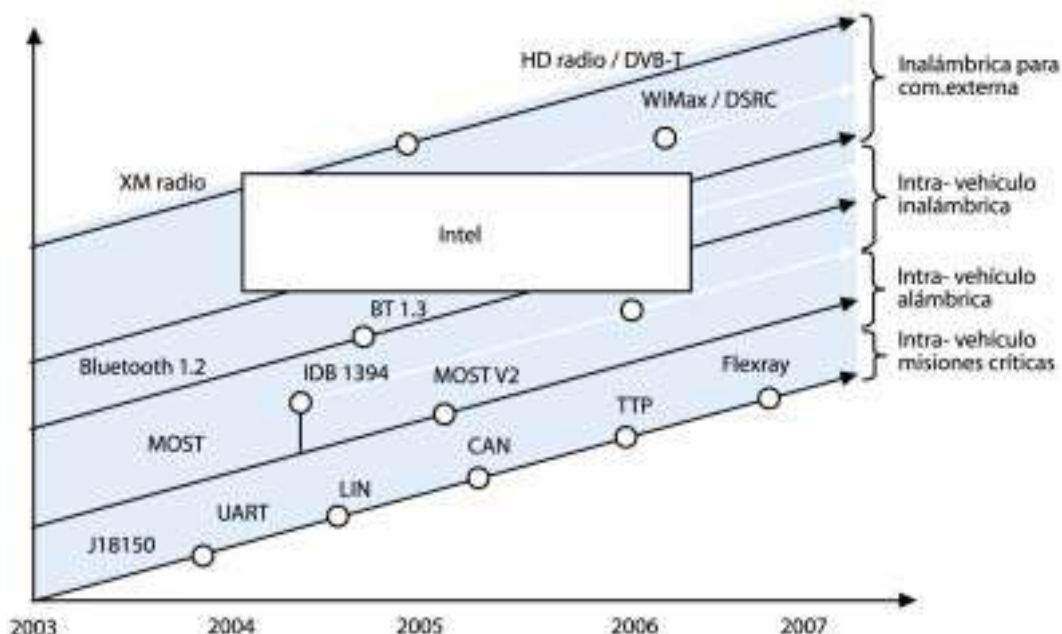


Figura 4.29
Ejemplo de gateway
utilizado en los
vehículos para el control
de interacción entre
redes.

redes CAN (las redes que comunican los ECU'S) y los equipos de audio, multimedia, Bluetooth, WiFi, etc.

Según Intel [Car infotainment solutions, based on Standard – Intel Platforms], las tendencias futuras en los automóviles se presentan en la Figura 4.30, donde los buses que se utilizarán a partir del 2005 serán TTP y FLEX-ray para realizar la comunicación entre los ECU's y los sistemas de diagnóstico, y MOST V2 para la comunicación entre los sistemas multimedia. Así mismo, MOST V2 y BT1.3 se utilizan para comunicar tanto los sistemas de diagnóstico externos como los sistemas de control y tráfico.

Figura 4.30
Tendencia de la
tecnología de
comunicación en los
automóviles.



4.2.5 Técnicas avanzadas para el diseño de ECUs

El concepto de Hardware en Lazo (Hardware in the Loop) viene siendo habitual en el contexto electrónico como herramienta para probar el comportamiento de un prototipo conectándolo a un sistema emulador (también electrónico), tal y como se muestra en la Figura 4.31, como paso previo a la prueba en el sistema físico que será el habitual de trabajo.



*Figura 4.31
Ejemplo de prueba de
un ECU en un sistema de
emulación (Hardware in
the Loop)*

Esta idea no sólo se ha trasladado al diseño de ECUs sino que ha evolucionado y, a partir de ella, se ha desarrollado toda una técnica o proceso de diseño de ECUs que consta de 4 fases (Figura 4.32):

- Modelo en Lazo (Model-in-the-loop),
 - Software en Lazo (Software-in-the-loop),
 - Proceso en Lazo (Processor-in-the-loop), y
 - Hardware en Lazo (Hardware-in-the-loop),
- siempre partiendo del modelo global del automóvil.

Model-in-the-loop:

En la primera fase de validación y ajuste del diseño de un ECU se evalúa el diagrama de bloques de éste, estableciendo el conjunto de señales de interfaz con el modelo global del vehículo, que, a su vez, cuenta con fuentes de excitación asociadas a sensores y actuadores

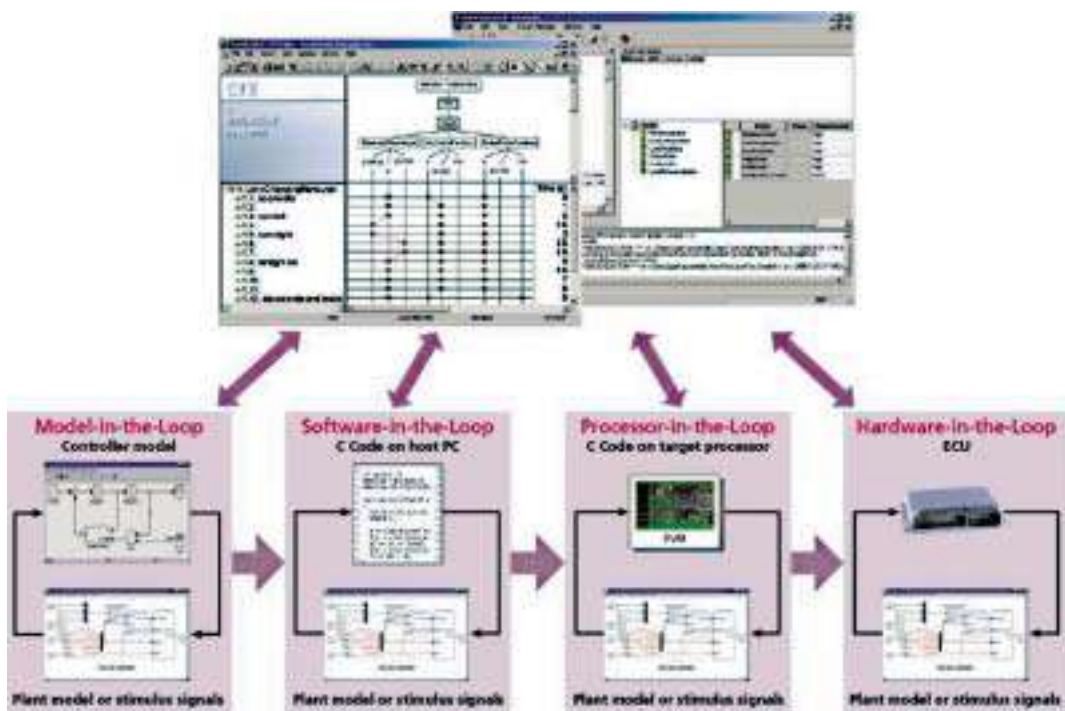


Figura 4.32
Fases utilizadas las
nueva técnicas para el
diseño, diagnosis y
calibración de ECU's

propios del automóvil. Una herramienta software utilizada en esta fase es Matlab/Simulink. La Figura 4.33 representa un ejemplo de la fase *model-in-the-loop* en el diseño de un ECU para regular el consumo de combustible.

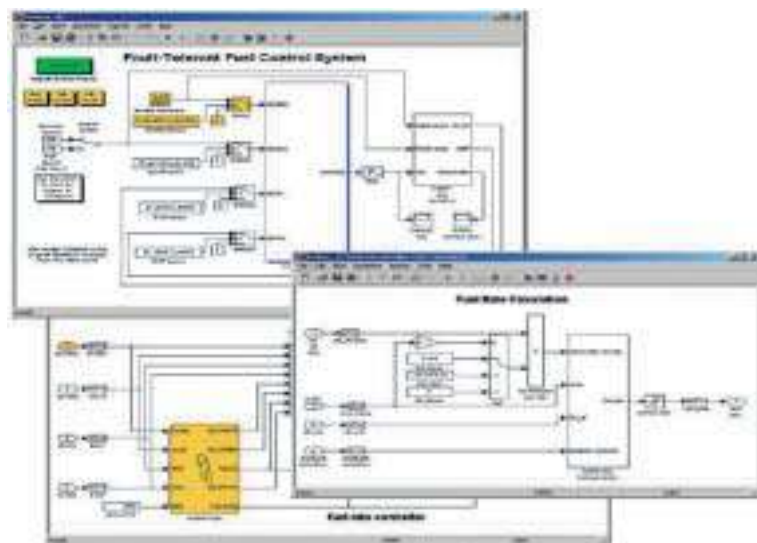


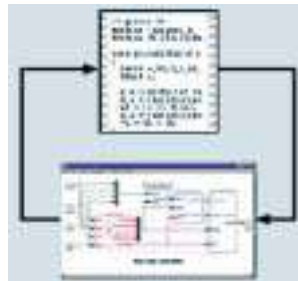
Figura 4.33
Diagrama de bloques
utilizado en el diseño de
un ECU para regulación
del consumo de
combustible.

Software-in-the-loop:

En esta fase, el diagrama de bloques funcional del diseño se traduce a código C (Figura 4.34.a) y se simula en conexión con el mismo modelo de la etapa anterior que presenta el resto del vehículo (Figura 4.34.b). Entre las utilidades de Matlab está la de traducción a código ejecutable (bajo DOS o bajo Windows) del modelo de un sistema diseñado en Simulink.



(a)



(b)

Figura 4.34
a) Código C generado a partir del modelo del ECU de control de combustible, b) ejemplo de aplicación de Software in the Loop.

Process-in-the-loop:

Superada la fase anterior, el paso siguiente consiste en exportar el código generado y validado al soporte hardware que permita su ejecución. Para ello se requiere de una tarjeta hardware con capacidad de conexión al sistema emulador que ejecuta el modelo del resto del vehículo. En la Figura 4.35, el código generado se ha instalado en una tarjeta de evaluación DS1006 de dSPACE.

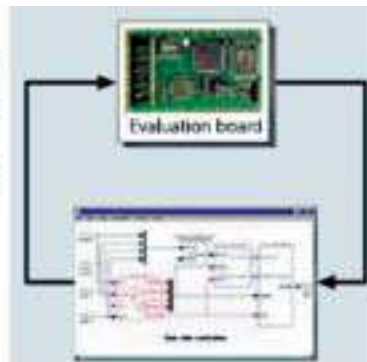
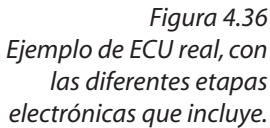


Figura 4.35
Ejemplo de aplicación de la fase Process in the Loop.

El último paso de esta técnica consiste en insertar el código que representa a la funcionalidad del ECU en el soporte hardware definitivo (véase Figura 4.36). No obstante, su test se sigue realizando conec-



The diagram illustrates an I/O-System. A central rectangular block is labeled "I/O-System". Above the block is a computer monitor displaying a red car. Below the block is a printer. Arrows indicate the flow of data: one arrow points from the monitor to the I/O-System block, and another points from the I/O-System block to the printer. A third arrow points from the printer back to the I/O-System block, and a fourth arrow points from the I/O-System block back to the monitor, forming a closed loop.

4.2.6 Tendencias en los sistemas de comunicación entre vehículos y sistemas externos

Como ya se ha comentado, uno de los aspectos importantes en los automóviles del futuro será la capacidad de comunicación del

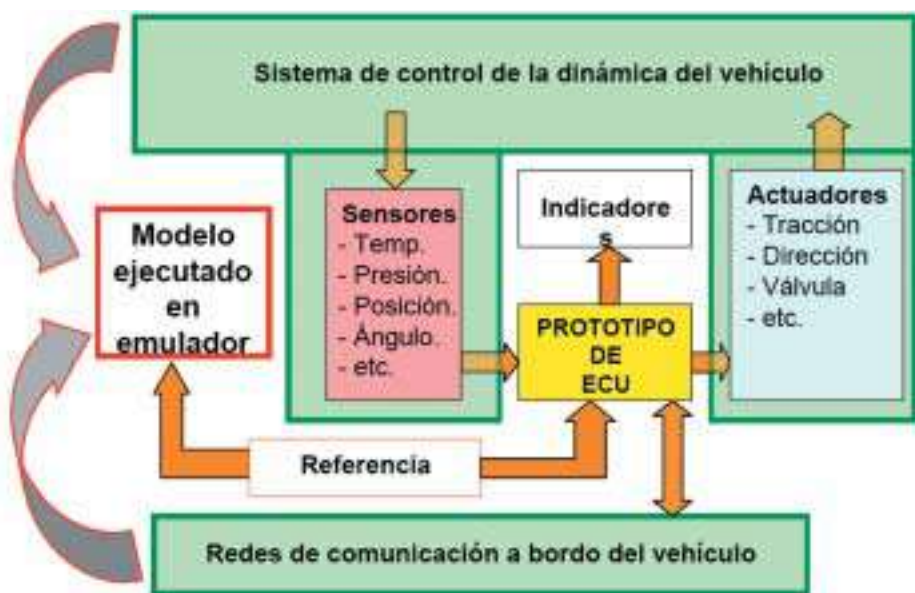


Figura 4.38
Estructura de elementos que intervienen en la prueba de un ECU conectado al emulador del comportamiento de un vehículo (Hardware in the Loop).

vehículo con el entorno próximo y lejano. Por ello en este apartado se van a presentar algunas de las alternativas de comunicaciones inalámbricas que se están planteando y las funciones soportadas.

En primer lugar, se ha de tener en cuenta que, actualmente, se están desarrollando múltiples utilidades para el automóvil basadas en soluciones telemáticas y de comunicaciones: información del tráfico en tiempo real, asistencia en carretera (e-call), guiado automático y dinámico de la ruta, información acerca de la localización global del vehículo, guiado hasta una plaza de aparcamiento vacía, recepción de noticias y tráfico haciendo uso del sistema de navegación basado en comunicaciones de corto alcance DSRC, actualización de mapas de carreteras, recepción de información multimedia (audio y vídeo), aplicaciones relativas a la asistencia y seguridad en la conducción, pago automático de aparcamientos, peajes y gasolineras (sistemas ETC), etc.

En la Figura 4.39 y Figura 4.40 se muestran algunas de las potenciales funcionalidades de la comunicación inalámbrica a disposición de conductor.

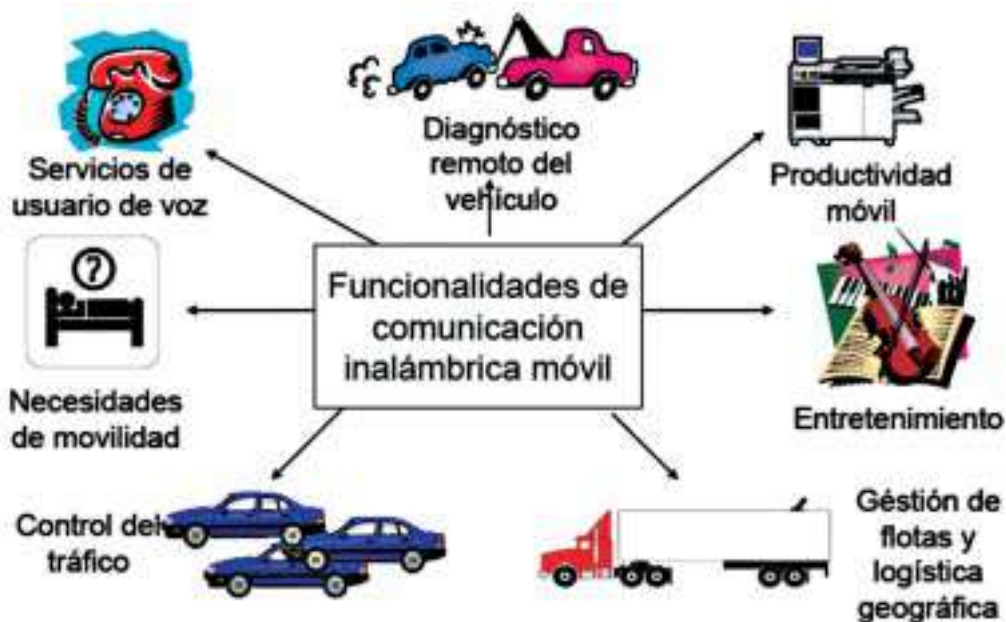


Figura 4.39
Ejemplos de aplicación
de las comunicaciones
inalámbricas



Figura 4.40
Ejemplos de aplicación
de las comunicaciones
inalámbricas

En la Figura 4.41 se muestran los servicios telemáticos ofrecidos por diferentes empresas fabricantes de coches.

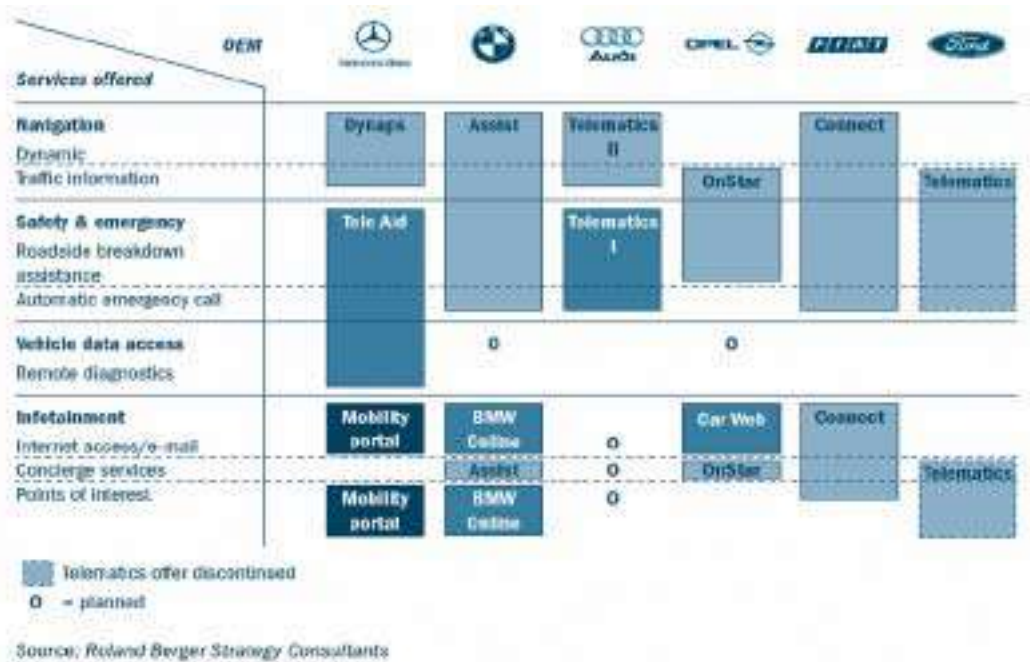


Figura 4.41
Servicios telemáticos ofrecidos por diferentes empresas fabricante de coches.

A continuación se resumen algunas de las soluciones tecnológicas que, a corto y medio plazo, pueden dar soporte a las comunicaciones demandadas entre el automóvil y su entorno. En primer término se ven los diferentes dispositivos embarcados y portátiles que pueden incluirse en la conexión inalámbrica y diagnosis remota para después repasar las diferentes tecnologías de comunicación inalámbricas existentes. En último lugar se comenta brevemente las características del servicio telemático de la llamada de socorro haciendo uso de comunicación inalámbrica, lo que se denomina *e-call*.

Teléfono móvil

Como en otros contextos, el teléfono móvil puede ser de gran utilidad como interfaz inalámbrico entre la arquitectura electrónica del vehículo y un centro de datos remoto.



*Figura 4.42
Principales
características de las que
consta un teléfono móvil
de última generación.*

Actualmente están operativos los teléfonos móviles WAP y GPRS de segunda y tercera generación respectivamente, pero se espera que en un tiempo corto se produzca la expansión de la tecnología UMTS de teléfonos de cuarta generación con el despliegue de la red de cobertura de dicha tecnología. En Europa existen más de 220 millones de vehículos ligeros y más de 250 millones de teléfonos móviles. En Estados Unidos unos 200 millones de coches, pasando unas 500 millones de horas a la semana conduciendo su vehículo particular. Todo ello hace pensar en el gran volumen de mercado incipiente que existe en el sector de las comunicaciones telemáticas en el vehículo.

En la Figura 4.42 se muestran las principales características de las que consta un teléfono móvil de última generación en cuanto a posibilidad de conectividad, multimedia y otros servicios.

Los fabricantes de teléfonos móviles deben tener en cuenta a la hora de realizar diseños dirigidos al sector automovilístico el estándar TIA 45.1.4 (EIA IS-789A) que establece cuál es la operación básica del manejo de los teléfonos portátiles de manos libres.

SmartPhones y PDAs

Dentro de los dispositivos de comunicación personal destacan los smartphones y las PDAs. En la actualidad existe una convergencia entre estos dos tipos de dispositivos electrónicos. Las PDA (lideradas por PALM y HP) tienen una pantalla de visualización mayor, resolución VGA y conectividad de datos por medio de bluetooth, Wi-Fi e infrarrojos. Por otra lado, los teléfonos móviles incorporan poco a poco mayores capacidades de procesamiento (smartphones) y sólo se diferencian de los anteriores en que disponen de una pantalla algo menor y que su sistema operativo (i.e. Symbian) carece de aplicaciones ya integradas en otros sistemas de computación, como es el caso de los ordenadores personales provistos con MS Windows, logrando una interacción que satisface a los usuarios de dispositivos PDA.



Figura 4.43
Ejemplos de posibilidades de comunicación, asistente personal y capacidades de los diferentes sistemas móviles y portables que existen actualmente.



Figura 4.44 Ejemplo de interacción entre un interfaz empotrado en el propio vehículo y otros sistemas.

La convergencia entre estos dos tipos de dispositivos está ocurriendo y ya se pueden encontrar PDAs con conectividad de telefonía de banda ancha GPRS, y asimismo los *smartphones* incorporan capacidades más potentes con una mejor ergonomía. De esta manera se podrán utilizar ambos protocolos CDMA2000 (Code Division Multiple

Access) y UMTS (Universal Mobile Telephone System) para los que el dispositivo es compatible.

En la gráfica de la Figura 4.43 se muestran las posibilidades de comunicación, asistente personal y capacidades de los diferentes sistemas móviles y portables que existen actualmente.

La convergencia de estos dispositivos y su integración con un interfaz empotrado en el propio vehículo hace posible la flexibilidad necesaria para poder interactuar entre todos ellos como se muestra en la Figura 4.44.

Bluetooth

La comunicación basada en bluetooth es ampliamente conocida como medio de conexión entre los sistemas electrónicos de un vehículo y un teléfono móvil externo. La comunicación entre dispositivos Bluetooth crea una red de área personal (PAN, Personal Area Network). En la última versión de dicho protocolo de comunicaciones la distancia máxima de alcance puede llegar hasta los 100m.

Bluetooth se ha diseñado como un sistema de bajo consumo de energía ideal para equipos portátiles, lo que implica bajas potencias de transmisión, suficientes para distancias cortas. Este tipo de conexión resulta altamente efectiva y práctica a la hora de acceder y compartir pequeños volúmenes de información en cualquier lugar, siempre que se tenga cerca cualquier otro dispositivo equipado con Bluetooth, así su interés radica en su simplicidad.

Bluetooth soporta transmisión de voz y datos. Los canales de voz admiten transferencias de hasta 64Kbs. Para las transmisiones asimétricas, es decir, de datos, es de 721Kbs en emisión y 57,6Kbs en recepción.

La tecnología Bluetooth está desempeñando un papel cada vez más importante en el sector del automóvil. Los modelos de gama alta han incorporado tecnología Bluetooth en sus unidades de navegación y de audio. Además, los equipos para automóviles que permiten

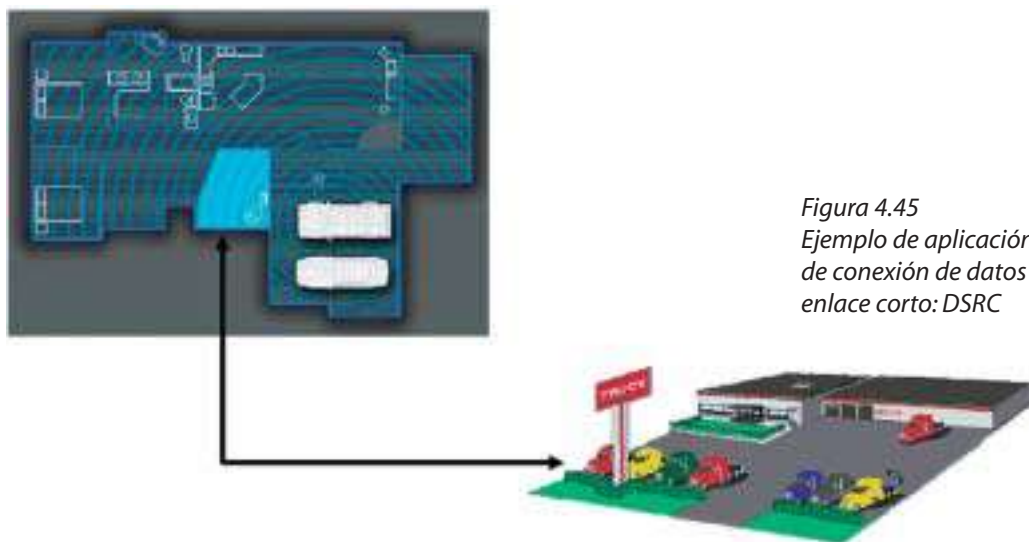
hablar por teléfono móvil con el sistema de manos libres mientras se conduce se están haciendo cada vez más populares. En esta misma línea de desarrollo, los sistemas de telefonía más modernos equipados con Bluetooth disponen de reconocimiento de voz que se reproduce a través del sistema de audio del vehículo.

Más recientemente, los sistemas de navegación GPS también están soportando dicha tecnología inalámbrica como complemento adicional a la conducción. Otras aplicaciones de Bluetooth son la interconexión entre vehículos o de un vehículo con un poste de enlace.

Conexión de datos de enlace corto: DSRC

Las siglas DSRC vienen del inglés Dedicated Short Range Communication, que traducido al español significa comunicación dedicada de corto alcance. Se calcula que más de 10 millones de coches estarán equipados con posibilidades de comunicación DSRC para el año 2010.

Los enlaces inalámbricos de corto alcance tendrán una gran utilidad en flotas de vehículos, teniendo como principal ventaja el que no se necesita pagar las tasas de un operador de telecomunicaciones. Por otro lado tiene un coste en cuanto a infraestructura de los postes de comunicación a ubicar en las diferentes carreteras de tránsito.



*Figura 4.45
Ejemplo de aplicación
de conexión de datos de
enlace corto: DSRC*

También puede utilizarse por cualquier ciudadano si cuenta con infraestructura de comunicación próxima que le permita transmitir al centro de reparación y/o mantenimiento cualquier posible anomalía detectada en su vehículo, tal y como se muestra en la Figura 4.45.

Telefonía móvil de banda ancha

Tres son los factores o agentes fundamentales en la evolución de la tecnología inalámbrica de telefonía de banda ancha a bordo del vehículo: operadores de telefonía móvil, fabricantes de teléfonos móviles y proveedores de servicios.

Existe una gran diferencia entre el ciclo de vida de un teléfono móvil y de un vehículo. Para un teléfono móvil su ciclo de vida o rotación se sitúa en uno o dos años, mientras que para un automóvil ronda los diez años.

Mientras las operadoras intentan superar los obstáculos que frenan el despliegue del UMTS, poco a poco se comienza a hablar de la cuarta generación de telefonía móvil.

El futuro de los teléfonos de 4G proporcionará una alta velocidad en distancias cortas y permitirá, asimismo, la comunicación a mayores distancias disminuyendo la tasa de transmisión de datos.

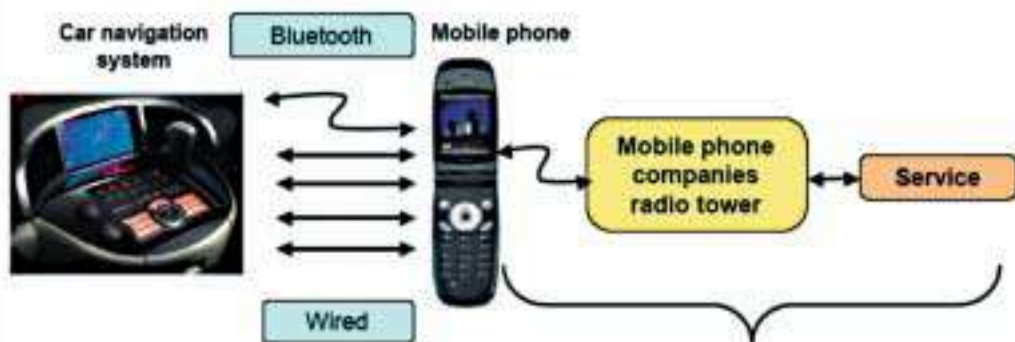
De esta forma, el usuario de un vehículo podrá alternar de forma automática, sin intervención manual, sin interrupciones y manteniendo la calidad de la transmisión entre las distintas redes según la ubicación del vehículo, aprovechando las ventajas de cada una.

Así, por ejemplo, UMTS ofrece una movilidad prácticamente ilimitada pero es más cara que Wi-Fi, que ofrece un ancho de banda significativo y permite cubrir áreas como campus, aeropuertos y hoteles, pero exige proximidad respecto a los puntos de acceso (*hotspots*).

La gran ventaja de la telefonía 4G es la velocidad. Mientras que las redes 3G proporcionan 2 megabits por segundo, la 4G alcanzará de 20 a 100 megabits por segundo en los tramos UMTS, e incluso un gigabyte en conexiones con redes locales.

En ensayos de la tecnología 4G se han obtenido velocidades de hasta 300 megabits por segundo en estado estacionario y de hasta 135 en movimiento. En concreto, desde un coche circulando a 30 kilómetros por hora y a más de un kilómetro de distancia de las estaciones emisoras 4G.

En la Figura 4.46 se muestra la conexión de un teléfono portátil a los sistemas electrónicos del vehículo como por ejemplo el sistema de navegación bien a través de cable o mediante la utilización de un protocolo de identificación inalámbrico como bluetooth.



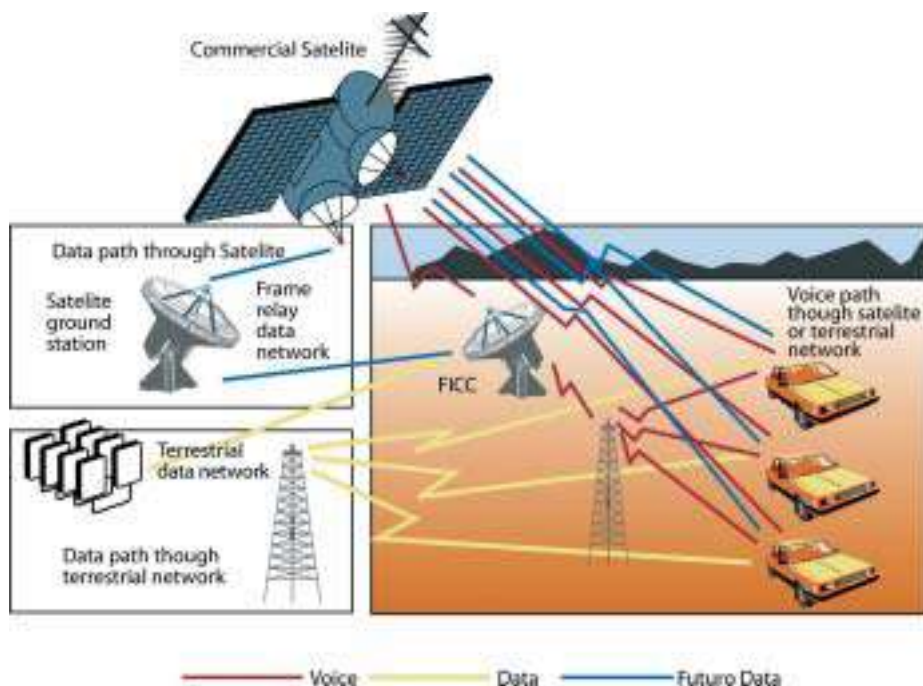
*Figura 4.46
Ejemplo de conexión de
un teléfono portátil a los
sistemas electrónicos del
vehículo.*

Comunicación vía satélite

Este tipo de comunicación de mayor nivel normalmente sólo está disponible en equipos electrónicos embarcados en el propio vehículo. La razón fundamental se debe a las elevadas dimensiones del dispositivo, lo que les hace ser sistemas no portables y más caros.

En la Figura 4.47 se muestra un típico ejemplo de comunicación vía satélite, al cual se le añade las funcionalidades de otros tipos de red, siempre y cuando estén dentro del alcance del vehículo.

A modo de ejemplo, el sistema de comunicación vía satélite NWC Voyager de Nera está diseñado para su uso en un vehículo, pudiendo acceder a servicios de comunicación inalámbrica desde sitios remotos. Es un terminal de área de red global (GAN) operando con satélites de tipo Inmarsat I-3/I-4. La velocidad de transmisión digital de datos es un



*Figura 4.47
Ejemplo de
comunicación vía
satélite*

servicio ISDN a 64 Kbps. Permite mantener una comunicación en tiempo real sin cortes, haciendo uso de un protocolo de servicio móvil de datos MPDS (Mobile Packet Data Services).

Transmisión de vídeo y datos digitales: DVB-T/DAB

Son numerosas las posibles tecnologías para establecer una conexión con un vehículo móvil, así se puede utilizar:

- Comunicación por radio AM (LW, MW, SW) con bastantes interferencias.
- Radio FM– en la banda VHF, la cual sufre de las interferencias debidas a múltiples caminos
- Radio FM con RDS (Radio Data System) – proporciona identificación de la estación y un texto, data del 1990.
- DAB (Digital Audio Broadcasting) – OFDM en el 1995
- DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) permite una recepción robusta y a una alta velocidad, puesta en funcionamiento desde el 1998.

- DVB-H (DVB for Handhelds) y DMB (Digital Multimedia Broadcasting), se han puesto en funcionamiento en el 2005

Cabe mencionar cómo la tecnología OFDM ha resuelto el problema de los múltiples caminos de las ondas hasta alcanzar el receptor, de manera que explota esa potencia de señal adicional que conllevan las reflexiones de los múltiples caminos.

Poco a poco existe una convergencia entre la telefonía móvil con la transmisión digital de contenidos multimedia. De esta manera, en la Figura 4.48 se muestra un ejemplo de interacción y control de la transmisión multimedia DAB/DVB mediante la utilización de un dispositivo telefónico móvil GSM o UMTS, lo que permite tener una comunicación de datos interactiva.

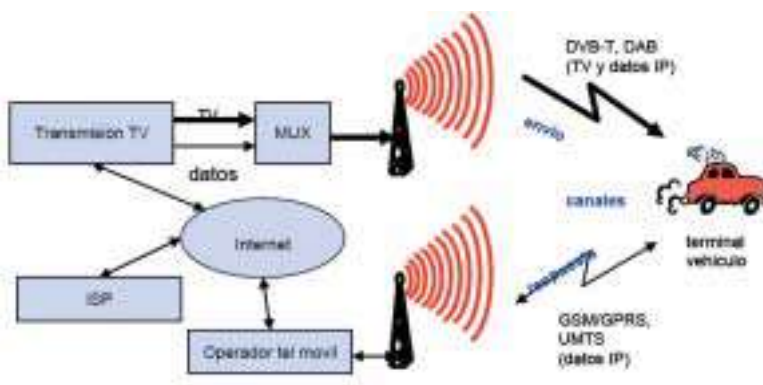


Figura 4.48
Ejemplo de interacción y control de la transmisión multimedia DAB/DVB

Wireless LAN: WiFi

En las extendidas redes de comunicación WiFi (wireless-fidelity) se aplica el protocolo dado en el estándar IEEE802.11. Este estándar ha ganado numerosos usuarios en los últimos años, convirtiéndose en el protocolo más usado en los entornos de comunicación inalámbrica pequeños: oficina, casa, etc.

Así, cuando se desea establecer una comunicación inalámbrica desde un vehículo móvil no es necesario volver a resolver las dificultades de las redes sin hilos, tales como la seguridad, acceso a la red y



*Figura 4.49
Ejemplo de router
inalámbrico comercial
(Cisco 3200) para
proporcionar conexión
WiFi a los vehículos.*

la encriptación de datos. Extender el funcionamiento de las redes inalámbricas de la oficina o la casa hasta el vehículo, de forma que la evolución de las aplicaciones o dispositivos sea independiente de la evolución y desarrollo de las redes.

En la Figura 4.49 se puede ver un router inalámbrico comercial (Cisco 3200) para proporcionar conexión WiFi a los vehículos y móviles en su radio de acción.

El protocolo WiMAX será la revisión del actual WiFi. Este nuevo protocolo se fundamenta en la combinación de las normas IEEE 802.16a e HyperMAN, así como en la utilización de la banda de frecuencias 2-11 GHz para su funcionamiento. Tales características predisponen a que WiMAX sea una especie de enlace ADSL sin hilos, perfectamente válido para la transmisión de señales digitales de voz y datos en tiempo real.

Llamada electrónica (E-call)

E-call es uno de los ejemplos de las demandas de los automóviles del futuro. Se trata de un sistema de notificación automática de accidente (emergency e-call) (ACN – Automated collision notification). Los sistemas que solicitan la asistencia de un proveedor de servicios de emergencia de forma automática en la situación de un impacto o colisión o cuando los sistemas de diagnóstico del vehículo detectan un fallo mecánico en el vehículo que precisa de servicio o revisión. El proveedor del servicio de emergencias localizará la situación del vehículo y avisará inmediatamente a las asistencias. En la Figura 4.50 se muestra un diagrama de bloques general del funcionamiento de e-call.

Un vehículo equipado con un sistema de localización GPS o de telefonía móvil puede automáticamente determinar la ubicación del vehículo, y ajustar convenientemente el número de teléfono de emergencia y el lenguaje a utilizar en los mensajes que envía el sistema de llamada de emergencia. Así el centro de emergencias recibe inme-

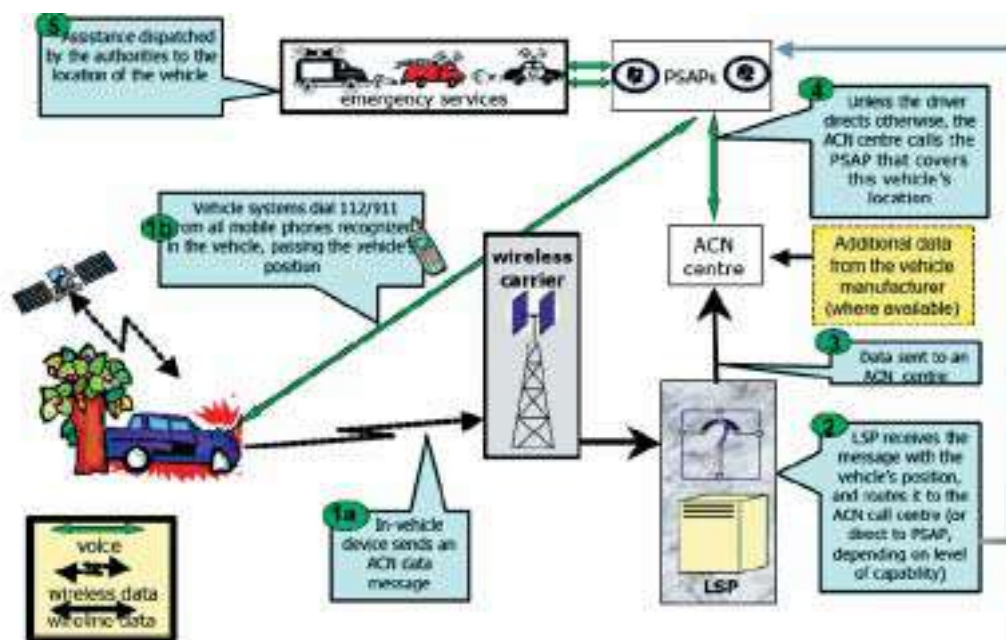


Figura 4.50
Diagrama de bloques general del funcionamiento de e-call.

diatamente la siguiente información: hora del accidente, localización exacta, incluyendo el sentido de la conducción, identificación del vehículo, calificador de la severidad del incidente, identificación del proveedor de servicio, llamada automática y enlace con otros servicios de pago contratados.

4.2.7 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Otro de los aspectos importantes de los automóviles del futuro serán los interfaces hombre-máquina. Estos interfaces deberán estar diseñados para facilitar, por una parte, la comunicación al conductor de cualquier tipo de evento que se produzca en el automóvil y, por otra, permitir que el conductor pueda transmitir órdenes diversas a los sistemas de a bordo. Los interfaces hombre-máquina deben seguir normativas y regulaciones existentes para no distraer la atención del conductor y reducir en lo posible su interacción con el sistema. Para ello, una posible solución es incorporar en el volante diferentes actuadores del sistema, incorporar reconocimiento de voz, sistemas de visión artificial, etc. Se trata, en definitiva, de que el conductor en todo

momento cumpla con la tarea fundamental de percibir información visual del entorno (mirando de frente y los laterales del vehículo, y a través de espejos u otros sistemas alternativos obtener información sobre la parte trasera del vehículo).

Según las investigaciones de GM realizadas en el 2004 y publicadas por la revista IEE [IEE Computing & Control Engineering: Automobile Driver Controls, February / March 2005], las distracciones de los conductores son la causa de un 25% de los accidentes. Por ello es muy importante buscar soluciones que eviten las distracciones que tienen como origen algún tipo de acción auxiliar que el conductor debe realizar durante la conducción (activar el aire acondicionado, sintonizar emisoras, etc). Para el diseño de nuevas interfaces entre vehículo y usuario se deben diseñar de tal forma que se minimice el tiempo que la vista del conductor está fuera de la carretera y las manos fuera del volante (*"minimise eyes-off-road and hands-off-wheel time"*).

Algunas soluciones para dar respuesta a esta condición son desarrollar tecnologías para incluir la mayoría de los controladores secundarios individuales como un conjunto de controladores utilizando pantallas táctiles, reconocimiento de voz y de gestos.

Las pantallas táctiles (si bien no son una buena solución) han permitido a los diseñadores eliminar la mayoría de los controladores individuales, integrando en un único sistema (utilizando menús) todos los sistemas a activar y desactivar durante la conducción. Sin embargo, esta solución presenta un problema importante y es que el conductor debe centrar su atención sobre una pantalla para seleccionar la función deseada.

Hoy en día, existen diversas investigaciones en el campo de los automóviles que buscan soluciones a los sistemas HMI tratando de reducir al mínimo el tiempo que el conductor debe centrar su vista en la realización de tareas secundarias. Algunos de los proyectos de investigación en esta línea son:

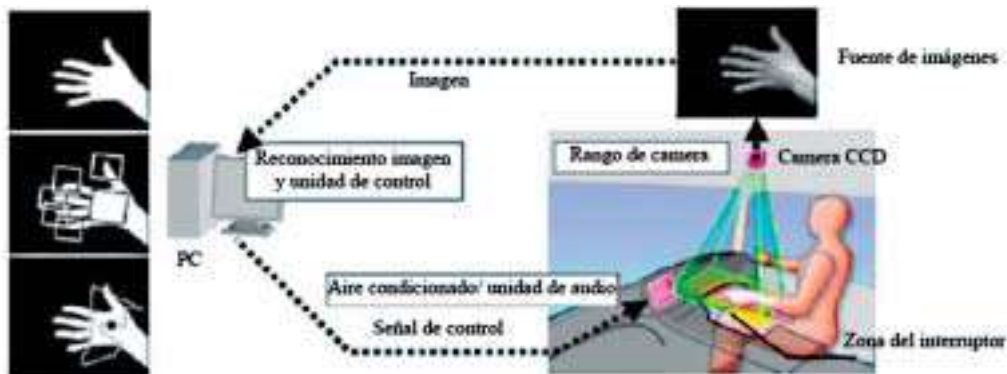


Figura 4.51
Interfaz hombre-
máquina desarrollada
dentro del proyecto "
Hand Shope Switch"

- "iWave gesture recognition", fruto de la cooperación entre la universidad Carnegie Mellon y General Motors),
- 'FERMUS', desarrollado entre el instituto de comunicación hombre-máquina de la universidad técnica de Munich, BMW, DaimlerChrysler AG y Siemens VDO,
- "SmartKom", desarrollado por DaimlerChrysler con la financiación del ministerio de educación e investigación alemán),
- "Hand Shope Switch", desarrollado por Mitsubishi en cooperación con la universidad de Keio en Japón.

Si bien las soluciones que proponen estos proyectos no son exactamente iguales, todos ellos se basan en técnicas de reconocimiento de voz y de gestos (realizados con las manos, por ejemplo). Las previsiones de GM son que el sistema que están desarrollando podrá ser implementado en sus vehículos a partir del 2008.

A modo de ejemplo, en la Figura 4.51 se muestra la solución propuesta en el proyecto "Hand Shope Switch" utilizando reconocimiento de gestos realizados con las manos, a partir de la información proporcionada por una cámara de vídeo.

Dentro del proyecto "Hand Shope Switch" también se está desarrollando un sistema de ayuda a la conducción, denominado 'MADS-II' (Figura 4.52.a). Este sistema se basa en la detección de las líneas de borde de las carreteras a partir de unas cámaras CCD instaladas en la

parte superior del vehículo. En caso de que el vehículo trate de salirse de la calzada se activa una señal acústica que avisa al conductor de esta circunstancia. Este sistema permite, así mismo, realizar la detección de la presencia de peatones en la calzada y avisa de ello al conductor (Figura 4.52.b)



(a)



(b)

4.3 Futuro de la diagnosis electrónica del automóvil

La innovación de la diagnosis electrónica del automóvil está siendo, y será en un futuro próximo, fruto de la aplicación de las nuevas tecnologías (electrónica y comunicaciones) a este campo del sector industrial.

La evolución de la diagnosis interna está marcada por los avances en la especialización funcional y nivel de integración electrónica de las unidades de control o ECUs. Cada vez son más variados los sistemas incorporados en los vehículos que requieren, en la mayoría de los casos, de ECUs específicos: sistema antibloqueo de frenos (ABS anti blocking system), control adaptativo de la velocidad de crucero (ACC adaptative cruise control), sistema de cambio de marchas dinámico (AGS adaptative geararbox system), sistema de climatización (AQS air quality system), control antideslizamiento (ASC anti slide control), control automático de la temperatura (ATC automatic temperature control), control de la dirección y potencia en cada rueda por separado (AWD-S all wheel drive and steering), control continuo de subviraje (CDC continuous damping control), cambio progresivo de la transmisión (CVT constant variation transmittion), sistema de inyección directa (DIS direct injection system), asistencia de frenado de emergencia (EBA emergency braking assistance), dirección asistida (EHPS electro hydraulic power steering), estabilidad electrónica (ESP electronic stability program), sistema de comunicación por radio por paquetes (GPRS general packet radio system), sistema de localización global (GPS global positionning system), sistema de telecomunicación universal (UMTS universal mobile telecommunication system), etc.

Como se ha comentado, para el diseño y validación (como en la diagnosis y calibración) de ECUs se está recurriendo a nuevas técnicas apoyadas en potentes emuladores del comportamiento, tanto del vehículo como del entorno de trabajo externo al mismo.

En relación con lo anterior, la atomización de unidades de control exige redes de comunicación interna más rápidas y seguras, para lo que se están proponiendo nuevas redes, tanto cableadas (TTP, Flex-Ray, etc) como inalámbricas (fundamentalmente bluetooth).

También las nuevas tecnologías de la información están contribuyendo a transformar la diagnosis externa, por una parte eliminando el enlace cableado del automóvil con la herramienta de diagnosis

(*scantool*), y por otra desarrollando en paralelo nuevas prestaciones de asistencia y mantenimiento remotos, como se verá más adelante.

Pero la revolución en el campo de la diagnosis se inicia desde su base, es decir, planteando nuevas estrategias que, independientemente del ingente volumen de datos a manejar, sean capaces de identificar las fuentes de fallos potenciales y determinar la propuesta de soluciones preventivas y correctivas. Para ello, los centros de investigación del automóvil están haciendo importantes esfuerzos por modelar, simular y emular el comportamiento complejo de las múltiples variables que interaccionan en el vehículo actual a fin de desempeñar con precisión las tareas de diagnosis.

4.3.1 Tecnologías avanzadas para la diagnosis del futuro

Los avances recientes en tecnología sensorial, comunicación remota, capacidad de cómputo, así como en interfaces hardware y software, están afectando de forma significativa al modo de registrar y gestionar el estado (salud) del vehículo. A su vez, el aumento en la complejidad de los sistemas de control ligados a la diagnosis conlleva una mayor dificultad en la identificación y aislamiento de las fuentes de fallo. Esto es aplicable también a los actuales sistemas de diagnosis basados en modelos, complicando su desarrollo, validación y mantenimiento.

Para ello se están desarrollando nuevas propuestas de detección y aislamiento de fallos, fundamentadas en la integración de modelos analíticos y gráficos del sistema físico junto al procesamiento estadístico de residuos o diferencia entre la salida del sistema real y la del modelo.

A pesar de que esta propuesta resulta eficaz en la diagnosis de subsistemas concretos como el ABS, mostrado más adelante, su traslación al conjunto del vehículo es difícil de implementar por las exigencias de alta velocidad de comunicación y retardos derivados de

una diagnosis centralizada. Por esta razón, se hace aconsejable el diseño de arquitecturas multi-agente aplicadas a la diagnosis distribuida del automóvil.

Por último, se hace una revisión de las tendencias hardware y software para la diagnosis y calibración de sistemas electrónicos a bordo del automóvil, haciendo hincapié en la importancia de los emuladores que permiten aplicar las técnicas de Hardware en Lazo (Hardware in the Loop) también en este contexto.

4.3.2 Diagnosis inteligente basada en modelos

La metodología de diagnosis basada en modelos está evolucionando para superar los obstáculos derivados de la complejidad en la arquitectura hardware y software de los nuevos sistemas de diagnóstico, tanto embarcados como externos. La tendencia es a la incorporación de soluciones inteligentes a partir de la hibridación de técnicas

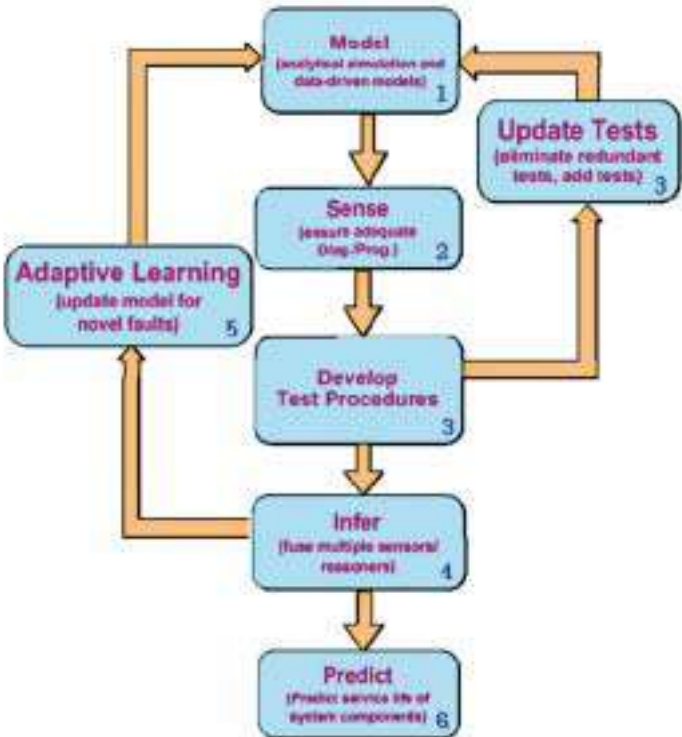


Figura 4.53
Diagrama de bloques
del proceso de diagnosis
inteligente.

cuantitativas (analíticas) con herramientas gráficas, facilitando la interrelación entre los diferentes bloques funcionales del modelo global, y mejorando la exactitud y consistencia del mismo. Los recientes avances en campos como el sensorial, de telecomunicaciones y computacional, contribuyen al desarrollo de nuevas tecnologías de diagnóstico inteligente. Tecnologías que son tenidas en cuenta desde el momento del diseño de las múltiples unidades de control (ECUs) embarcadas en el vehículo.

La Figura 4.53 muestra el diagrama de bloques donde se incluyen las fases características del proceso de diagnóstico inteligente, fases que se describen a continuación:

Modelado o desarrollo de los elementos analíticos y gráficos que permiten entender y reproducir el binomio causa-efecto asociado a la detección de fallos en el estado del vehículo. Para ello se requiere de la comprensión de los fenómenos físicos que intervienen, junto a técnicas estadísticas y de aprendizaje aplicadas al conjunto de datos registrados en experimentos reales en condiciones normales y en caso de fallo. Una herramienta software dotada de un importante interfaz gráfico y un considerable soporte matemático, ampliamente utilizada para modelado de sistemas dinámicos es Matlab/Simulink, véase Figura 4.54.

Sensado, sin los datos de comportamiento registrados por los sensores los procesos de diagnosis (conocimiento a posteriori) y prognosis (conocimiento a priori) no podrían llevarse a cabo. La elección del número y ubicación de estos sensores forma parte de la estrategia de diagnosis inteligente.

Desarrollo y actualización de procedimientos de prueba para detectar e incluso prevenir fallos en el automóvil. Estos procedimientos se han de depurar y ajustar convenientemente a fin de minimizar la generación de falsas alarmas. La tendencia es a desarrollar procedimientos dotados de capacidad de detección de degradación progresiva de los sistemas bajo observación y, en caso de producirse una anomalía, evaluación de cuán crítica es.

Aprendizaje adaptativo, necesario cuando el fallo detectado en el sistema físico no encuentra correspondencia en el modelo implementado. La estrategia de modelado inteligente ha de plantear nuevas relaciones causa-efecto, así como nuevas dependencias entre variables, para que las entradas registradas tanto en el modelo como en la planta real conduzcan a la misma salida: detección del mismo fallo.

Inferencia del estado del vehículo a partir de la información proporcionada por los sensores y por los algoritmos de razonamiento en el caso de diagnosis interna, y también contando con la experiencia del técnico en el caso de diagnosis externa.

Predicción del tiempo de vida antes del fallo de un componente o del conjunto, a partir de la información acumulada en la base de datos global del sistema.

Ejemplo de modelado: sistema ABS de un vehículo

Todas las técnicas de diagnosis de fallos basadas en modelos requieren de la descripción matemática del comportamiento dinámico del sistema. Dado que todo modelo es una aproximación del sistema físico real al que representa, la primera decisión a tomar por el diseñador es establecer qué aspectos son esenciales y cuáles prescindibles para que el modelo contribuya a los objetivos perseguidos. Por otro lado, limitaciones técnicas (capacidad de cómputo y memoria de la herramienta de modelado, ruido de cuantificación y de medida, etc.) imponen una componente propia de error en el modelado.

A modo de ejemplo, en la Figura 4.54 se muestra el modelo desarrollado para el sistema ABS de vehículos Toyota [Luo, 2005], donde se ha tratado de establecer la relación causa-efecto del frenado longitudinal (sin variar la dirección), considerando como variable de entrada la fuerza aplicada al pedal de frenado y como variables medidas de salida la velocidad de la rueda frenada y la velocidad del vehí-

culo. Para ello se han despreciado los efectos de cabeceo (pitch) y balanceo (roll) del móvil.

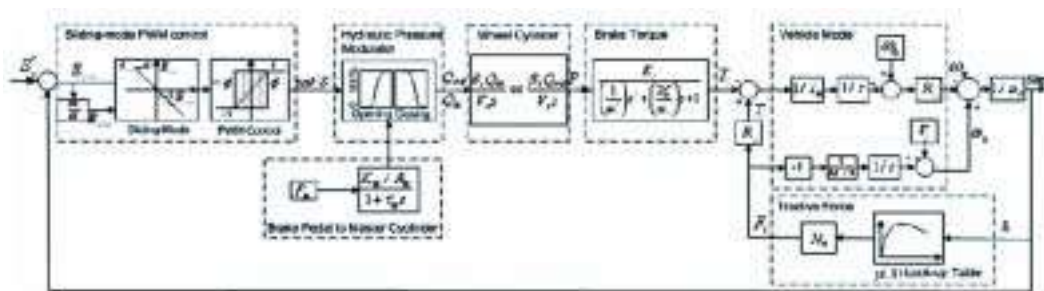


Figura 4.54
Diagrama Simulink para
el modelado del sistema
ABS implantado por
Toyota.

A continuación se describe la función de los bloques incluidos en el modelo de la Figura 4.54.

Controlador Su objetivo es regular el deslizamiento λ de la rueda y maximizar el coeficiente de fricción μ entre la rueda y la superficie de rodadura. Se ha elegido un control en modo deslizamiento (sliding-mode controller) por la robustez que presenta frente a ruido y perturbaciones.

La superficie de deslizamiento utilizada (ley de control) atiende a la expresión:

$$S = e_{\lambda} + \alpha \dot{e}_{\lambda}$$

donde $e_{\lambda} = \lambda^* - \lambda$, $\dot{e}_{\lambda} = \frac{de_{\lambda}}{dt}$, λ^* es el deslizamiento de referencia y α es una constante positiva. Para reducir el efecto de chattering típico de este modo de control se constituye la función de conmutación tipo "signo" por otra de tipo modulación PWM.

Interfaz freno-cilindro La función de transferencia entre la fuerza de frenado F_p aplicada al pedal y la fuerza aplicada al cilindro maestro F_m atiende a un modelo de primer orden caracterizado por su ganancia estática y constante de tiempo.

$$\frac{F_m(s)}{F_p(s)} = \frac{K_m}{1 + \tau_m s}$$

Modulador de presión hidráulica El modulador de presión consta de válvulas, bomba de aceite de frenado y tanque de aceite a baja presión. En el proceso de frenado, el aceite fluye del cilindro maestro al cilindro de la rueda a través de una válvula de inyección, y en el caso de relajación del freno el flujo de aceite sale del cilindro de la rueda al tanque de aceite de baja presión a través de una válvula de extracción.

El modelado de este bloque se desarrolla mediante la relación entre dos funciones no lineales: Q_{in} o flujo entrante al cilindro de la rueda, y Q_{out} o flujo saliente de dicho cilindro.

Cilindro de la rueda El modelo de este bloque funcional establece la relación entre la derivada de la presión en el cilindro P_s y los flujos Q_{in} y Q_{out} anteriormente citados.

Par de frenado La función de transferencia entre el par de frenado T_b y la presión del cilindro de la rueda P_s responde al sistema de segundo orden

$$\frac{T_b(s)}{P_s(s)} = \frac{K_f}{(1/\omega_n^2)s^2 + (2\zeta/\omega_n)s + 1}$$

donde K_f es la ganancia de par, ω_n es la frecuencia natural y ζ es la relación de amortiguación.

Fuerza de tracción Es la fuerza existente entre el neumático de la rueda y la superficie de rodadura, dicha fuerza F_t atiende a la expresión

$$F_t(s) = N_v \mu(\lambda)$$

siendo N_v la fuerza de reacción normal del neumático en la superficie de contacto, el coeficiente de fricción μ depende de las condiciones de la superficie de rodamiento y del valor λ del deslizamiento de la rueda evaluado mediante la relación entre la velocidad angular de la rueda ω_w y la velocidad angular del vehículo ω_v (V_v/R_w), de la forma

$$\lambda(t) = \frac{\omega_v(t) - \omega_w(t)}{\omega_v(t)}$$

Modelo parcial del vehículo Es el modelo resultante de aplicar las leyes físicas de Newton a las ruedas y al vehículo, del que para el caso del ABS se utiliza la parte correspondiente a la rueda frenada. Se trata de un modelo no lineal en variables de estado

$$\dot{x}_t = Ax_t + Bu_t + NL(x_t, u_t)$$

$$y_{t_k} = Cx_{t_k} + Du_{t_k}$$

donde el vector de estado incluye la componentes:

x1 = velocidad de la rueda ω_w x2 = velocidad del vehículo ω_v

x3 = par de frenado T_b x4 = derivada par de frenado T'_b

x5 = presión de aceite en el cilindro de la rueda P_s

x6 = presión de aceite en el cilindro maestro P_m

V1, V2 ruidos de medida de las variables de salida (estados x1 y x2)

W1 : W2, ruidos del proceso asociados al vector de estados (de x1 a x6)

tk, es el periodo de muestreo

Otras funciones integradas en la diagnosis inteligente

Como se indica en el diagrama de bloques de la figura 4.53 el modelo, aun siendo una pieza fundamental en el puzzle de diagnosis, no deja de ser el punto de arranque en el proceso de diagnosis inteligente. Proceso que requiere la integración de tareas como:

- a) Estimación de estados, para tener información actualizada de aquellas componentes del vector de estados no medibles directamente. Para ello se recurre a técnicas especialmente diseñadas para sistemas que incluyen no linealidades: EKF y UKF (versiones del filtro de Kalman) y filtro de partículas.
- b) Estimación paramétrica para actualizar los diferentes parámetros incluidos en el modelado de la planta. Entre las técnicas más utilizadas están: Mínimos Cuadrados Recursivos con Factor de Olvido y el Filtro de Kalman programado como estimador de parámetros.

- c) Detección y aislamiento de fallos, recurriendo a técnicas estadísticas que trabajan con los residuos. Tal es el caso de: Test de Relación de Probabilidad Generalizada (GLRT) para los fallos provocados por cambios importantes de parámetros o Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) para los fallos debidos a pequeñas variaciones de parámetros. Los resultados derivados de la respuesta del modelo se ordenan en una matriz de diagnosis en la que se cruzan tipos de fallos con tipos de pruebas realizadas, véase la Tabla 4.1.

Matriz de diagnosis obtenida en una prueba del sistema ABS comentado

Tabla 4.1

Fault /Test	G_{P_1}	G_{O_1}	G_{O_2}	$G_{O_{T_3}}$	$G_{O_{T_4}}$	S_{K_f}	S_{I_w}
F0	0	0	0	0	0	0	0
F1.1	0	1	1	0	1	0	0
F1.2	1	1	1	0	1	0	0
F2.1	0	1	1	0	0	0	0
F2.2	1	1	1	0	0	0	0
F3	0	1	1	1	0	1	0
F4	0	1	1	1	0	0	1
F5	0	1	0	0	0	0	0

Con todo, el ajuste del modelo a fin de minimizar las falsas alarmas es una de las fases claves en el desarrollo del mismo.

4.3.3 Sistemas multi-agente para diagnosis del automóvil

Con el incremento en número y complejidad de ECUs, la diagnosis centralizada en la que la información de cada subsistema es evaluada por un nodo de supervisión a bordo del vehículo no resulta práctico, fundamentalmente por las altas velocidades de comu-

nicación requeridas y por los retardos inducidos. Además, en tanto que los nuevos prototipos de ECUs no soporten la capacidad de “plug-and-play” el mantenimiento del sistema de diagnóstico resultaría tedioso.

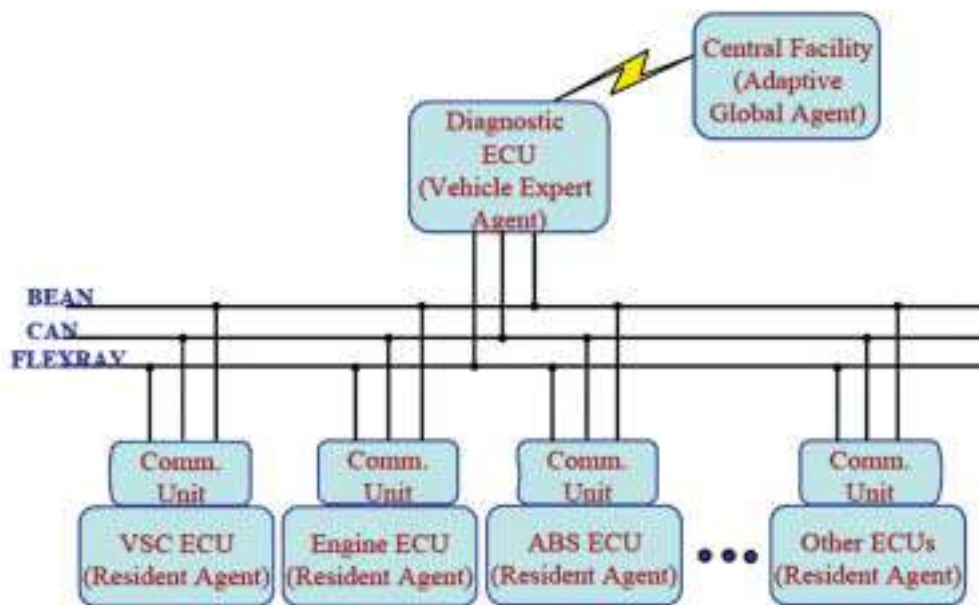
La tendencia actual es a desarrollar arquitecturas de diagnóstico distribuida basada en agentes. De forma que el agente residente en cada subsistema (integrado en cada ECU) es capaz de desarrollar su tarea especializada de diagnóstico y de comunicar sus resultados a un agente experto en diagnóstico del vehículo. Las tareas de este agente experto son:

- diagnóstico cruzada de subsistemas para resolver conflictos entre agentes residentes y
- diagnóstico a nivel de vehículo.

Las técnicas multi-agente se han empezado a introducir en la diagnóstico del automóvil a partir del año 2000, con arquitecturas alternativas en número de agentes y de capas: [Murphey, 2003] aplicado a la diagnóstico del sistema de tracción y transmisión, [Mangina, 2001] aplicado al sistema de arranque, [Hossack, 2003] centrado en el sistema de potencia, etc.

La diagnóstico distribuida en dominios (uno por ECU) simplifica el esfuerzo de abstracción de conocimiento para mejor identificar y localizar anomalías en el automóvil, los modelos de los subsistemas siempre son más fáciles de obtener que el modelo del conjunto. Por otra parte, esta arquitectura abierta es fácilmente ampliable y soporta la utilidad de que nuevos agentes pueden incorporarse con una identificación y registro automático (plug-and-play).

La idea general de un sistema de diagnóstico distribuido basado en agentes se muestra en la Figura 4.55. y en la Figura 4.56 se indica la función de los diferentes agentes y el flujo de información compartida.



Esta arquitectura incluye tres tipos de agentes: agente residente, agente experto de vehículo y agente global adaptativo.

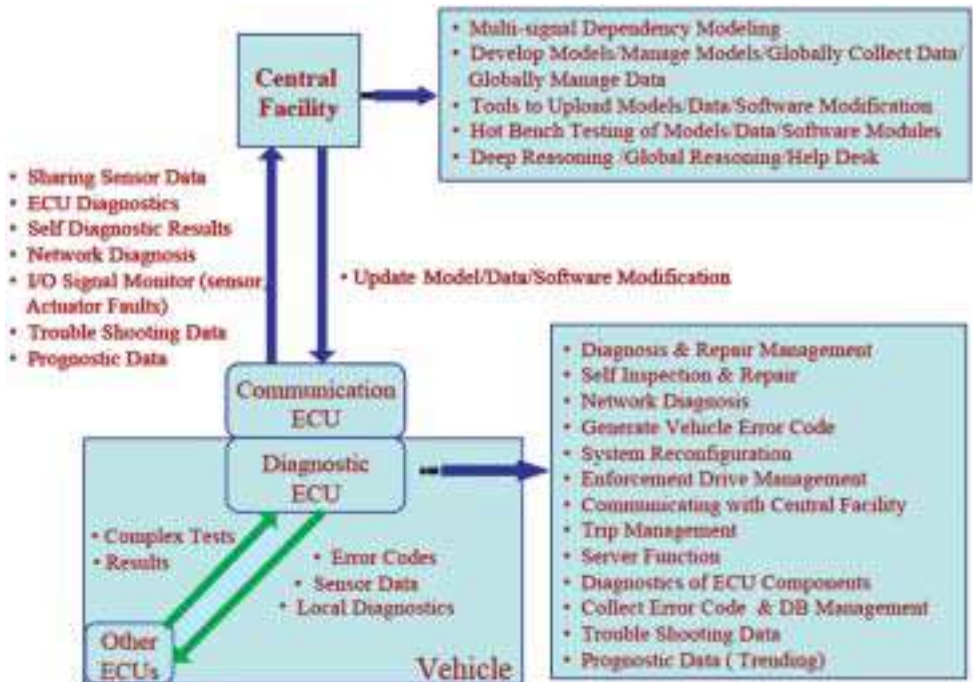
*Figura 4.55
Arquitectura de
diagnóstico distribuida
basada en sistema
multi-agente.*

- Agente residente, asociado a cada uno de los ECUs. Es el encargado de llevar a cabo su propia inferencia de diagnóstico y de comunicar los resultados al agente experto. Cada agente residente incorpora técnicas de diagnóstico inteligentes recurriendo a modelos cuantitativos integrados con técnicas gráficas, anteriormente comentados. Las matrices de diagnóstico obtenidas de la respuesta del modelo permiten una rápida inferencia del estado del ECU bajo estudio. Cada ECU incorpora una unidad de comunicación que sirve de interfaz entre éstos y el ECU especial de diagnóstico (DECU).
- Agente experto de vehículo, ubicado en el DECU. Es el encargado de establecer una diagnosis cruzada a partir de la información recibida de los agentes residentes para resolver posibles conflictos, inconsistencias o falsas alarmas. Para ello el agente experto supervisa continuamente la información de los

nodos y el estado de la red (TTCAN, FlexRay, etc). Por otra parte, el agente experto se encarga de tomar decisiones globales de diagnóstico a nivel de vehículo. Así como de comunicar al usuario o técnico de taller, mediante el correspondiente interfaz hombre-máquina (voz, texto o gráfico), tanto los fallos como las tareas próximas del plan de mantenimiento.

- Agente global adaptativo, ubicado en el centro remoto de supervisión (Central Facility). Entre sus funciones están:
 - diseñar modelos de diagnóstico aprovechando la experiencia de especialistas,
 - comunicar con los agentes expertos de cada vehículo para actualización de modelos y registro de datos,
 - supervisar la información de diagnóstico enviada por la flota de vehículos,
 - establecer una línea directa con los DECUs para resolver problemas urgentes de diagnóstico

*Figura 4.56
Funciones e intercambio
de información entre
agentes de la
arquitectura de
diagnosis distribuida.*



4.3.4 Emuladores para diagnosis y calibración del automóvil

Como ya se ha comentado, la incorporación de nuevos sistemas electrónicos en el automóvil contribuye a múltiples mejoras (mayores prestaciones de seguridad, mayor confortabilidad, reducción de tiempos de mantenimiento, etc), sin embargo conducen a una mayor complejidad tanto de las técnicas de diagnosis como de calibración de ECUs.

Para facilitar estas tareas se está apostando por diseñar equipos electrónicos externos al automóvil que ejecuten en tiempo real completos modelos del mismo. Esta técnica de emulación permite contar con bancos de prueba para el diseño, calibración y diagnosis de ECUs como paso previo a su implantación en el propio vehículo. Con ello se pueden realizar múltiples pruebas parciales de funcionamiento, incluso en condiciones límite, emulando desde subsistemas del vehículo al comportamiento del conductor pasando por características atmosféricas que condicionan el estado de la carretera, y todo ello sin poner en riesgo el vehículo.

En general, las fases de diagnosis y calibración de subsistemas del automóvil se pueden resumir en:

- 1.- Disponer de modelos, basados en principios físicos y experimentales, de las diferentes etapas que intervienen en un automóvil real. En apartados anteriores se han mostrado algunos ejemplos de modelos, donde cada bloque funcional se expresa matemáticamente por funciones entre variables fácilmente identificables con el fenómeno físico al que representa. Si bien la estructura del modelo de un subsistema suele ser válida para las diferentes marcas de vehículos, son los parámetros del modelo los que imprimen el carácter particular de cada fabricante. El modelo del vehículo puede completarse con otros asociados al estado de la carretera, condiciones climatológicas o incluso comportamiento del



*Figura 4.57
Ejemplos de emulación
del comportamiento del
vehículo en condiciones
reales de uso.*

conductor, lo que permite realizar pruebas de diagnóstico y calibración muy próximas al caso real. Para facilitar el modelado se recurre a herramientas software con potentes interfaces gráficas, véase Figura 4.57.

- 2.– Equipos electrónicos que den soporte a los modelos diseñados y permitan su ejecución en tiempo real. De esta forma, una vez validados los modelos comparando sus salidas con las obtenidas en el propio vehículo se puede sustituir éste por el sistema de emulación para próximos trabajos de diagnóstico y/o calibración. En la Figura 4.58 se plantea un banco de pruebas para validación de modelos, aplicando tanto al vehículo como al equipo de emulación el mismo conjunto de señales de referencia.
- 3.– Como paso previo a su implantación en el vehículo, utilizar el sistema de emulación para tareas de diagnóstico y/o calibración



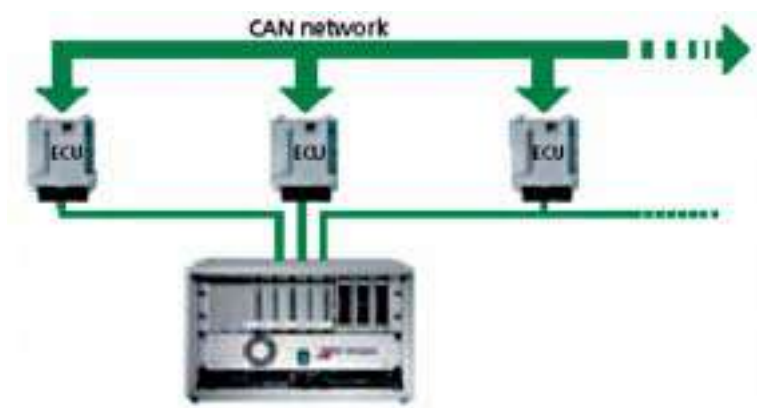
Figura 4.58
Banco de pruebas para validación del modelo contrastando resultados experimentales y obtenidos por el sistema de emulación, en las mismas condiciones de ensayo.

de unidades de control del automóvil (ECUs). Esto es lo que se conoce como proceso de “Hardware in the Loop”, técnica ampliamente utilizada en contextos relacionados con aplicaciones industriales de control electrónico. En la Figura 4.59 se muestra un ejemplo en el que un mismo ECU es evaluado en el emulador y posteriormente en el propio vehículo.



Figura 4.59
Ejemplo de evaluación de un ECU en el sistema de emulación (Hardware in the Loop) y, posteriormente, en el propio vehículo.

*Figura 4.60
Evaluación del
comportamiento de
varios ECUs en una red
de bus CAN emulada.*



Esta idea es trasladable a la evaluación y diagnóstico del bus interno implantado en el automóvil, en la Figura 4.60 se indica cómo diferentes ECUs son analizados en un emulador de bus CAN.

En la Figura 4.61 se muestra un banco de pruebas para la validación del coche virtual (emulador) "VW-Phaeton-virtual car" [Leohold, 2002], que servirá de referencia para diversas tareas de diagnóstico y calibración de unidades de control electrónico del mismo.



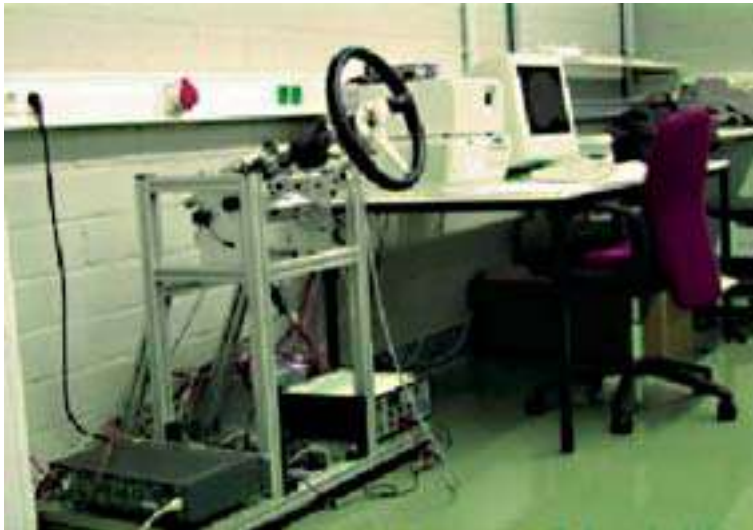
*Figura 4.61
VW-Phaeton-virtual car.*

Las características que ha de reunir el sistema emulador de un vehículo son:

- Tener capacidad para realizar pruebas de ECU's en condiciones reales.

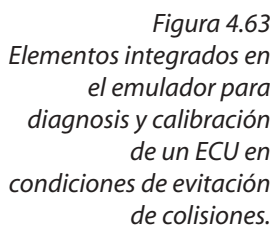
- Probar los sistemas relacionados con la dinámica y la seguridad.
- Realizar pruebas de comunicación entre ECU's.
- Reproducir las condiciones de interferencias propias del entorno de trabajo.
- Comprobar la tolerancia a fallos de las funciones de los ECU's.
- Validar funciones de control y diagnóstico de a bordo (OBD)
- Realizar la calibración del ECU particularizada para el vehículo donde irá instalado.

En las versiones más avanzadas de emuladores (hardware-in-the-loop) es posible analizar el ECU correspondiente en condiciones de inyección normal de combustible o reproducir efectos de alimentación o cableado (cortocircuitos, circuitos abiertos, etc). Con ello se dispone del entorno adecuado para el estudio y diagnóstico de prototipos de ECUs para las propuestas de sistemas X-by-wire. En la Figura 4.62 se muestra el banco de pruebas para el ensayo (diagnóstico o calibración) de un Steer-by-wire conectado al emulador de un vehículo.



*Figura 4.62
Ejemplo de emulador en
el ensayo de un sistema
Steer-by-wire.*

Los modelos implantados en los emuladores más avanzados van más allá de reflejar el comportamiento del propio vehículo, integrando aspectos relacionados con el escenario de transporte (situación de



4.3.5 Aspectos generales sobre la diagnosis remota

Por diagnóstico remoto se entiende la capacidad de realizar la transmisión hasta un centro de gestión externo de los diferentes pará-

metros de diagnóstico y códigos de fallos que puedan existir en caso de cualquier anomalía en el normal funcionamiento del vehículo.

Dada la movilidad del vehículo, se debe hacer uso de una comunicación inalámbrica que además de la funcionalidad de diagnóstico externa proporcione otros servicios de valor añadido, como se pondrá de manifiesto más adelante.

En Henfridsson et al. (2003) se realiza la siguiente división, en función de su utilidad, del acceso telemático relativo al mundo del vehículo:

- Navegación y accesibilidad
- Seguridad
- Productividad
- Información y entretenimiento
- Mantenimiento del vehículo

En este contexto telemático de comunicación inalámbrica, las tareas de diagnóstico externa cabe incluirlas en el último apartado de servicios de mantenimiento del vehículo. La capacidad de conectar de forma remota con un vehículo suministra los datos reales del fallo para que diferentes expertos y técnicos puedan analizarlos y proponer soluciones desde un centro de servicio ubicado a kilómetros del vehículo a evaluar. De esta manera, algunos de los problemas de funcionamiento de un vehículo pueden ser resueltos de forma telemática, por ejemplo con la actualización de algún módulo o componente software del sistema evitando al usuario el desplazamiento hasta un taller especializado. Con todo, si el problema no puede resolverse por esta vía, el servicio técnico puede informar al conductor de un taller cercano, o enviar un servicio de asistencia en carretera a donde se encuentre el vehículo.

Pros y contras de la diagnosis remota

El diagnóstico remoto sirve para facilitar el acceso tanto a fuentes de conocimiento como a la opinión de expertos, que en muchos

casos son requeridas para la reparación y detección de fallos en los vehículos actuales, fruto de la mayor complejidad e interrelación entre los subsistemas integrados en el automóvil.

En la asistencia técnica el poder compartir experiencias, bases de datos con fallos y posibles soluciones, se convierte en un factor fundamental a la hora de poder asegurar y proporcionar una serie de factores como:

- vida esperada del vehículo
- tiempo y kilometraje que cubra la garantía del fabricante.
- problemas del vehículo o de sistemas asociados
- conocimiento experto e información disponible para la reparación
- soluciones de diagnóstico mejoradas
- planteamiento de nuevas necesidades.

A modo de ejemplo, la observación del estado de las emisiones de los vehículos durante un chequeo de inspección y mantenimiento remoto evita el tener que llegar a la situación de fallo, con las consecuencias negativas que ello supone para el usuario, para el vehículo y para el medio ambiente.

La diagnosis remota retornará beneficios principalmente para el mercado de los vehículos comerciales, donde la disponibilidad de tener el vehículo es especialmente importante. Por ejemplo, la captura y análisis de datos para la diagnosis interna y externa, mientras el vehículo está en conducción, podría ser de gran ayuda para los fabricantes de coches a fin de implantar una mejora continua en su sistema de gestión de calidad. A modo de resumen, como principales ventajas de la diagnosis externa cabe enumerar las siguientes:

- Los costes debidos a las garantías cubiertas por parte de los fabricantes pueden ser minimizadas al tener bajo supervisión directa el funcionamiento del vehículo.
- Proporciona un servicio post-venta rápido y de calidad a los usuarios finales.

- Permite disponer fácilmente de un histórico para el análisis de los siguientes propietarios.
- Permite introducir nuevas prestaciones y funcionalidades ligadas a la tecnología inalámbrica y móvil.

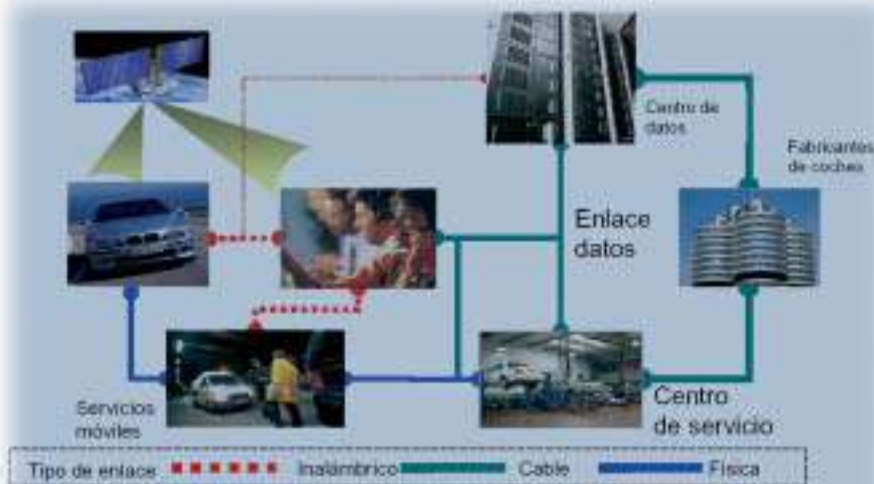
No obstante, para hacer realidad la diagnosis remota se deben superar diferentes obstáculos, algunos de los cuales se enumeran a continuación:

- Fragmentación y atomización de los dispositivos y su software.
- Riesgos de seguridad y certificación de trabajos.
- Múltiples tecnologías telemáticas de acceso al servicio.
- Diversas funcionalidades y capacidades puestas a disposición del usuario.
- Problemas de identificación derivados de la obtención de múltiples datos.

Esquema básico de comunicación en la diagnosis remota

En la Figura 4.64 se muestran los distintos tipos de comunicación que pueden estar implicados en un servicio de diagnosis remota.

*Figura 4.64
Posibles enlaces y tipos de comunicación en un servicio de diagnosis remota*



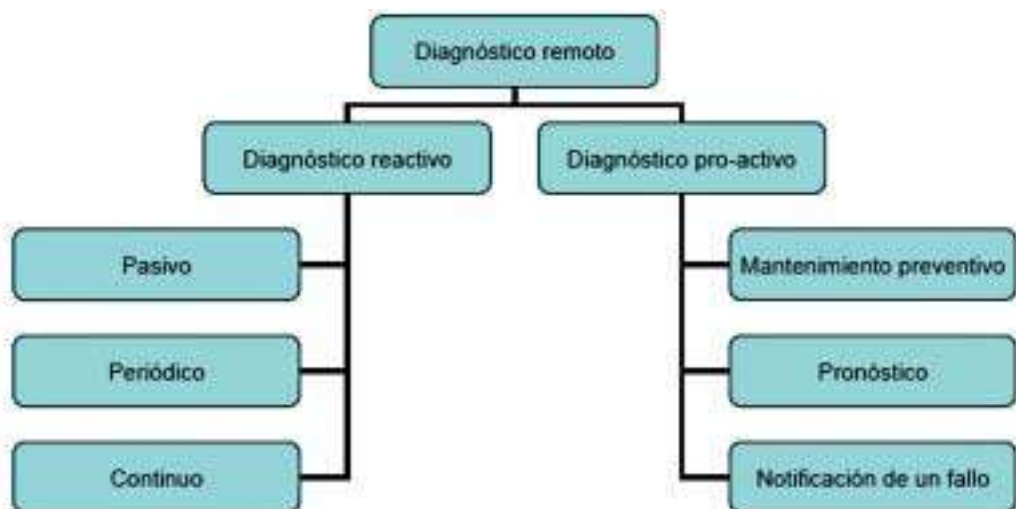
Como se desprende de la Figura 4.64, desde el vehículo se puede establecer una comunicación inalámbrica por medio de : telefonía de banda ancha, comunicación de datos a través de protocolos como Wi-Fi o bluetooth, o el establecimiento de la comunicación bidireccional vía satélite.

Ante la aparición de una avería, la reparación puede hacer necesario parar el vehículo y esperar a la grúa (la cual puede ser contactada desde los servicios de diagnosis centrales), bien conducirlo hasta un taller cercano o, si todo funciona correctamente, poder seguir con la conducción normal. El diagnóstico remoto incorpora otros agentes añadidos para poder resolver las cuestiones que se están planteando, de esta manera surgen los centros de datos de terceros proveedores y de los propios fabricantes.

Ampliación de los posibles diagnósticos con la centralización remota de datos

A lo largo del informe se han ido describiendo los diferentes usos y capacidades de la diagnosis de un vehículo con una herramienta local (*scantool*). El diagnóstico remoto amplía las posibilidades que se tenía anteriormente al poder incorporar en la diagnosis los datos procedentes de numerosos vehículos, tener la seguridad de aplicar información actualizada (última versión de software), etc. En la Figura 4.65 se muestran los diferentes tipos de capacidades y uso que la diagnosis remota puede realizar, separando por un lado el diagnóstico reactivo del análisis o diagnóstico pro-activo.

El diagnóstico reactivo tiene lugar en el momento de un fallo, error o comportamiento errático, lo que conlleva la reparación del mismo (el diagnóstico no está en funcionamiento por lo que se dice que tiene un funcionamiento pasivo). Por otro lado, en las revisiones que el fabricante de coches aconseja realizar, el vehículo pasa una diagnosis periódica (útil para revisar y mantener elementos físicos con características de desgaste visibles) no siendo en general muy efecti-



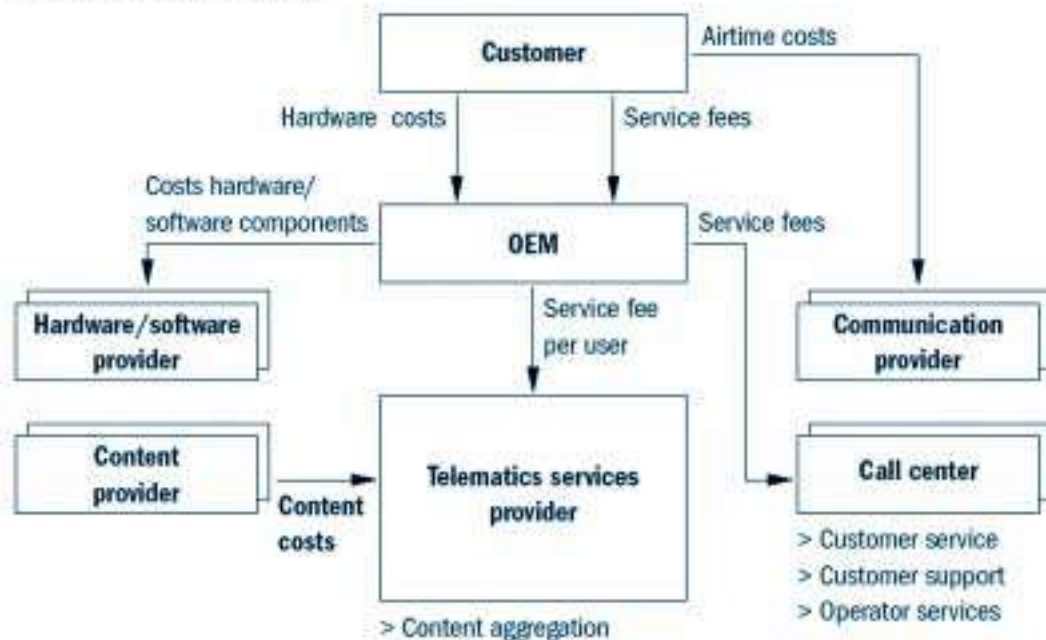
*Figura 4.65
Clasificación de los
diferentes tipos de
diagnóstico remoto*

va respecto a los sistemas electrónicos. También se realiza un diagnóstico continuo de la funcionalidad de los sistemas de control electrónico del motor durante la marcha y conducción del mismo.

Por diagnóstico pro-activo se conoce a aquellas funciones que permiten adelantarse a la aparición de un fallo. Así se puede realizar un mantenimiento preventivo basado por ejemplo en la vida útil de los elementos (reponiendo el dispositivo al 80% de su vida útil). También cobran fuerza las posibles predicciones o pronósticos en la operación de los elementos de los vehículos basado en modelos dados por la conducción y funcionamiento del vehículo, así como de la estadística general que el centro de datos y el propio fabricante pueden recoger de toda la gama de vehículos fabricados y supervisados bajo diagnosis remota. Al existir una comunicación bidireccional entre el vehículo y el centro de diagnosis externo, se incrementa la garantía y fiabilidad del producto final del fabricante, de esta manera en caso de que se detecte un fallo de fabricación o error en un componente se puede realizar dicha notificación a todos los propietarios.

Según lo comentado anteriormente, el diagnóstico remoto será ofertado al usuario por una tercera empresa o fabricante original del equipo (OEM). Para el acceso desde el vehículo al diagnóstico remo-

Telematics business model



→ Financial flows

Source: Roland Berger Strategy Consultants

Figura 4.66
Modelo de negocio para
los servicios telemáticos
del sector
automovilístico

to habrá que tener en cuenta el coste de la comunicación. El servicio de diagnóstico tendrá un coste, tanto por el equipo que se incluye en el vehículo (hardware) como por la tasa que se cobre en función de los servicios prestados por el centro de diagnóstico remoto. Este centro de diagnóstico tendrá que pagar los equipos, ordenadores y software usados para la diagnosis, al proveedor de contenidos y a un centro de atención telefónica que se habilite para gestionar el trato con el cliente. De esta manera, según lo visto, se puede tener el modelo de negocio para los servicios telemáticos del sector automovilístico de la: Figura 4.66.

Dispositivos para la comunicación remota

En este apartado se muestran brevemente los dispositivos encargados de realizar la comunicación entre los sistemas electróni-

cos que posee el vehículo y un elemento externo a él que permite el enlace con centros de datos remotos, redes de comunicación, proveedores de servicios de valor añadido, etc.

Normalmente existe un ECU a bordo del vehículo equipado con capacidades de comunicación inalámbrica que permite el enlace de datos y comunicación con el exterior con un determinado protocolo.

La diferencia entre los servicios telemáticos de un vehículo con respecto a otras posibilidades de servicios móviles es la alta velocidad y dispersión geográfica que puede existir en el establecimiento y mantenimiento de la comunicación. Las soluciones que se adopten para el sector automovilístico deben tener en cuenta numerosas tecnologías inalámbricas y ser capaz de conmutar entre ellas para poder así proporcionar un servicio de comunicación en todo momento. El aspecto más importante que se debe considerar al desarrollar soluciones de diagnóstico remoto pasan por el diseño de una arquitectura del sistema en su conjunto, es decir la arquitectura y distribución de los elementos y componentes útiles para la comunicación, así como sus características tanto hardware como software.

Una decisión importante en el diseño de tales arquitecturas es el empleo de clientes remotos simples o con capacidades de procesamiento más complejas. El diseño del interfaz de usuario también es un tema de vital importancia, asimismo, la selección de los datos de diagnóstico prioritarios a transmitir y la forma de presentar dichos datos a los técnicos de servicio usando tecnologías estándar como pueda ser un interfaz basado en navegadores web tipo Internet Explorer.

Para realizar el enlace de comunicación inalámbrico entre el vehículo y el exterior, cabe mencionar dos tipos de dispositivos electrónicos:

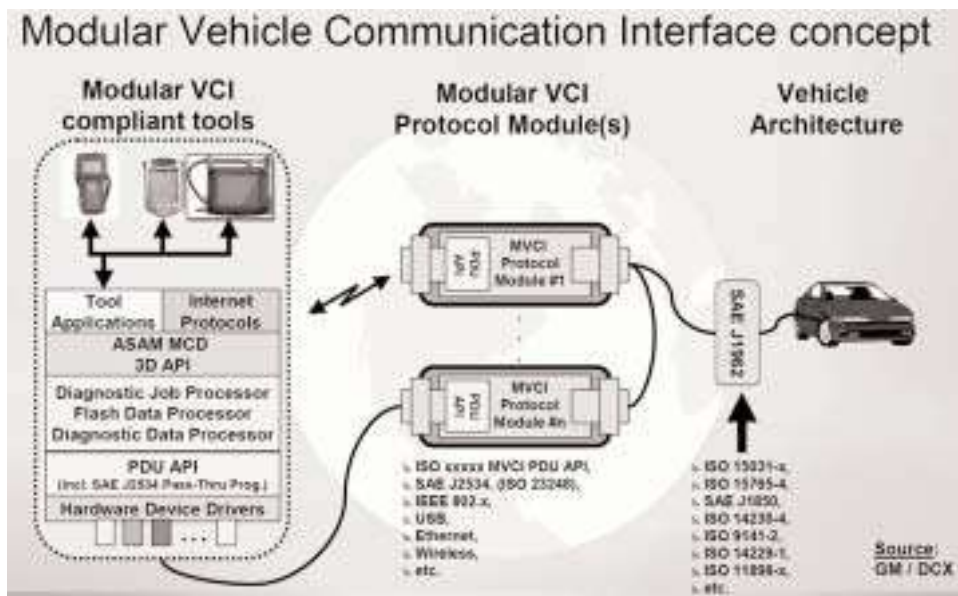
- Empotrados/embarcados en el propio vehículo con la posibilidad de interacción con sus elementos internos desde la línea

de fabricación hasta el usuario final. El principal problema para hacer su uso más extendido es el significativo precio de los mismos. Ejemplo de estos dispositivos integrados serían los ordenadores de a bordo con capacidades de comunicación telefónica integrada, navegación GPS, sistema de localización del vehículo, llamada de ayuda en caso de accidente, etc. Como se ve, dichos servicios deben tener un enlace seguro y fijo con el resto de los elementos del vehículo.

- Dispositivos portátiles, no incluidos con el vehículo y normalmente realizados por terceros fabricantes. Van con el propio usuario, quien los integra o conecta en el vehículo para posteriormente desconectarlo y llevárselo consigo. En estos dispositivos se necesita realizar una mejora, en cuanto al interfaz hombre-máquina se refiere, a la hora de poder utilizar los distintos servicios que se proporciona en un vehículo mientras se conduce. Ejemplo de estos dispositivos serían los teléfonos móviles o los PDAs.

Conviene destacar la importancia de las aplicaciones “servidor/thin client” para los sistemas de diagnóstico remoto. La tecnología que incorpora clientes con funcionalidades limitadas a la presentación, recogida de datos e interacción con una aplicación que se ejecuta en su totalidad en el centro de servicio permite las siguientes ventajas:

- se independiza la diagnosis remota del hardware del cliente (dispositivo del vehículo), la plataforma operativa, la conexión o el protocolo de la red de datos.
- la administración y soporte de las diferentes aplicaciones se realiza desde un lugar central.
- permite reducir los requisitos de hardware adicional o con capacidades más caras, de manera que toda la necesidad de



*Figura 4.67
Interconexión modular
entre equipos de
diagnóstico y el sistema
electrónico del vehículo.*

ejecución y cálculo se realiza y gestione externamente en el centro de datos.

Como posible desventaja cabe mencionar el incremento de la tasa de datos que se transmite entre el cliente del vehículo hacia el servidor. Se necesita adoptar una solución de compromiso en cuanto a las capacidades del dispositivo del vehículo para que el coste de dicho elemento, más el precio del establecimiento y transmisión de los datos, sea menor en comparación con lo que sería una solución de diagnosis con dispositivos dotados de una mayor funcionalidad de diagnóstico y con una pequeña tasa de transferencia de datos entre el vehículo y el servicio de diagnosis central.

En la Figura 4.67 se muestra una interconexión modular (bien por cable o por radiofrecuencia) para la realización de la función de diagnóstico usando diferentes clientes como: sencillas scantools, PDAs y equipos de diagnosis portable.

En la Figura 4.68 se muestran los protocolos de comunicación de los dispositivos y herramientas de diagnosis externos junto con los

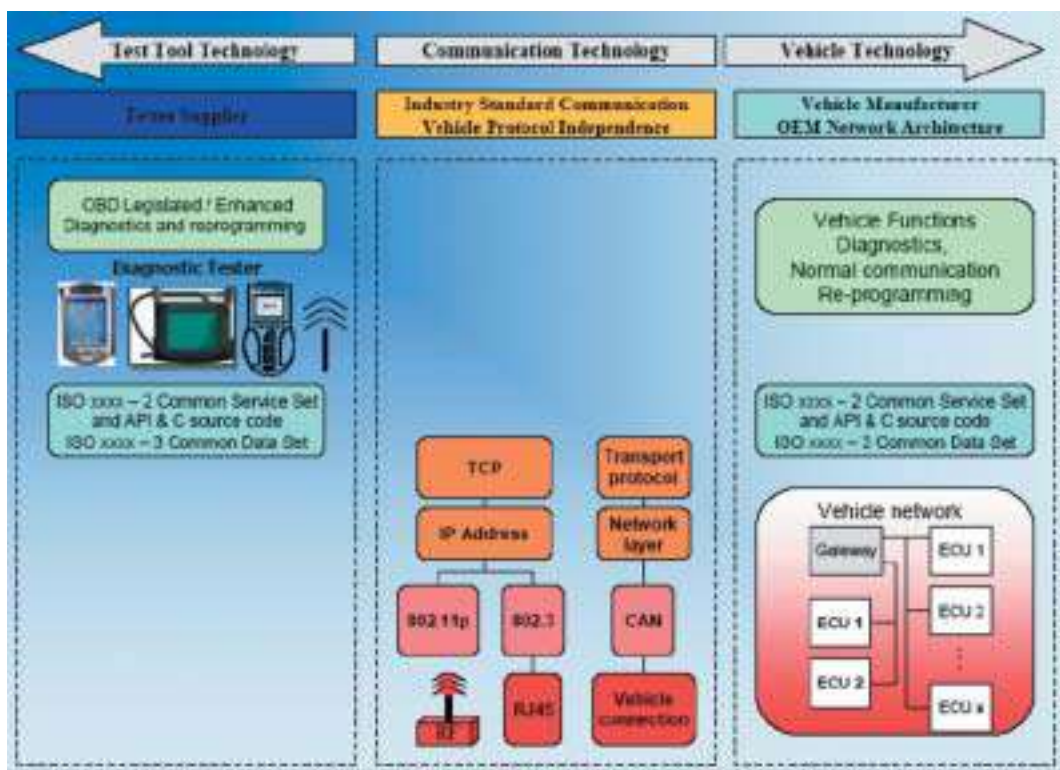


Figura 4.68
Distintos protocolos de
comunicación de los
dispositivos
involucrados en la
diagnosis

protocolos que internamente se tiene en un vehículo, para conectar los diferentes sistemas de control electrónico. Se debe dotar al vehículo de un elemento de interconexión o pasarela hacia el exterior para que se puedan intercambiar datos entre dos redes y protocolos de comunicación distintos.

A continuación, se hace hincapié en el dispositivo que es la evolución inmediata de la herramienta tradicional de diagnosis externa: scantool inalámbrica.

4.3.6 Scantool inalámbrica

Con las nuevas tecnologías de comunicación y el abaratamiento de los productos electrónicos las capacidades de diagnosis "onboard" y "offboard" se están mejorando continuamente. Así en las nuevas herramientas portables de diagnosis con conexión inalámbrica se incorpora:

- Nuevos protocolos de comunicación.

- Herramientas hardware y software adecuadas para asegurar un correcto funcionamiento de la comunicación y la no interferencia con la operación normal de los sistemas electrónicos del vehículo.
- Componentes hardware y software normalizados según estándares.

Bases de datos centralizadas con información de diagnóstico.

Con estas nuevas scantools de conexión inalámbrica se puede realizar el diagnóstico, reparación y mantenimiento de un vehículo de forma remota. El taller puede conectarse de forma inalámbrica, tanto con el vehículo como con el centro de diagnóstico remoto, para solicitar ayuda en la evaluación del fallo o avería. Esta primera valoración puede resultar de gran ayuda, acortando sustancialmente el tiempo dedicado a la reparación.

En la Figura 4.69 se muestra la posibilidad de hacer uso de un interfaz inalámbrico, el cual se conecta al sistema de diagnóstico del vehículo y proporciona acceso remoto con comunicación sin hilos al equipo de diagnóstico. Este equipo de diagnóstico puede recuperar datos desde un ordenador del taller o bien solicitarlos/compartirlos con un servicio de datos central proporcionado por el fabricante del vehículo o tercera empresa.

*Figura 4.69
Ejemplo de
comunicación
inalámbrica entre un
vehículo, scantool y
centro de datos remoto.*





*Figura 4.70
Elemento que posibilita
el acceso inalámbrico
entre el vehículo y otro
dispositivo.*

El equipo mostrado en la Figura 4.70 es fabricado por ACTIA. Este dispositivo RF-VCI (Radio Frequency - Vehicle Communication Interface) está específicamente diseñado y fabricado para cumplir con las necesidades impuestas por el fabricante de coches, el entorno de un taller o la línea de desarrollo. Estos interfaces, conectados entre un equipo de diagnóstico como capacidades inalámbricas y el vehículo a ser chequeado, incorporan los principales protocolos de comunicación utilizados en la industria del vehículo, simplificando la tarea de captura e intercambio de datos que debería realizar el equipo de diagnóstico.

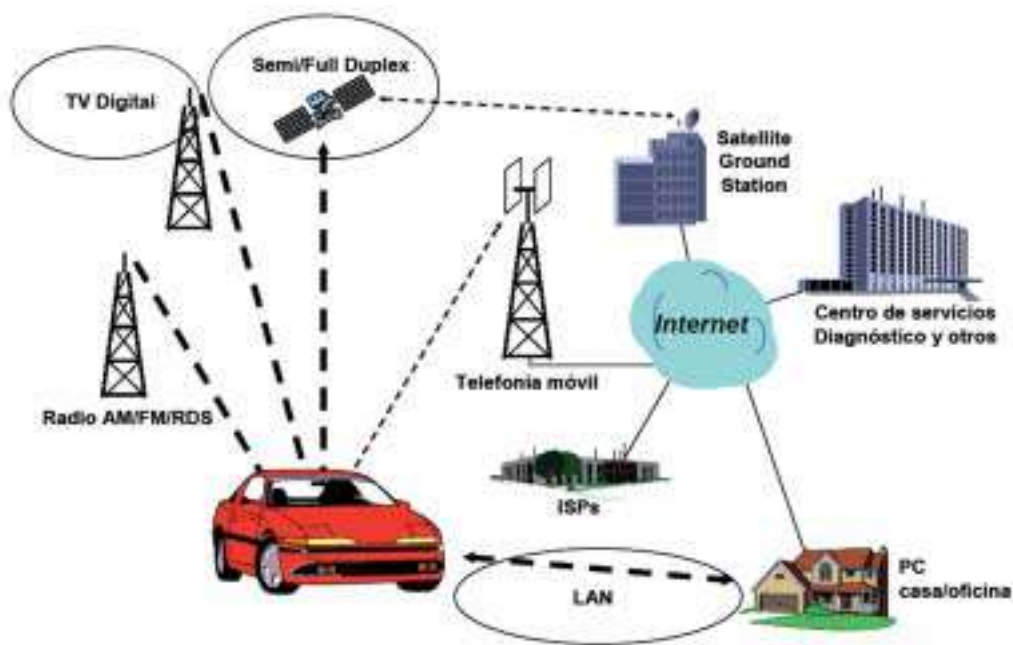
4.3.7 Redes inalámbricas para la diagnosis remota

Existen muchas cuestiones pendientes de análisis relacionadas con las comunicaciones inalámbricas. El principal problema que deben abordar los distintos protocolos utilizados es la interrupción o corte en las comunicaciones, para que el mismo no afecte a la fiabilidad final del sistema. La solución adoptada por la aplicación del servicio de datos consiste en fijar puntos de recuperación o hitos de la transacción desde los cuales poder continuar posteriormente si es que hay un corte en la comunicación sin hilos.

En la Figura 4.71 se muestra un vehículo junto con las distintas posibilidades de comunicación inalámbrica de las que puede hacer uso en las tareas de mantenimiento y diagnóstico remoto.

De la Figura 4.71 se desprende que los enlaces de datos e información con el vehículo pueden ser los siguientes:

- Enfocados a transmisión de datos:
 - Telefonía móvil
 - Radio RDS
 - LAN
 - Satélite



*Figura 4.71
Distintas posibilidades
de comunicación
inalámbrica desde un
vehículo*

- Enfocados a la transmisión de audio y vídeo:

- Telefonía móvil, puede usarse para diferentes tareas dependiendo del protocolo usado en el dispositivo
- Radio AM/FM
- Vídeo y TV digital

A partir de dicho enlace, los datos al centro de diagnóstico, taller, oficina o casa pueden recorrer diferentes medios, redes y tipos de protocolos, saltando de unos a otros por las convenientes pasarelas establecidas al efecto.

De esta manera se muestra en la Figura 4.72 las posibles tecnologías y formas de acceso que pueden existir en un vehículo, así como la tipología de las redes de comunicación utilizadas desde el vehículo hasta la red de datos del centro de diagnosis remota.

Dentro de la telefonía móvil existe la siguiente división atendiendo a la generación de las tecnologías aplicadas:

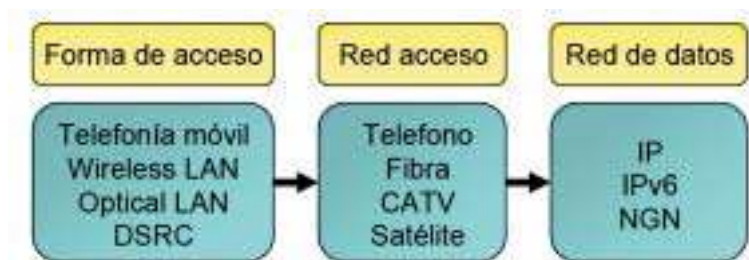
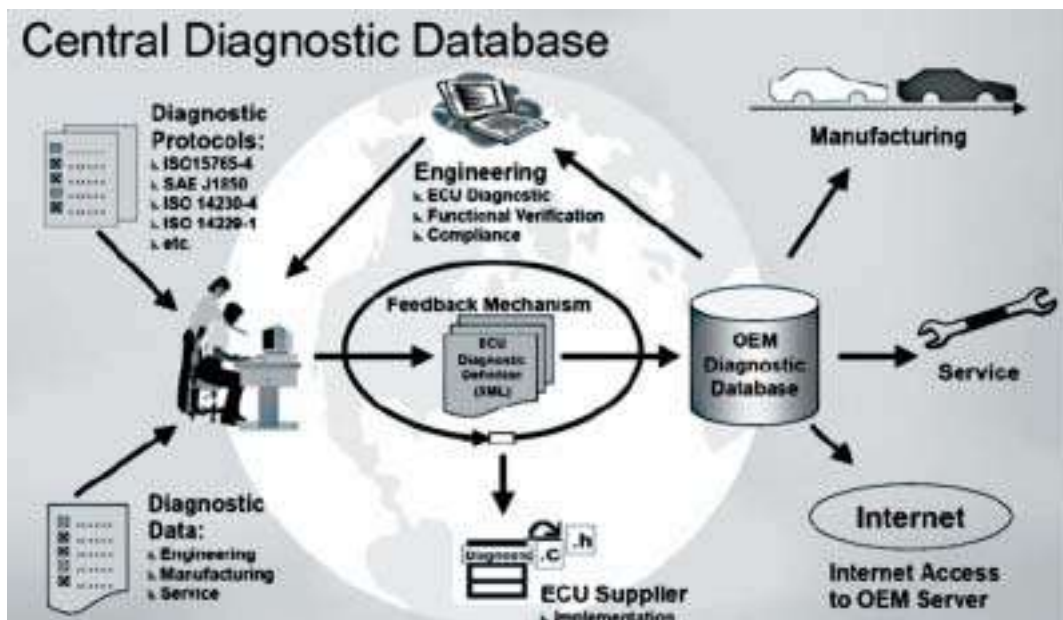


Figura 4.72
Posibles formas de
acceso desde el vehículo
y redes de comunicación
involucradas

- 2.5G: WAP/WML
- 3G – UMTS (actualmente en fase de instalación)
- 4G – distintas tecnologías y redes

En la comunicación mediante satélite de forma móvil desde un vehículo se utilizan las frecuencias de banda comerciales Ku/Ka/C. El objetivo en el futuro más cercano de este tipo de comunicación es el desarrollo de equipos móviles de comunicación con un tamaño más reducido, alta recuperación de la comunicación en caso de corte o bloqueo de la señal debido al tiempo, a efectos atmosféricos, túneles, etc.

En un futuro inmediato la conexión física entre el vehículo y el equipo externo de diagnóstico será reemplazada por una conexión inalámbrica, de hecho se está trabajando en una doble vía: Bluetooth y Wi-Fi (Wireless Fidelity basado en los estándares WLAN 802.11a y b). Como ya se ha comentado en el apartado 4.2.6 las dos alternativas utilizan la banda libre de radio de 2.4GHz, pero con estándares diferentes. Bluetooth permite velocidades de transferencia de datos no superior a 720 Kb/s con un alcance entre 10 y 100 m, y su aplicación dentro del campo de diagnóstico está más enfocada a la comunicación entre dispositivos dentro del vehículo. Sin embargo, Wi-Fi permite transmisiones de hasta 11 Mb/s y su aplicación está dirigida para establecer enlace entre el equipo portátil de diagnóstico y el vehículo, o entre aquél y el centro remoto de mantenimiento, supervisión o reparación.



Otros protocolos como WiMAX (Wordwide Interoperability for Microwave Access) y UWB (Ultra Wide Band) complementan a Wi-Fi y Bluetooth con las que disponer de conectividad de banda ancha para señales de voz y datos capaces de cubrir grandes zonas metropolitanas.

*Figura 4.73
Comunicación de datos desde los diferentes agentes hasta el centro de tratamiento de los datos*

4.3.8 Otras funcionalidades asociadas a la diagnosis remota

Cuando se realiza la comunicación remota de datos a un centro de diagnosis y/o mantenimiento externo la primera cuestión a resolver es qué tipos de datos se deben enviar. Para el caso de control de emisiones se pueden enumerar los siguientes tipos de datos:

Resultados de la diagnosis: códigos de problemas (DTCs) y estado de indicadores de error (MIL).

Vida útil de fluidos (especialmente de aceite y combustible) y sus indicadores de mantenimiento.

Datos relativos a la forma de uso del vehículo: velocidad máxima, revoluciones máximas, número de encendidos, tiempo de conduc-

ción, kilómetros seguidos de forma continua, perfil temporal de velocidad y kilometraje, etc.

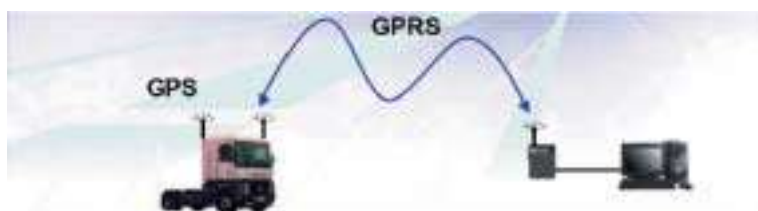
Otro agente fundamental en la diagnosis remota es el centro de tratamiento de los datos. En la Figura 4.73 se muestra el tratamiento y flujo de los datos en el centro de diagnosis.

En lugar de intentar recuperar todos los códigos y valores de diagnóstico del vehículo, lo cual podría tardar demasiado tiempo y ser inviable para la resolución de un problema en concreto, se permite que el técnico o experto situado en el centro remoto dedicado a la diagnosis sea el encargado de seleccionar qué datos son los más relevantes para importar y cuáles no o ya están disponibles de manera local (en la propia base de datos central).

Diagnosis y control remoto de flotas

La comunicación inalámbrica de datos permite realizar una gestión de las flotas y logística de forma remota, la diagnosis de cada vehículo, la gestión del mantenimiento, detección preventiva de fallos, seguimiento de rutas, etc. En la Figura 4.74 se muestra un sencillo ejemplo de localización de los diferentes camiones de una empresa de logística para poder aprovechar y dar valor añadido a las tecnologías de comunicación inalámbrica.

*Figura 4.74
Ejemplo sencillo de
localización de
camiones de una
empresa logística.*



A continuación se muestra un ejemplo de funcionamiento de la diagnosis y supervisión remoto. Una empresa dedicada al transporte de mercancías por carretera firma un contrato con un centro de supervisión remoto responsable de mantener en funcionamiento a los vehículos de la flota y detectar posibles fallos a los primeros indicios de un mal-funcionamiento.

Con la comunicación de datos de los sistemas del vehículo se pueden detectar fallos no-críticos en el funcionamiento que permiten seguir conduciendo pero requieren de asistencia. Los expertos en el centro remoto pueden especificar los valores límites, reglas y árboles de decisión que hacen saltar las alarmas para un cierto tipo de vehículo. Así se realiza la supervisión de una serie de parámetros bajo análisis y cualquier desviación en los mismos fuera de los límites marcados desencadena una alarma en el centro remoto en el que se tomarán las medidas pertinentes.

Diagnosis inalámbrica en fabricación

También se puede hacer uso de la comunicación inalámbrica para servicios de diagnóstico y pruebas de calibración de los sistemas de un vehículo en la propia línea de fabricación, como se muestra en la Figura 4.75.

*Figura 4.75
Servicios de diagnosis y calibración en el entorno de una línea de fabricación*



En dicho entorno, el problema inalámbrico estriba en conocer cuál es el vehículo que actualmente está siendo diagnosticado. La comunicación sin hilos reporta una reducción en los tiempos de fabricación de un coche.

4.4 Prototipos reales con sistemas de diagnosis novedosos

La diagnosis remota ha tenido unas previsiones de futuro muy optimistas entre la industria automovilística y aún no se ha llegado a conocer todo su potencial. Todo ello basado en la reducción de los servicios locales de reparación, que podrían ser resueltos por un experto trabajando en un centro de servicio de diagnóstico remoto. Como eslogan publicitario muchas compañías comparan a la diagnosis remota como si se tuviese siempre a un mecánico como acompañante en el vehículo y que nos ayudará a resolver cualquier problema que pudiera surgir en el buen funcionamiento de nuestro vehículo.

A pesar de todas estas halagüeñas previsiones, existen ciertos obstáculos que hacen que los fabricantes sean reticentes a poner en marcha el diagnóstico remoto. Las redes de comunicación actuales se han desarrollado para una tecnología de comunicación específica y están basadas en una plataforma cerrada que no permite modificaciones. Los sistemas de diagnosis de a bordo del vehículo difieren de vehículo a vehículo, por lo que se dificulta la generalización en una solución común a todos ellos

En la Tabla 4.2 se muestran los principales fabricantes junto con las soluciones telemáticas de diagnosis que actualmente ofrecen.

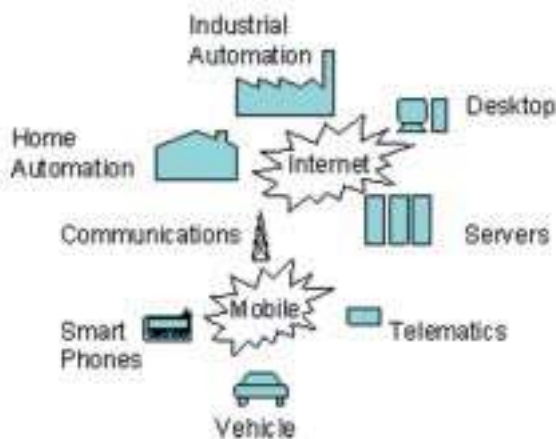
Soluciones telemáticas de diagnosis ofrecidas por diferentes fabricantes

Tabla 4.2

Fabricante	Nombre del Servicio
Alfa Romeo	Connect
Audi	Audi Telematics
BMW	BMW Online, Assist, TM Monitor, BMW Messenger
Citroën	Mobility portal, Telematik Plus, TM Oracle, Mobile Station
Fiat	Connect, Off Board Navigation
Ford	fordtelematics, Fleet Telematics

GM (Opel)	Onstar, C@rweb, Mobility portal, , TM Oracle
Honda	InterNavi
Hyundai	TM SmartNav
Jaguar	JaguarNet
Lancia	Connect
Maybach	TeleAID, DynAPS, MB mobility portal
Mazda	No services available
Mercedes	Mobility portal, TeleAID DynAPS
MG Rover	Traffic Alert
Nissan	CarWings
Peugeot	Peugeot Assistance, Egery
Renault	Odysline, Carminat
Smart	Smart Webmove
Toyota	ETA, Toyota Hub, Getmethere (portal)
VW	Multi channel mobility Gen Golf, , VW T portal, e-telematics
Volvo	OnCall, Interactive

Existen iniciativas de arquitecturas abiertas como Open Services Gateway initiative (OSGi Alliance, 2004) que se pueden aplicar en áreas tan diferentes como las que se muestra en la Figura 4.76.



*Figura 4.76
Arquitectura de
comunicación abierta a
diferentes áreas de
aplicación*

Ejemplos de empresas y servicios que hacen uso de dicha especificación OSGi son las que se enumeran a continuación:

- Gamespace Telematics AB (www.gatespacetelematics.com), con su producto UbiServ, es una empresa que cumple las especificaciones de OSGi, incluyendo todos los servicios especificados y otros de valor añadido para el usuario. Su paquete está pensado para un uso por parte de empresas donde se necesita tener una comunicación telemática móvil, como por ejemplo para supervisar y monitorizar una flota de vehículos y conductores como podrían ser los taxis o compañías de autobuses, camiones o mensajeros. Diferentes terminales pueden usarse para conectar al sistema.
- Otra empresa que implementa OSGi en su producto RIO es Siemens VDO Automotive (www.siemensvdo.com). Siemens ha desarrollado dicha plataforma para poder cubrir las necesidades que requieren los principales sistemas de la industria del automóvil y para satisfacer las tendencias emergentes de los sistemas telemáticos y de ocio en el automóvil.

Aunque no siempre siguiendo un sistema de arquitectura abierta, a continuación se enumeran los principales sistemas desarrollados por los fabricantes de coches y terceras compañías a nivel mundial:

- ATX Technologies (<http://www.atxtechnologies.com>) proporciona servicios telemáticos y aplicaciones móviles como la notificación automática de colisión, sistema de localización, asistencia en carretera, seguimiento de coches robados, navegación, etc.
- El hardware desarrollado por Audi Telematics, véase Figura 4.77, hace posible la ejecución de tecnología basada en Java. Actualmente se está aplicando a la personalización de los contenidos

de comunicación de datos de manera personalizada que se realiza desde el coche, pero abre un abanico de amplias posibilidades al poder instalar una actualización del software o acceder al estado del vehículo. Dichas aplicaciones, como la tele-diagnosis o el sistema de protección contra robo, son posibles con el hardware desarrollado por Audi Telematics. En la Figura 4.77 se muestra un dispositivo de navegación de Audi que puede ser conjugado con el servicio OnStar y un teléfono móvil Motorola V60.



*Figura 4.77
Panel de información
visual de Audi
Telematics*

- BMW Assist (<http://www.bmwtransact.com/bmwassist/>), el sistema online desarrollado y puesto en servicio por BMW, en el que se combina un teléfono inalámbrico integrado en el vehículo y un servicio de comunicación digital avanzado acoplado a un sistema de localización GPS que permite conocer la ubicación del vehículo.
- Citroën NaviDrive. El sistema que Citroën, véase la Figura 4.78, incorpora en sus últimos modelos ofrece un número de funciones muy útiles. Un sistema de navegación GPS, un teléfono inalámbrico manos libres con acceso a la agenda de contactos y al sistema de audio. Al mismo tiempo, se puede hacer uso del sintetizador incorporado en el sistema de navegación para leer los mensajes SMS.
- Targasys Connect. Fiat, junto con la empresa Targasys, aplica las tecnologías basadas en java de Sun para proporcionar servicios telemáticos de nueva generación para el vehículo y sus ocupantes, con posibilidad de actualizarlo durante todo el ciclo de



Figura 4.78
Fotografía del sistema
NaviDrive de Citroën.

vida del vehículo (asegurado entre 6 y 8 años). Las tecnologías java en entornos J2ME y J2EE permiten un desarrollo posterior, la actualización del software sobre el vehículo, gestión y control de cada uno de los servicios como la diagnosis remota, navegación y comercio electrónico. Los servicios ofrecidos son nuevamente independientes de la red inalámbrica que se utilice en cada caso y de los dispositivos de los que dispone el vehículo.

Una vez que se han visto los principales sistemas comerciales, se comentan a continuación con más detenimiento las soluciones telemáticas existentes actualmente para ser instaladas en los vehículos y el desarrollo de algunas incipientes soluciones de diagnosis remota. En los siguientes apartados se ven las siguientes soluciones y prototipos comerciales:

- GM OnStar
- Nissan Carwings
- ID-Internet Diagnostic
- Eco-Drive Project

4.4.1 GM OnStar

La solución comercial propuesta por GM se denomina OnStar, Figura 4.79. Proporciona al conductor la posibilidad de conectarse con un servicio central de operación donde un técnico puede recuperar los datos de diagnóstico procedentes de su vehículo.

Está basada en los datos acumulados por el fabricante y puestos al servicio del operador, para así poder disminuir la asistencia prestada en carretera o facilitar la revisión con el servicio de reparación.

El producto OnStar también tiene otros servicios en cartera, como la asistencia en caso de accidente, servicios de emergencia, servicios de asistencia en ruta, localización del vehículo robado, apertura de puertas desde el centro remoto y muchas otras pequeñas fun-



*Figura 4.79
Sistema OnStar
desarrollado y
comercializado por
General Motors.*

cionalidades que pueden ser de gran utilidad llegado el momento. El “consejero virtual” es un sistema de reconocimiento y síntesis de voz que permite al usuario comprobar su correo electrónico, pedir la retransmisión de cierto contenido de audio o vídeo y otras peticiones.

4.4.2 Nissan CarWings

El servicio proporcionado por Nissan se denomina CarWings y lleva funcionando en Japón más de seis años. En la Figura 4.80 se muestra las principales capacidades del sistema: reconocimiento y síntesis de voz, ayuda a la navegación, asistencia, localización, información del tiempo y otras facilidades.

*Figura 4.80
Diferentes
funcionalidades
agrupadas en el servicio
ofrecido por Nissan
CarWings.*



4.4.3 ID-Internet Diagnostic

Auspiciado por las empresas TRW, uno de los grandes proveedores de componentes para la automoción, y eGain, experto en redes de comunicación, el proyecto ID proporcionará un conocimiento y experiencia compartida a los talleres de reparación y servicios técnicos haciendo uso de un sistema de base de conocimiento con conexión a Internet. Permitirá a los técnicos resolver una reparación en un menor tiempo.

Se prevé que cerca de 4000 talleres y servicios de asistencia se unan al proyecto de la diagnosis remota por Internet en Europa.

El sistema ID es capaz de diagnosticar el funcionamiento del motor, el *airbag*, sistema ABS y tecnologías emergentes como el control adaptativo de navegación (*Adaptive Cruise Control*), *Electric Power Assisted Steering* (EPAS) y *Electronic Park Braking* (EPB).

Existe un programa de incentivos basados en puntos web para que los diferentes talleres y técnicos particulares proporcionen datos y contribuyan a la diagnosis central del sistema. El sistema, directo y fácil de utilizar, añade información que será incorporada a la base de datos por los servicios centrales.

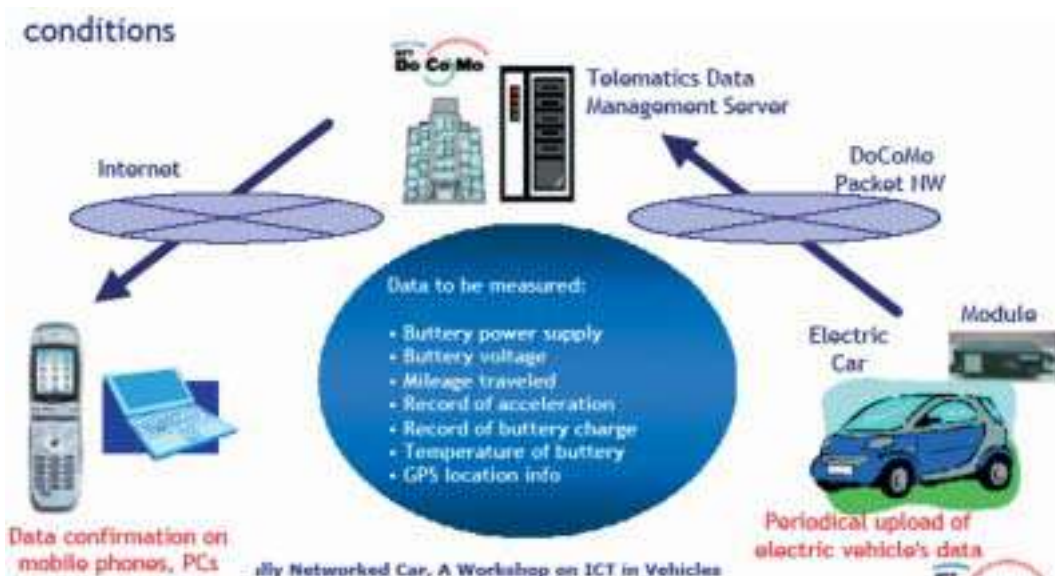
De esta forma, la red ID ofrece un diagnóstico basado en Internet altamente confiable para cualquier taller o servicio de reparación situado en Europa, eliminando las costosas barreras asociadas al diagnóstico de los automóviles y proporcionando un sistema de conocimiento único central.

4.4.4 Eco-Drive Project

El proyecto Eco-Drive es una propuesta conjunta entre un fabricante de coches eléctricos y la operadora japonesa de telecomunicación NTT DoCoMo. El sistema telemático promociona el coche eléctrico al establecer un sistema de monitorización remota.

De la Figura 4.81 se desprende la forma en la que se diagnostican diferentes parámetros relativos al funcionamiento y operación del

vehículo eléctrico: nivel de la batería, kilometraje, valores máximos de aceleración y carga de la batería, temperatura, localización, etc.



*Figura 4.81
Sistema de
telediagnóstico
diseñado por DoCoMo
en Japón.*

4.5 Armonización de estándares

En este apartado se van a describir las tendencias actuales en cuanto al sistema de definición de las arquitecturas HW que se tienen en un vehículo y a las organizaciones dedicadas a la normalización, regulación y confección de estándares que permitan una uniformidad en los sistemas desarrollados en los automóviles, en concreto para tareas de diagnóstico.

4.5.1 Arquitectura abierta AUTOSAR

Por las siglas de AUTOSAR se conoce a AUTomotive Open System Architecture, una arquitectura del sistema para el automóvil abierta (<http://www.autosar.org/>). El objetivo que se persigue es el establecimiento de un estándar abierto para la arquitectura eléctrica y electrónica de los sistemas que posee un vehículo. Servirá como infraestructura básica para las funciones de gestión de las futuras aplicaciones y módulos de software.

La iniciativa AUTOSAR comenzó en el año 2002 para poder establecer una estrategia de implementación técnica. Diferentes fabricantes se han ido asociando a la misma según han ido avanzando los años. Se trabaja en la redacción y aplicación de un estándar industrial abierto para la arquitectura de los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

Como logros se incluyen los siguientes:

- implementación y estandarización de las funciones básicas de los sistemas, dando una solución estándar a lo que sería el núcleo del vehículo
- escalabilidad para diferentes vehículos y variadas plataformas
- transferencia de las funciones a través de una red
- integración funcional de los distintos módulos que provean diferentes fabricantes
- inclusión de redundancia
- mantenimiento a través de un completo ciclo de vida del producto AUTOSAR
- aumento del uso de diferentes sistemas hardware comerciales
- actualización de software para vehículos en funcionamiento.

Los interfaces que se han normalizado incluyen los siguientes:

- normalización de las diferentes API para separar las diferentes capas que componen AUTOSAR
- simplificar la encapsulación de los componentes software
- definición de los tipos de datos de los componentes software para que sean compatibles con la definición dada en AUTOSAR
- identificar los módulos software básicos de la infraestructura software y estandarizar sus interfaces.

En cuanto al entorno en tiempo real hay que tener en cuenta que AUTOSAR introduce las siguientes consideraciones:

- el entorno en tiempo real proporciona una comunicación interna a cada ECU, a la par que posibilita la intercomunicación de diferentes ECUS por todos los nodos de la red que posee un vehículo
- el entorno en tiempo real se ubica entre los componentes y los módulos de software funcionales
- todas las entidades conectadas al módulo de tiempo real de AUTOSAR deben cumplir con las especificaciones del estándar AUTOSAR
- posibilita una sencilla integración de funciones específicas de un cliente a través de módulos de software funcionales.

4.5.2 Organizaciones dedicadas a la estandarización

El principal objetivo de las organizaciones de estandarización es facilitar el intercambio de bienes y servicios a través de la eliminación de las barreras técnicas que pueden surgir debido al mercado libre. Se deben aplicar unos estándares tanto por el beneficio económico que representan como por los aspectos legales que imponen las administraciones públicas.

Las principales organizaciones de normalización de Europa son las siguientes:

- ISO (International Organization for Standardization)
- IEC (International Electrotechnical Committee)
- ITU (International Telecommunication Union)
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Las regulaciones, normativas y estándares de carácter abierto permiten una compatibilidad e interoperabilidad que tiene como ventajas las siguientes:

- estimulan la competencia y ayudan a la aceptación de los productos por parte del mercado, además de ampliar el posible mercado de venta
- reduce los costes de desarrollo, los riesgos son compartidos consiguiendo una economía de escala
- se aumenta el grado de confianza de los inversores
- logra convertir las ideas técnicas en un éxito comercial.

Las diferentes regulaciones y armonización de estándares son conformes a las nuevas directivas de la Unión Europea en temas como la e-seguridad, políticas del espectro radioeléctrico, etc.

Las principales demandas de regulación, existente a día de hoy o previsible en un futuro más o menos cercano, son las siguientes:

- se requiere la paulatina integración de tecnologías de la información y telecomunicaciones en el vehículo, las cuales se han ido adoptando en estos últimos años pero requieren una ampliación global. Esta integración a nivel de vehículo debe ser complementada a una escala mayor para dar cabida a la comunicación de redes y sistemas ya desarrollados en otros estándares
- la llegada al mercado del automóvil de otros tipos de combustibles o nuevos modos de propulsión, tales como los motores eléctricos que pueden usar baterías o pilas de nueva tecnología, como el hidrógeno
- el desarrollo de nuevas herramientas que consigan reducir la accidentología y una mejora en las capacidades del vehículo, tanto en seguridad pasiva como en seguridad activa
- la creciente demanda de respeto hacia el tema del medioambiente, el impacto de la contaminación en todo el ciclo de vida del coche, la energía consumida y su capacidad de reciclado.

Tanto los fabricantes de vehículos como los proveedores de repuestos, talleres de mantenimiento, empresas de reparación e, indirectamente, los desarrolladores de productos y servicios relativos al chequeo, control y diagnóstico están todos ellos interesados en el proceso de estandarización y regularización de normas adecuadas para el sector del automóvil.

Siendo una industria que aplica las ventajas que proporcionan los avances en diferentes tecnologías, los estándares a aplicarse en los automóviles están indirectamente influenciados por muchos otros grupos de estandarización como CEN, SAE, que incluyen los desarrollos más importantes de los diferentes grupos técnicos que los componen. La definición de unos límites en cada trabajo y la competencia que tiene cada uno de dichos grupos de trabajo debe ser resuelta cada vez que aparece un problema. La frecuencia con la que aparecen estos problemas y el límite de cada norma es un problema que se está incrementando.

La regulación y normativa legal es un aspecto muy importante de los estándares en el sector automovilístico. A comienzos del siglo XX cada país era el encargado de redactar y aplicar diferentes regulaciones que establecían aspectos cruciales relacionados en gran medida con la seguridad en el uso del vehículo. En los años 50 se propuso realizar una armonización de los estándares existentes para cada país. En el año 1970 se aprobó la directiva europea que armonizaba los distintos estándares de los diferentes estados europeos (70/156/EEC). De esta manera, se puede ver cómo la armonización de los estándares es un esfuerzo que se ha intentado lograr desde hace muchos años y que a día de hoy sigue representando un arduo trabajo. La primera consecuencia es eliminar las barreras tecnológicas entre diferentes países.

Como beneficio se desea que la aplicación de los estándares internacionales permita una reducción del coste de fabricación de los vehículos y sus componentes.

4.5.3 ISO/TC22

El comité técnico encargado de la regulación y estandarización relacionada con la temática de los automóviles es el TC22 (TC, significa Technical Committee). Así el ISO/TC22 es el comité técnico encargado de regular todos los aspectos relacionados con los vehículos y automóviles de conducción por carretera. Desde 1947, ISO TC22 ha desarrollado diferentes estándares a nivel internacional:

- 572 ya publicados y en funcionamiento
- 203 en progreso de confección

El comité técnico ISO/TC22 está abierto a todos los países miembros de ISO. La asociación ISO tiene más de 140 países asociados. En 2005, 23 países están involucrados directamente en la redacción y elaboración de los estándares, mientras que otros 43 estados participan como países observadores, validando y verificando la corrección y adecuación de las normas internacionales a cada uno de dichos estados. Se logra así tener una representación a nivel mundial, en los 5 continentes.

El trabajo de estandarización del ISO TC 22 se divide en 85 grupos de trabajo y en 22 subcomités, de acuerdo con la división y orientación del comité técnico. Los borradores de la normalización proceden de la industria de fabricación de los automóviles y de sus componentes, así como de la universidad, las entidades y organizaciones gubernamentales relacionadas, etc.

Se alcanza una regulación común de acuerdo con las diferentes agencias de regulación de los diferentes estados miembro: SAE en Estados Unidos, BNA en Francia, Fakra en Alemania, JSAE en Japón, BSI en Gran Bretaña, Cuna en Italia, etc.

Cada país participante emite su voto y todas las decisiones que se aplican en la normativa y regulación posterior deben contar con la aprobación de 2/3 de los votos emitidos.

Para ello el comité técnico regulador debe tener una responsabilidad total a nivel mundial sobre los diferentes elementos relativos a los vehículos, sus componentes y equipamientos. La aplicación de dichos estándares debe producir un coste efectivo en relación a las demandas del usuario y el mercado, con un tiempo de respuesta adecuado. Estas normativas proporcionan un avance en las técnicas que se deben aplicar en el sector del automóvil, a la par que se revisan y adaptan la serie de 493 estándares ya publicados, con una revisión obligatoria cada 5 años.

El subcomité SC3 de ISO/TC22 es el encargado de la elaboración de los estándares y normativas que regulan el equipamiento eléctrico y electrónico del vehículo.

4.5.4 ITU-T

Los estados miembros de ITU-T son, en total, 189 países. Conforman la asamblea tanto organizaciones públicas como empresas del sector privado, operadores, fabricantes, desde pequeñas compañías hasta multinacionales relacionadas con la informática y la telecomunicación. Las recomendaciones de la organización ITU-T son normas y estándares que cada país o estado puede aplicar. Concretamente, desde este organismo regulador se están estudiando las siguientes cuestiones:

- funcionamiento y calidad del servicio de comunicaciones (SG12)
- terminales multimedia, posibles sistemas y aplicaciones (SG16)
- aplicaciones de movilidad (“e-everything”, e-health, e-business) (SG16)
- seguridad de las comunicaciones (SG17)
- redes de telecomunicación móviles y diseñadas para la movilidad (SG19)

En relación con la protección del medio ambiente, existe un grupo de trabajo que estudia el efecto de las emisiones electromagnéticas EMC para predecir y reducir los problemas que puedan aparecer por la inclusión de las tecnologías, principalmente inalámbricas, en los sistemas del automóvil.

La recomendación M.1453 define las especificaciones que deben cumplir los sistemas Wi-Fi aplicados a la comunicación y transmisión de datos en vehículos móviles. Dicha recomendación ha sido recientemente modificada en 2004 para incorporar el protocolo IP de Internet. Habiendo sido aprobada por el grupo de trabajo SG8, actualmente debe ser votada para pasar a conformar un estándar de debida aplicación.

4.5.5 ETSI

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) es una organización europea de estandarización (98/34/EC). Dicha asociación la componen diferentes fabricantes e industrias en los que se engloba a operadores de redes de telecomunicación, proveedores de servicio, también a la administración, diferentes asociaciones y usuarios. Esta pertenencia de miembros a nivel europeo hace posible una participación directa.

Las especificaciones técnicas de ETSI son rápidamente evaluadas, aprobadas y disponibles para su aplicación. Las especificaciones se publican en 60 días tras su aprobación por los miembros de ETSI. Para llegar a ser un estándar a nivel europeo se deben aplicar y aprobar su uso por las distintas administraciones europeas de estandarización.

Este instituto también proporciona cierta información relacionada con cuestiones técnicas y recomendaciones que pueden ser descargadas sin coste alguno de su servidor web.

Las diferentes recomendaciones que se han realizado por parte del instituto ETSI son:

- EMC del automóvil (ERM TG04)

- Radar del automóvil (ERM TG31b)
- Radar anticollisión (24 GHz y 79 GHz)
- Control de navegación automático (ACC Automatic Cruise Control a 77 GHz)
- Sistemas de transporte inteligente (ITS desarrollado por TG37)
- Pruebas de conformidad para sistemas de comunicaciones DSRC
- Comunicaciones continuas entre:
 - El vehículo y postes laterales en la carretera (5 GHz)
 - Entre vehículos (66 GHz)
 - Por Infrarrojos

5. Conclusiones y propuestas de I+D+i

En este último capítulo se resumen las conclusiones del análisis de benchmarking de equipos electrónicos aplicados al diagnóstico de automóviles disponibles en el mercado, para pasar a identificar las necesidades clave en el ámbito de investigación, desarrollo e innovación de las tecnologías electrónica y de comunicaciones a corto, medio y largo plazo.

5.1 Conclusiones del trabajo

A continuación se puntualizan las conclusiones más importantes que se pueden obtener tras la presentación técnica realizada en los capítulos anteriores:

- La diagnosis se confirma como uno de los conceptos del automóvil en constante evolución, desde los primeros análisis visuales para detectar fallos, con una fuerte componente empírica basada en la experiencia del técnico, hasta los inminentes sistemas de identificación y reparación remota, donde la cantidad de información a manejar sólo podrá ser procesada por modernos sistemas electrónicos.

- Superada la fase primitiva de “prueba y error”, la diagnosis del automóvil se ha convertido en la actualidad en un proceso que se inicia en el registro de fallos por los sistemas embarcados en el vehículo, continúa con la detección automatizada de fuentes de problemas de funcionamiento mediante herramientas electrónicas específicas y termina con la decisión del especialista en las medidas a tomar, y con qué prioridad, para llevar a cabo la reparación.
- Las etapas en la vida de la diagnosis están marcadas por la implantación de los estándares conocidos como OBDs, auspiciados por organismos americanos y posteriormente adaptados al contexto europeo y asiático. Estos estándares surgen de la determinación de organismos como EPA, SAE y CARB por acotar la contaminación derivada de la combustión de carburantes, a lo que respondieron los fabricantes introduciendo la inyección electrónica. Esta primera apuesta por la utilización de la electrónica dio paso a la incorporación de sucesivos controladores electrónicos para optimizar el comportamiento de los diferentes subsistemas del automóvil (tracción, dirección, frenado, confortabilidad, multimedia, etc).
- La introducción de las tecnologías electrónica y de comunicaciones ha permitido desarrollar en paralelo dos funciones importantes, la de control de los diferentes subsistemas y la de diagnosis de los mismos, que con el tiempo se han complementado con otras como ajuste, calibración, mantenimiento y reparación.
- La diagnosis interna, embarcada u On-board, se ocupa, además de detectar, identificar y aislar los defectos de funcionamiento de los sistemas controlados electrónicamente, de señalizarlos convenientemente en el panel de mandos o en monitores específicos, y de memorizar los fallos para exportarlos a herramientas especializadas de diagnosis externa. La creciente

automatización electrónica del automóvil se traduce en un número de unidades de control (ECUs) próximo al centenar en los vehículos fabricados actualmente (ABS, ESP, ETC, ASR, airbag, equipos multimedia, etc.), comunicadas entre sí a través de redes de datos cada vez más rápidas y fiables.

- Por otra parte, la interrelación entre subsistemas y el flujo cruzado de datos es tal que se hace necesario el desarrollo de estrategias de diagnosis propias de inteligencia artificial (sistemas expertos, neuronales, borrosos, etc.), basadas en modelos que permiten comparar los resultados, reales y simulados, de respuesta a las señales de entrada a los diferentes ECUs. Sin embargo, un mal ajuste de la estrategia de diagnosis puede desembocar en falsas alarmas que desorientan al conductor.
- La imparable integración de sistemas electrónicos en el automóvil para cumplir con los estándares de emisión de gases y su diagnóstico, para mejorar sus prestaciones (mayor potencia con consumos más reducidos), y para aumentar la confortabilidad y seguridad del conductor, no deja de estar exenta de motivos de preocupación: por una parte el aumento de fuentes de fallos en el vehículo y por otra la complejidad en el aislamiento, identificación y tratamiento efectivo de los mismos.
- Los sucesivos estándares OBD y EOBD han permitido normalizar la codificación de los fallos detectados por los sistemas de a bordo y con ello la extensión de herramientas específicas para la diagnosis, conocidas como Scantool. Estas herramientas, que se aplican al conector OBD del vehículo mediante un cable específico DLC, cada vez son más versátiles (integración de multímetro, osciloscopio, medidor de gases, etc.) y adaptadas a las nuevas tecnologías (control alámbrico o inalámbrico desde PC con acceso a dispositivos ofimáticos –impresora, fax, red ethernet, etc-).
- Existen Scantool preparadas, además de para tareas de diagnosis, para tareas de reparación, calibración, ajuste y reprogra-

mación de unidades de control embarcadas ECUs. Pero son estas funciones complementarias las que dificultan la homogenización en el diseño de Scantool y la puesta en el mercado de unidades genéricas de aplicación a cualquier tipo de vehículo.

- Con todo, el mercado actual de la diagnosis del automóvil es muy heterogéneo debido fundamentalmente a que coexisten unidades de varias generaciones, desde anteriores al estándar OBD-I hasta los actuales, cuya referencia es el estándar OBD-II, teniendo en cuenta que en ferias especializadas del sector ya pueden verse prototipos con aspectos característicos del OBD-III. Todo ello dificulta en gran medida la uniformidad y estabilidad a medio plazo de los procesos de diagnosis de vehículos.
- En otro plano, el presente de la diagnosis está marcado por la presión que ejercen de una parte los organismos de normalización (SAE e ISO fundamentalmente) que persiguen la implantación de sistemas, técnicas y equipos de diagnosis independientes de la marca del vehículo; y de otra los fabricantes que tratan de defender su know-how en el diseño y desarrollo de los productos, así como asegurarse una cota del servicio postventa (mantenimiento y reparación).
- Las tendencias futuras en el sector industrial del automóvil están condicionadas fundamentalmente por los avances tecnológicos, pero también por factores sociales, medioambientales, económicos, políticos y de infraestructuras.
- Los retos a corto y medio plazo de la diagnosis del automóvil se pueden concretar en:

Apuesta por la integración de las nuevas tecnologías (electrónica y comunicaciones) en los sistemas embarcados y externos de diagnosis, lo que ha de contribuir a mejorar la seguridad del conductor y

facilitar las tareas de mantenimiento y reparación en talleres. En la medida en que los sistemas de control del automóvil sean más fiables se garantizará una mejor diagnosis, un mayor tiempo de vida media sin averías, y tiempos mínimos de reparación en su caso.

Conseguir un equilibrio entre incremento de prestaciones y coste de las herramientas externas de diagnosis. Ello redundará en su uso intensivo y generalizado tanto en los talleres sujetos a marcas concretas como en los independientes.

Apoyo a las instituciones de normalización para evitar lagunas en los estándares publicados y para que garanticen su implantación ajenas a la presión de las fabricantes de vehículos.

Aprovechar la infraestructura tecnológica de la inminente diagnosis remota para otros servicios complementarios como ayuda a la conducción o asistencia en carretera.

- Los avances electrónicos aportarán innovaciones notables no sólo en el campo de la diagnosis, también en el energético y de infraestructura del automóvil con la implantación de los sistemas X-by-wire aplicados a la dirección, freno y gestión del motor. Del mismo modo que las comunicaciones internas con nuevos buses y protocolos, y externas aprovechando las tecnologías en este campo (telefonía móvil UMTS, SmartPhones, PDAs, Bluetooth, DSRC, comunicación por satélite, DVB-T/DAB, Wifi, E-call, etc), aportarán aspectos innovadores en el vehículo del futuro.
- Para mejorar la diagnosis embarcada, se está apostando por la incorporación de técnicas de simulación y emulación propias del diseño electrónico aplicadas al desarrollo, calibración y ajuste de nuevas unidades de control y redes de enlace entre ellas. De la misma forma se tiende a importar estrategias de decisión distribuida propias de disciplinas como el control inteligente, como los sistemas multi-agentes.

- Los dispositivos y tecnologías de acción remota revolucionarán el actual concepto de diagnosis, ofreciendo nuevas funcionalidades como el seguimiento continuo (on-line) del estado del vehículo e incluso de flotas, y por tanto la disponibilidad de actuación inmediata en caso de detección de anomalías.
- El futuro de los talleres de mantenimiento y reparación, especialmente de los independientes, está marcado por una continua inversión en formación, adiestramiento y adaptación, en técnicos y en equipamiento, a las nuevas técnicas de diagnosis.
- Los organismos de estandarización (en Europa: ISO, IEC, ITU y ETSI) tienden a estimular la competencia, reducir costes y riesgos, y aumentar las inversiones seguras en el sector, pero también a implicar y a conseguir puntos de encuentro con los fabricantes de vehículos para potenciar arquitecturas abiertas en los sistemas eléctricos, electrónicos y de comunicación, como es el caso de Autosar.

5.2 Propuestas de I+D+i en la diagnosis del automóvil

Como resultado del estudio de benchmarking de la diagnosis del automóvil realizado, una vez analizada la situación actual y las tendencias en los sistemas electrónicos de a bordo y equipos externos para evaluar el estado del vehículo, y teniendo en cuenta la normativa vigente asociada y las propuestas de armonización, se proponen algunas líneas de investigación-desarrollo-innovación que, a corto, medio y largo plazo, contribuyan a mejorar la tecnología actual en este sector industrial.

5.2.1 Propuestas a corto plazo

En este apartado se incluyen tres propuestas: sistemas de diagnosis remota, evaluación de nuevos buses internos y equipamiento para reconocimiento del estado del vehículo.

Sistemas de diagnosis remota

La aplicación de las tecnologías de la información al ámbito de la diagnosis del automóvil abre dos claras líneas de investigación, por una parte la dedicada a las técnicas de comunicación remota (Smart-Phones, PDAs, DSRC, Gíreles LAN, etc) entre el vehículo y el/los centro/s de gestión externo/s, evaluando aspectos de seguridad, mantenimiento, y calibración y/o ajuste de controladores; y por otra la incorporación de funcionalidades asociadas a la diagnosis como control de tiempo y/o kilometraje de garantía, tiempo de vida media de componentes electrónicos y no electrónicos (mecánicos, fluidos, etc), información de las estaciones de servicio y/o mantenimiento más próximas así como rutas alternativas para llegar a ellas, etc. De esta forma, la optimización de la diagnosis remota, reactiva y preventiva, contribuirá a proporcionar un servicio post-venta rápido y de calidad a los usuarios finales. Ello supone superar retos importantes como riesgos de seguridad y certificación de trabajos, interferencias entre las múltiples tecnologías telemáticas y de comunicaciones que pueden acceder al servicio, o problemas en la identificación de datos procedentes de múltiples fuentes.

Evaluación de nuevos buses internos

En el estudio realizado ha quedado patente que, con el incremento de ECUs embarcadas y la información puesta en juego para su diagnosis, se demandan buses de comunicación internos en el automóvil de más rapidez y seguridad que el bus CAN convencional. La propuesta de trabajo en este campo se concreta en la evaluación de nuevos buses internos, tanto alámbricos (TTP, Flex-Ray, etc) como inalámbricos (infrarrojos y bluetooth fundamentalmente), junto a los protocolos asociados. Además, se deben analizar las implicaciones que desde el punto de vista de compatibilidad electromagnética y seguridad eléctrica existan entre estas redes y los dispositivos a ellas ligadas.

Equipos para reconocimiento del estado del vehículo

Teniendo en cuenta el actual crecimiento del parque de automóviles, sería interesante contar con sistemas portátiles que evaluaran el estado integral del vehículo a nivel técnico y administrativo, más allá de los actuales sistemas de detección de averías, y complementando el análisis de las ITVs. Se podría trabajar en el diseño de equipos no intrusivos en la mecánica del propio vehículo, capaces de evaluar el régimen de aceleración y/o frenado, la temperatura de fluidos, el deterioro del sistema de inyección, la emisión de residuos contaminantes (particularizando para vehículos diesel, gasolina e híbridos), el comportamiento en la conducción del usuario, etc.

En cuanto al aspecto administrativo se puede diseñar un sistema electrónico que, bajo demanda de servicios autorizados (Dirección General de Tráfico e ITVs principalmente), proporcionase de forma remota el certificado del vehículo (fecha de matriculación, histórico de averías, revisiones realizadas, datos del seguro, datos de impuestos vigentes) y de su/sus propietario/s (póliza de seguro, permiso de circulación, DNI, carné de conducir, estado del futuro carné por puntos, etc.)

5.2.2 Propuestas a medio plazo

A medio plazo se plantean tres campos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación tecnológica: diagnóstico de sistemas de ayuda a la navegación, diagnóstico de sistemas de supervisión del comportamiento del conductor y el estado de su entorno, y diseño de interfaz hombre-máquina para información más completa y menos intrusiva al conductor del estado del automóvil.

Diagnóstico de sistemas de ayuda a la navegación

Con la incorporación de herramientas de posicionamiento (GPS) y telemáticas (PDA, telefonía de cuarta generación, etc) al servicio del

automóvil se abre un abanico de posibilidades de desarrollo de aplicaciones para evitar atascos y proponer vías alternativas, clasificar rutas entre puntos de origen y destino en función de la categoría de la carretera o de los servicios disponibles (gasolineras, restaurantes, hoteles, zonas de ocio, etc) o de puntos de interés histórico-cultural, identificación de entrada en grandes ciudades y descarga automática de planos, etc.

Por otra parte, y aprovechando la infraestructura previsible para conexión remota del vehículo con centros de supervisión, diagnosis y/o mantenimiento, sería viable la instalación de sistemas de anticipación y advertencia al conductor de la proximidad a puntos con alto riesgo de accidente (zonas de curvas, cruces de carreteras, entradas a túneles, pasos a nivel, etc), especialmente en los recorridos interurbanos.

Diagnosis de sistemas sensoriales para supervisión del comportamiento del conductor y el estado de su entorno

Si entre los objetivos finales de la diagnosis está el de conseguir una mayor seguridad en la conducción, será necesario además de supervisar el estado del vehículo, supervisar el estado del conductor y de su entorno. Por ello en un futuro próximo se prestará especial atención a los sistemas de ayuda a la conducción automática y sistemas que permitan conocer en cada instante el comportamiento del conductor y el estado del entorno. En relación a este aspecto, la investigación en sistemas sensoriales de a bordo pasa por completar el equipamiento actual del vehículo con nuevos dispositivos que asistan al conductor y controlen su estado de fatiga (nivel de alcoholemia, somnolencia, falta de atención, etc.), además de otros que informen del estado del entorno (uniformidad del piso de la carretera, condiciones climatológicas de riesgo, anticipación a curvas y/o rotondas, etc.). Todos ellos darían lugar a la integración de nuevas ECUs con los correspondientes subsistemas de diagnosis.

Diseño de interfaz hombre-máquina para información más completa al conductor del estado del automóvil

La actual información que recibe el conductor sobre el resultado de diagnóstico interna del automóvil presenta dos problemas, uno es la limitada información que recibe (unas pocas lámparas de mal funcionamiento en el panel de mandos) y otra es la visibilidad no apropiada de las mismas, lo que obliga a desviar la atención de la propia vía de circulación. Para ello se propone diseñar nuevos interfaces hombre-máquina que, o bien mediante mensajes audibles o bien mediante mensaje de texto en pantalla con una ubicación que dificulte menos el seguimiento visual de las tareas primarias de conducción, faciliten una información más completa del estado del vehículo, incluidos aspectos relacionados con la diagnosis como: fallos parciales o intermitentes en alguno de los ECUs, grado de desgaste del sistema de frenado, tiempo límite de funcionamiento de elementos importantes del sistema motriz y directriz, umbral peligroso de niveles de fluidos, etc.

5.2.3 Propuestas a largo plazo

Como futuros trabajos a más largo plazo se apuntan: estrategias de identificación y emulación de fallos, basadas tanto en modelos como en comportamientos, y diagnosis de comportamiento de vehículos en convoy o en flotas coordinadas.

Nuevas estrategias para identificación y emulación de fallos

El incremento de la información proporcionado por los ECUs y su interrelación dificulta en gran medida la toma de decisiones o la fijación del umbral entre lo que es fallo o una falsa alarma. En esta línea se plantea diseñar una arquitectura de sistema multi-agente que, teniendo en cuenta el modelado de los subsistemas y, cuando no sea posible, analizando su comportamiento, aplique técnicas de diagno-

sis distribuida e inteligente. Cada agente residente integrado en cada ECU debe ser capaz de intercambiar información con un agente experto en diagnóstico cuyas funciones fundamentales sean la evaluación cruzada de datos recibida para evitar conflictos entre agentes y la toma de decisiones sobre la diagnosis global del vehículo. Con ello se pretende reducir las actuales tasas de error en la identificación de la/s fuente/s de fallo/s así como los tiempos de respuesta. Para validar las propuestas, como paso previo a la implantación en el automóvil, se plantea recurrir a modernas técnicas de emulación “hardware in the loop” tanto a nivel de subsistema como del comportamiento global del vehículo.

Diagnosis de comportamiento cooperativo de vehículos

El guiado cooperativo de vehículos en convoy o en flotas coordinadas es uno de los retos para superar algunos de los problemas actuales de tráfico como son la congestión, la contaminación, la accidentología o la logística. Con ello el problema de la diagnosis supera el concepto de unidad de transporte y se extiende al conjunto de unidades que operan coordinadas. En la diagnosis de guiado cooperativo aparecen nuevas fuentes de fallos derivadas de: la heterogeneidad en las unidades, las diferentes edades de servicio, los nuevos sistemas sensoriales y de control necesarios para mantener la distancia de seguridad en el caso de convoyes, el gestor de supervisión y distribución de unidades en el caso de flotas, la seguridad en la red de comunicación (medio físico y protocolos) para garantizar la cooperación, la estrategia de reacción ante problemas localizados en alguna de las unidades, etc.

Apéndices

Apéndice I



ECUs FABRICADAS POR BOSCH





A lo largo del presente estudio se han ido comentando diferentes funcionalidades para las unidades de control electrónico (ECU) que se integran en un vehículo.

En la Tabla I.1 se muestran las ECUs más importantes que realiza el fabricante BOSCH las cuales llevan cierto tiempo de implantación en el mercado del automóvil. En la columna de la izquierda se indica el tipo de ECU, en la columna central se describe las funcionalidades de dicha unidad de control y a la derecha una imagen de la misma.

Tipo de ECU, funcionamiento e imagen de la misma

Tabla I.1

Tipo de ECU	Descripción de funcionamiento	Imagen ECU
Transmisión automática	Estas unidades de control electrónico gestionan el funcionamiento de la transmisión automática.	
Carburador electrónico	Estas unidades de control electrónico gestionan el funcionamiento de un carburador electrónico para regular el ralentí, el arran-	

Tipo de ECU	Descripción de funcionamiento	Imagen ECU
	que en frío (más o menos aire) y controlar el paso de combustible.	
Gestión del motor	Incorporan todas las funciones de control y manejo del motor relativas al arranque, y sistema de inyección de combustible. En algunas ECUs se añaden otras funcionalidades como el control de la transmisión automática.	
Control de la inyección	Estas unidades de control electrónico regulan la cantidad de combustible que necesita el motor. Responde a las señales de la ignición, el par motor actual y el número de revoluciones del motor.	
Control de la ignición	Estas unidades de control electrónico permiten programar de manera digital la ignición de la combustión del motor. Incorporan un amplificador y control electrónico del avance y retraso de la chispa.	
Auxiliares	Son aquellas unidades que proporcionan diferentes funcionalidades como pueden ser las unidades de control de la velocidad de cruce, la temporización de la ignición, los amplificadores de energía, etc.	

Apéndice II

ECUs IMPLANTADAS EN VEHÍCULOS BMW Y MERCEDES BENZ

En este apéndice se listan diferentes ECUs , utilizando la terminología del fabricante, que se instalan en modelos de vehículo de las firmas BMW y Mercedes Benz.

II.1 ECUs BMW

Este apartado se dedica a los ECUs específicos de BMW para los controles de: tren motriz, sistema de chasis, y cuerpo del automóvil.

II.1.1. ECUs de control del tren motriz (Powertrain)

ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos Mercedes

Tabla II.1

ECU
Electronic selector level module(EWM211)
Common-Rail Diesel injection(CDI 3 CAN)
Chasis
Tire pressure monitor(TPC)

ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos BMW

Tabla II.2

ECU
Digital Motor Electronics(Dme)
Bms 46
Digital Motor Electronics42(Dme Ms42)
Digital Motor Electronics43(Dme Ms43)
Digital Motor Electronics52(Dme Mss52)
Digital Motor Electronics7.2(Dme Me7.2)
Mss54
Me 9
Digital Diesel Electronics(Dde)
Diesel Electronics3.0(Dde Dde3.0)
Diesel Electronics4(Dde Dde 4)
Digital Diesel Electronics(Dde Eu4)
Electronic Transmission Control(Ags / Egs)
Transmission Control(Egs)
Transmission Control 8.Xx(Egs 8.Xx)
Gs20
Electronic Transmission Control(Ags / Egs/Smg)
Sequential(Smg)
Electronic Drive-Away Protection(Ews)
Gr Cruise Control(Fgr)
Thermal Oil Level Sensor(Toens)
Electronic Engine -Power Control (Eml)
Electronic Battery Isolator Switch (Trs)
Ekp Fuel Pump(Ekp)
Electronic Damper Control(Edc)
Transfer Case(Vtg)
Differential-Lock Awd(Gsa)

II.1.2. ECUs de control del sistema de chasis (chassis)

ECUs dedicadas al control del sistema de chasis para diferentes modelos BMW

Tabla II.3

ECU
Anti-Lock Brake System /Automatic Stability Control(Abs / Asc)
Anti-Lock Brake System Witch Ascmk20(Asc Mk20)
Anti-Lock Brake System Witch Asc/Anti-Lock Braking System With Dsc(Asc/Dsc)
Abs / /Asc / Dsc Anti-Lock Brake System/Stability Controlmk20(Abs Mk20)
Abs / /Asc / Dsc Anti-Lock Brake System/Stability Control Mk4g(Abs Mk4g)
Dynamic Stability Control(Dsc)
Dynamic Stability Control 3(Dsc 3)
Dynamic Stability Control 5.7(Dsc 5.7)
Dynamic Stability Control 8(Dsc 8)
Dynamic Stability Control Mk20(Dsc Mk20)
Dynamic Stability Control Mk60(Dsc Mk60)
Automatic Brake/Differential (All-Wheel Drive)(Abd)
Steering- Angle Sensor (Lew)
Active Cruise Control (Acc)
Electronic Damper Control(Edc)
Electronic Height Control(Ehc E39)
Electronic Height Control(Ehc E53)
Electronic Height Control 2(Ehc 2)
Rpa
Tyre Blowout Warning(Rdw)
Tire Pressure Control(Rdc)
Dds Deflation Detection System (Dds)
Electronic Steering-Column Locking (Elv)
Servotronic(Svt)
Electronic Power Steering (Eps)
Differential-Lock Awd(Gsa)
Active Rear-Axle/Kinematics(Ahk)
Throttle-Valve Control(Ads)

II.1.3. Cuerpo del automóvil (Body)

ECUs dedicadas al control del cuerpo del automóvil para diferentes modelos BMW

Tabla II.4

ECU
Multi-Function Steering Wheel(Mfsw)
Multi-Function Steering Wheel(Mfl)
Multi-Function Steering Wheel(Mfl2)
Multi Information Display(Mid)
On-Board Computer / Mid(Bco / Mid)
On-Board Monitor(Bm)
On-Board Monitor ,Control Panel(Bmbt)
On-Board Computer(Bc)
Nar Navigation Radio(Nar)
Mir Multi-Information Radio(Mir)
Airbag(Ab)
Multiple Restraint System Iii/Iv(Mrsiii/Iv)
Multiple Restraint System V(Mrs V)
Heater-A/C System(Ihk)
Integrated Automatic Heater(Ihka)
Ihkrheater And A/C Control(Ihkr)
Heater -A/C Control(Ihks)
Rear -Compartment A/C Control(Fhk)
Heating Control(Ihr)
Rear Compartment Blower(Fgb)
Rear-Compartment Monitor ,Control Panel(Fmbt)
Rear-Compartment Monitor ,Graphics Section(Fmgt)
Park Heating (Sth)
Cruise Control(Gr)
Cruise Control 2(Gr2)
Lights Module(Lm)
Light Check Module(Lcm)

ECU
Automatic Headlight Vertical Aim Control (Lra)
Automatic Interval Control(Aic)
Rain/Light Sensor(Rls)
Vido Module(Vid)
Vido Module Iii (Vid Iii)
Check Control Module(Ccm)
Boot-Lid Module(Hkm)
Instrument Cluster(Kom)
Instrument Cluster(Ike)
Instrument Cluster(Kombi)
Instrument Clustr(Instr)
Park Distance Control(Pdc)
Radio(Rad)
Digital Sound Processor(Dsp)
Radio Clock(Rcc)
Language-Input System (Ses)
Sliding/Tilting Sunroof Module(Shd)
Seat/Steering – Column Memory(Sm/Lsm)
Steering - Column Memory(Lsm)
Seat Memory, Passenger(Smb)
Switching Center, Center Console(Szm)
Seat Memory , Driver(Smf)
Telephone Interface(Tel)
Basis Interface Telephone(Bit)
Japan Basis Interface Telephone(Jbit)
Telematic Control Unit(Tcu)
Universal Charging And Hands- Free Facility(Ulf)
Cvm Convertible-Top Module(Cvm)
Central Body Electronics(Zke)
Adaptive Directional Headlights(Ahl)

ECU
Central Information Display(Cid)
Smf Seat Memory , Driver(Smf)
Spmft Mirror Memory, Driver(Spmft)
Spmbt Mirror Memory, Passenger(Spmbt)
Urs Rollover Sensor(Urs)
Xenon Lamp , Left(Xen Left)
Xenon Lamp , Right(Xen Right)
Zuh Auxiliary Heater (Zuh)
Double Slid./Tilt. Sunroof(Dshd)
Anti-Theft Alarm System(Dwa)
Multi-Information Display(Fid)
Radio - Control System(Fbzv)
Ir Radio / Infrared Locking System(Ir)
Navigation Computer (Nav)
Navigation Computer li(Nav Mk li)
Navigation Computer lii(Nav Mk lii)
Naj Navigation Computer, Japan(Naj)
Radio(Rad)
Satelite, B-Pilar, Left(Sbsl)
Satellite,B-Pillar,Right(Sbsr)
Satellite,Door,Front Left(Stvl)
Satellite,Door,Front Right(Stvr)
General Module 3/4(Gm"3/4)
General Module 5(Gm5)
Universal Charging And Hands- Free Facility(Ulf)
Safety And Information Module(Sim)
Lnstrument Radio - Lnformation System(Iris)
Lamp Check Module(Lkm)
Light Switching Center(Lsz)
Light Switching Center li (Lsz li)

ECU
Variable Camshaft Control(Vnc)
Electronic Body Module(Ekm)
Top Speed Regulation(Vmx)

II.2 ECUs Mercedes Benz

Este apartado se dedica a los ECUs específicos de Mercedes Benz para el control del tren motriz, del cuerpo del automóvil, para información y comunicación, y otras relacionadas con el sistema de confort.

II.2.1. ECUs de control del tren motriz (Powertrain)

ECUs dedicadas al control del sistema de tren motriz para diferentes modelos Mercedes

Tabla II.5

ECU
Electronic selector level module(EWM211)
Common-Rail Diesel injection(CDI 3 CAN)

II.2.2. ECUs de control del cuerpo (Body)

ECUs dedicadas al control del cuerpo (Body)

Tabla II.6

ECU
Airbag (ARMADA211)
Central gateway(CGW211)
Left front reversible emergency tensioning retractor(RevETR-LF)
Right front reversible emergency tensioning retractor(RevETR-RF)
Electronic ignition switch(EIS) [EZS211]
Headlamp range adjustment(HRA211) [LWR211]
Overhead control panel(OCP) [DBE211]
Overhead control panel(OCP) [DBE220]
Upper control panel(UCP) [OBF211]

ECU
Upper control panel(UCP) [OBF220_CAN]
Lower control panel(LCP) [UBF211]
Driver-side signal acquisition and actuation module (SAM-FL211)
Passenger-side signal acquisition and actuation module(SAM-FR211)
Rear signal acquisition and actuation module (REAR-SAM211)
Battery control module(BCM) [BSG211]
Trailer recognition(AHE) [AAG211]
Special vehicle multifunction control module (SVMCM) [MSS211]

II.2.3. ECUs para información y comunicación

ECUs dedicadas al control del sistema de información y comunicación

Tabla II.7

ECU
Instrument cluster module (ICM) [KI211]
Active Service System (ASSYST)
PLUS Active Service System (ASSYST PLUS)
Steering column module (SCM211)
Parktronic (PTS211)
Audio, video, navigation and telematics
Audio, video, navigation and telematics
Navigation (Only in connection with COMAND) (Not valid for Japan) (NAVI)
Telematic services WAP, E-mail, Mercedes-Benz Portal (MB Portal)
Voice control, hands-free system and microphones (Not valid for Japan)(VCS)
Satellite radio (USA)(SDAR)

II.2.4. ECUs relacionadas con el confort

ECUs dedicadas al control del sistema de confort

Tabla II.8

ECU
Front-left door control module(DCM-FL) [TSGVL211]
Front-right door control module(DCM-FR) [TSGVR211]
Driver electric seat adjustment (SSGF211)
Passenger electric seat adjustment(SSGB211)
ESA driver - Electric seat adjustment driver (with memory) (ESA - driver)
ESA passenger - Electric seat adjustment front passenger (with memory) (ESA - passenger)
Left front dynamic seat(DS-LF)
Right front dynamic seat(DS-RF)
Left front dynamic seat(DS-LF)
Pneumatic pump for dynamic seat(DSP220)
Trunk lid control(TLC211)
Stationary heater(STH) [STH211]
Stationary heater(STH) [STH220_CAN]
Automatic air conditioning(AAC) [KLA211]

Apéndice III

CÓDIGOS DE DIAGNÓSTICO DE FALLOS

Códigos de diagnóstico de fallo DTC relacionados con el tren motriz

Tabla III.I

Código P	Descripción
P0100	Mass or Volume Air Flow Circuit Malfunction
P0101	Mass or Volume Air Flow Circuit Range/Performance Problem
P0102	Mass or Volume Air Flow Circuit Low Input
P0103	Mass or Volume Air Flow Circuit High Input
P0104	Mass or Volume Air Flow Circuit Intermittent
P0105	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Malfunction
P0106	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Range/Performance Problem
P0107	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input
P0108	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit High Input
P0109	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Intermittent
P0109	Intake Air Temperature Circuit Malfunction
P0111	Intake Air Temperature Circuit Range/Performance Problem
P0112	Intake Air Temperature Circuit Low Input
P0113	Intake Air Temperature Circuit High Input

Código P	Descripción
P0114	Intake Air Temperature Circuit Intermittent
P0115	Engine Coolant Temperature Circuit Malfunction
P0116	Engine Coolant Temperature Circuit Range/Performance Problem
P0117	Engine Coolant Temperature Circuit Low Input
P0118	Engine Coolant Temperature Circuit High Input
P0119	Engine Coolant Temperature Circuit Intermittent
P0120	Throttle/Petal Position Sensor/Switch A Circuit Malfunction
P0121	Throttle/Petal Position Sensor/Switch A Circuit Range/Performance Problem
P0122	Throttle/Petal Position Sensor/Switch A Circuit Low Input
P0123	Throttle/Petal Position Sensor/Switch A Circuit High Input
P0124	Throttle/Petal Position Sensor/Switch A Circuit Intermittent
P0125	Insufficient Coolant Temperature for Closed Loop Fuel Control
P0126	Insufficient Coolant Temperature for Stable Operation
P0130	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
P0131	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 1)
P0132	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 1)
P0133	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1)
P0134	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 1)
P0135	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
P0136	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 2)
P0137	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 2)
P0138	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 2)
P0139	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 2)
P0140	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 2)
P0141	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 2)
P0142	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 3)
P0143	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 3)
P0144	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 3)
P0145	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 3)

Código P	Descripción
P0146	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 3)
P0147	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 3)
P0150	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 1)
P0151	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 1)
P0152	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 1)
P0153	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 1)
P0154	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 1)
P0155	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 1)
P0156	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 2)
P0157	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 2)
P0158	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 2)
P0159	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 2)
P0160	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 2)
P0161	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 2)
P0162	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 3)
P0163	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 3)
P0164	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 3)
P0165	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 3)
P0166	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 3)
P0167	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 3)
P0170	Fuel Trim Malfunction (Bank 1)
P0171	System too Lean (Bank 1)
P0172	System too Rich (Bank 1)
P0173	Fuel Trim Malfunction (Bank 2)
P0174	System too Lean (Bank 2)
P0175	System too Rich (Bank 2)
P0176	Fuel Composition Sensor Circuit Malfunction
P0177	Fuel Composition Sensor Circuit Range/Performance
P0178	Fuel Composition Sensor Circuit Low Input

Código P	Descripción
P0179	Fuel Composition Sensor Circuit High Input
P0180	Fuel Temperature Sensor A Circuit Malfunction
P0181	Fuel Temperature Sensor A Circuit Range/Performance
P0182	Fuel Temperature Sensor A Circuit Low Input
P0183	Fuel Temperature Sensor A Circuit High Input
P0184	Fuel Temperature Sensor A Circuit Intermittent
P0185	Fuel Temperature Sensor B Circuit Malfunction
P0186	Fuel Temperature Sensor B Circuit Range/Performance
P0187	Fuel Temperature Sensor B Circuit Low Input
P0188	Fuel Temperature Sensor B Circuit High Input
P0189	Fuel Temperature Sensor B Circuit Intermittent
P0190	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0191	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0192	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Low Input
P0193	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit High Input
P0194	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Intermittent
P0195	Engine Oil Temperature Sensor Malfunction
P0196	Engine Oil Temperature Sensor Range/Performance
P0197	Engine Oil Temperature Sensor Low
P0198	Engine Oil Temperature Sensor High
P0199	Engine Oil Temperature Sensor Intermittent
P0200	Injector Circuit Malfunction
P0201	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 1
P0202	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 2
P0203	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 3
P0204	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 4
P0205	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 5
P0206	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 6
P0207	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 7

Código P	Descripción
P0208	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 8
P0209	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 9
P0210	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 10
P0211	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 11
P0212	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 12
P0213	Cold Start Injector 1 Malfunction
P0214	Cold Start Injector 2 Malfunction
P0215	Engine Shutoff Solenoid Malfunction
P0216	Injection Timing Control Circuit Malfunction
P0217	Engine Overtemp Condition
P0218	Transmission Over Temperature Condition
P0219	Engine Overspeed Condition
P0220	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Malfunction
P0221	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Range/Performance Problem
P0222	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Low Input
P0223	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit High Input
P0224	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Intermittent
P0225	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Malfunction
P0226	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Range/Performance Problem
P0227	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Low Input
P0228	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit High Input
P0229	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Intermittent
P0230	Fuel Pump Primary Circuit Malfunction
P0231	Fuel Pump Secondary Circuit Low
P0232	Fuel Pump Secondary Circuit High
P0233	Fuel Pump Secondary Circuit Intermittent
P0234	Engine Overboost Condition
P0235	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Malfunction
P0236	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Range/Performance

Código P	Descripción
P0237	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Low
P0238	Turbocharger Boost Sensor A Circuit High
P0239	Turbocharger Boost Sensor B Malfunction
P0240	Turbocharger Boost Sensor B Circuit Range/Performance
P0241	Turbocharger Boost Sensor B Circuit Low
P0242	Turbocharger Boost Sensor B Circuit High
P0243	Turbocharger Wastegate Solenoid A Malfunction
P0244	Turbocharger Wastegate Solenoid A Range/Performance
P0245	Turbocharger Wastegate Solenoid A Low
P0246	Turbocharger Wastegate Solenoid A High
P0247	Turbocharger Wastegate Solenoid B Malfunction
P0248	Turbocharger Wastegate Solenoid B Range/Performance
P0249	Turbocharger Wastegate Solenoid B Low
P0250	Turbocharger Wastegate Solenoid B High
P0251	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Malfunction (Cam/Rotor/Injector)
P0252	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Range/Performance (Cam/Rotor/Injector)
P0253	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Low (Cam/Rotor/Injector)
P0254	Injection Pump Fuel Metering Control "A" High (Cam/Rotor/Injector)
P0255	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Intermittent (Cam/Rotor/Injector)
P0256	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Malfunction (Cam/Rotor/Injector)
P0257	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Range/Performance (Cam/Rotor/Injector)
P0258	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Low (Cam/Rotor/Injector)
P0259	Injection Pump Fuel Metering Control "B" High (Cam/Rotor/Injector)
P0260	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Intermittent (Cam/Rotor/Injector)
P0261	Cylinder 1 Injector Circuit Low
P0262	Cylinder 1 Injector Circuit High
P0263	Cylinder 1 Contribution/Balance Fault
P0264	Cylinder 2 Injector Circuit Low
P0265	Cylinder 2 Injector Circuit High

Código P	Descripción
P0266	Cylinder 2 Contribution/Balance Fault
P0267	Cylinder 3 Injector Circuit Low
P0268	Cylinder 3 Injector Circuit High
P0269	Cylinder 3 Contribution/Balance Fault
P0270	Cylinder 4 Injector Circuit Low
P0271	Cylinder 4 Injector Circuit High
P0272	Cylinder 4 Contribution/Balance Fault
P0273	Cylinder 5 Injector Circuit Low
P0274	Cylinder 5 Injector Circuit High
P0275	Cylinder 5 Contribution/Balance Fault
P0276	Cylinder 6 Injector Circuit Low
P0277	Cylinder 6 Injector Circuit High
P0278	Cylinder 6 Contribution/Balance Fault
P0279	Cylinder 7 Injector Circuit Low
P0280	Cylinder 7 Injector Circuit High
P0281	Cylinder 7 Contribution/Balance Fault
P0282	Cylinder 8 Injector Circuit Low
P0283	Cylinder 8 Injector Circuit High
P0284	Cylinder 8 Contribution/Balance Fault
P0285	Cylinder 9 Injector Circuit Low
P0286	Cylinder 9 Injector Circuit High
P0287	Cylinder 9 Contribution/Balance Fault
P0288	Cylinder 10 Injector Circuit Low
P0289	Cylinder 10 Injector Circuit High
P0290	Cylinder 10 Contribution/Balance Fault
P0291	Cylinder 11 Injector Circuit Low
P0292	Cylinder 11 Injector Circuit High
P0293	Cylinder 11 Contribution/Balance Fault
P0294	Cylinder 12 Injector Circuit Low

Código P	Descripción
P0295	Cylinder 12 Injector Circuit High
P0296	Cylinder 12 Contribution/Range Fault
P0300	Random/Multiple Cylinder Misfire Detected
P0301	Cylinder 1 Misfire Detected
P0302	Cylinder 2 Misfire Detected
P0303	Cylinder 3 Misfire Detected
P0304	Cylinder 4 Misfire Detected
P0305	Cylinder 5 Misfire Detected
P0306	Cylinder 6 Misfire Detected
P0307	Cylinder 7 Misfire Detected
P0308	Cylinder 8 Misfire Detected
P0309	Cylinder 9 Misfire Detected
P0311	Cylinder 11 Misfire Detected
P0312	Cylinder 12 Misfire Detected
P0320	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Malfunction
P0321	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Range/Performance
P0322	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit No Signal
P0323	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Intermittent
P0325	Knock Sensor 1 Circuit Malfunction (Bank 1 or Single Sensor)
P0326	Knock Sensor 1 Circuit Range/Performance (Bank 1 or Single Sensor)
P0327	Knock Sensor 1 Circuit Low Input (Bank 1 or Single Sensor)
P0328	Knock Sensor 1 Circuit High Input (Bank 1 or Single Sensor)
P0329	Knock Sensor 1 Circuit Intermittent (Bank 1 or Single Sensor)
P0330	Knock Sensor 2 Circuit Malfunction (Bank 2)
P0331	Knock Sensor 2 Circuit Range/Performance (Bank 2)
P0332	Knock Sensor 2 Circuit Low Input (Bank 2)
P0333	Knock Sensor 2 Circuit High Input (Bank 2)
P0334	Knock Sensor 2 Circuit Intermittent (Bank 2)
P0335	Crankshaft Position Sensor A Circuit Malfunction

Código P	Descripción
P0336	Crankshaft Position Sensor A Circuit Range/Performance
P0337	Crankshaft Position Sensor A Circuit Low Input
P0338	Crankshaft Position Sensor A Circuit High Input
P0339	Crankshaft Position Sensor A Circuit Intermittent
P0340	Camshaft Position Sensor Circuit Malfunction
P0341	Camshaft Position Sensor Circuit Range/Performance
P0342	Camshaft Position Sensor Circuit Low Input
P0343	Camshaft Position Sensor Circuit High Input
P0344	Camshaft Position Sensor Circuit Intermittent
P0350	Ignition Coil Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0351	Ignition Coil A Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0352	Ignition Coil B Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0353	Ignition Coil C Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0354	Ignition Coil D Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0355	Ignition Coil E Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0356	Ignition Coil F Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0357	Ignition Coil G Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0358	Ignition Coil H Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0359	Ignition Coil I Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0360	Ignition Coil J Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0361	Ignition Coil K Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0362	Ignition Coil L Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0370	Timing Reference High Resolution Signal A Malfunction
P0371	Timing Reference High Resolution Signal A Too Many Pulses
P0372	Timing Reference High Resolution Signal A Too Few Pulses
P0373	Timing Reference High Resolution Signal A Intermittent/Erratic Pulses
P0374	Timing Reference High Resolution Signal A No Pulses
P0375	Timing Reference High Resolution Signal B Malfunction
P0376	Timing Reference High Resolution Signal B Too Many Pulses

Código P	Descripción
P0377	Timing Reference High Resolution Signal B Too Few Pulses
P0378	Timing Reference High Resolution Signal B Intermittent/Erratic Pulses
P0379	Timing Reference High Resolution Signal B No Pulses
P0380	Glow Plug/Heater Circuit "A" Malfunction
P0381	Glow Plug/Heater Indicator Circuit Malfunction
P0382	Exhaust Gas Recirculation Flow Malfunction
P0385	Crankshaft Position Sensor B Circuit Malfunction
P0386	Crankshaft Position Sensor B Circuit Range/Performance
P0387	Crankshaft Position Sensor B Circuit Low Input
P0388	Crankshaft Position Sensor B Circuit High Input
P0389	Crankshaft Position Sensor B Circuit Intermittent
P0400	Exhaust Gas Recirculation Flow Malfunction
P0401	Exhaust Gas Recirculation Flow Insufficient Detected
P0402	Exhaust Gas Recirculation Flow Excessive Detected
P0403	Exhaust Gas Recirculation Circuit Malfunction
P0404	Exhaust Gas Recirculation Circuit Range/Performance
P0405	Exhaust Gas Recirculation Sensor A Circuit Low
P0406	Exhaust Gas Recirculation Sensor A Circuit High
P0407	Exhaust Gas Recirculation Sensor B Circuit Low
P0408	Exhaust Gas Recirculation Sensor B Circuit High
P0410	Secondary Air Injection System Malfunction
P0411	Secondary Air Injection System Incorrect Flow Detected
P0412	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Malfunction
P0413	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Open
P0414	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Shorted
P0415	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Malfunction
P0416	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Open
P0417	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Shorted
P0418	Secondary Air Injection System Relay "A" Circuit Malfunction

Código P	Descripción
P0419	Secondary Air Injection System Relay "B" Circuit Malfunction
P0420	Catalyst System Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0421	Warm Up Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0422	Main Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0423	Heated Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0424	Heated Catalyst Temperature Below Threshold (Bank 1)
P0430	Catalyst System Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0431	Warm Up Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0432	Main Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0433	Heated Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0434	Heated Catalyst Temperature Below Threshold (Bank 2)
P0440	Evaporative Emission Control System Malfunction
P0441	Evaporative Emission Control System Incorrect Purge Flow
P0442	Evaporative Emission Control System Leak Detected (small leak)
P0443	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Malfunction
P0444	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Open
P0445	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Shorted
P0446	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Malfunction
P0447	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Open
P0448	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Shorted
P0449	Evaporative Emission Control System Vent Valve/Solenoid Circuit Malfunction
P0450	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Malfunction
P0451	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Range/Performance
P0452	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Low Input
P0453	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor High Input
P0454	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Intermittent
P0455	Evaporative Emission Control System Leak Detected (gross leak)
P0460	Fuel Level Sensor Circuit Malfunction
P0461	Fuel Level Sensor Circuit Range/Performance

Código P	Descripción
P0462	Fuel Level Sensor Circuit Low Input
P0463	Fuel Level Sensor Circuit High Input
P0464	Fuel Level Sensor Circuit Intermittent
P0465	Purge Flow Sensor Circuit Malfunction
P0466	Purge Flow Sensor Circuit Range/Performance
P0467	Purge Flow Sensor Circuit Low Input
P0468	Purge Flow Sensor Circuit High Input
P0469	Purge Flow Sensor Circuit Intermittent
P0470	Exhaust Pressure Sensor Malfunction
P0471	Exhaust Pressure Sensor Range/Performance
P0472	Exhaust Pressure Sensor Low
P0473	Exhaust Pressure Sensor High
P0474	Exhaust Pressure Sensor Intermittent
P0475	Exhaust Pressure Control Valve Malfunction
P0476	Exhaust Pressure Control Valve Range/Performance
P0477	Exhaust Pressure Control Valve Low
P0478	Exhaust Pressure Control Valve High
P0479	Exhaust Pressure Control Valve Intermittent
P0480	Cooling Fan 1 Control Circuit Malfunction
P0481	Cooling Fan 2 Control Circuit Malfunction
P0482	Cooling Fan 3 Control Circuit Malfunction
P0483	Cooling Fan Rationality Check Malfunction
P0484	Cooling Fan Circuit Over Current
P0485	Cooling Fan Power/Ground Circuit Malfunction
P0500	Vehicle Speed Sensor Malfunction
P0501	Vehicle Speed Sensor Range/Performance
P0502	Vehicle Speed Sensor Low Input
P0503	Vehicle Speed Sensor Intermittent/Erratic/High
P0505	Idle Control System Malfunction

Código P	Descripción
P0506	Idle Control System RPM Lower Than Expected
P0507	Idle Control System RPM Higher Than Expected
P0510	Closed Throttle Position Switch Malfunction
P0520	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Malfunction
P0521	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Range/Performance
P0522	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Low Voltage
P0523	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit High Voltage
P0530	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0531	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0532	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Low Input
P0533	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit High Input
P0534	Air Conditioner Refrigerant Charge Loss
P0550	Power Steering Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0551	Power Steering Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0552	Power Steering Pressure Sensor Circuit Low Input
P0553	Power Steering Pressure Sensor Circuit High Input
P0554	Power Steering Pressure Sensor Circuit Intermittent
P0560	System Voltage Malfunction
P0561	System Voltage Unstable
P0562	System Voltage Low
P0563	System Voltage High
P0565	Cruise Control On Signal Malfunction
P0566	Cruise Control Off Signal Malfunction
P0567	Cruise Control Resume Signal Malfunction
P0568	Cruise Control Set Signal Malfunction
P0569	Cruise Control Coast Signal Malfunction
P0570	Cruise Control Accel Signal Malfunction
P0571	Cruise Control/Brake Switch A Circuit Malfunction
P0572	Cruise Control/Brake Switch A Circuit Low

Código P	Descripción
P0573	Cruise Control/Brake Switch A Circuit High
P0574	Cruise Control Related Malfunction
P0575	Cruise Control Related Malfunction
P0576	Cruise Control Related Malfunction
P0576	Cruise Control Related Malfunction
P0578	Cruise Control Related Malfunction
P0579	Cruise Control Related Malfunction
P0580	Cruise Control Related Malfunction
P0600	Serial Communication Link Malfunction
P0601	Internal Control Module Memory Check Sum Error
P0602	Control Module Programming Error
P0603	Internal Control Module Keep Alive Memory (KAM) Error
P0604	Internal Control Module Random Access Memory (RAM) Error
P0605	Internal Control Module Read Only Memory (ROM) Error
P0606	PCM Processor Fault
P0608	Control Module VSS Output "A" Malfunction
P0609	Control Module VSS Output "B" Malfunction
P0620	Generator Control Circuit Malfunction
P0621	Generator Lamp "L" Control Circuit Malfunction
P0622	Generator Field "F" Control Circuit Malfunction
P0650	Malfunction Indicator Lamp (MIL) Control Circuit Malfunction
P0654	Engine RPM Output Circuit Malfunction
P0655	Engine Hot Lamp Output Control Circuit Malfunction
P0656	Fuel Level Output Circuit Malfunction
P0700	Transmission Control System Malfunction
P0701	Transmission Control System Range/Performance
P0702	Transmission Control System Electrical
P0703	Torque Converter/Brake Switch B Circuit Malfunction
P0704	Clutch Switch Input Circuit Malfunction

Código P	Descripción
P0705	Transmission Range Sensor Circuit malfunction (PRNDL Input)
P0706	Transmission Range Sensor Circuit Range/Performance
P0707	Transmission Range Sensor Circuit Low Input
P0708	Transmission Range Sensor Circuit High Input
P0709	Transmission Range Sensor Circuit Intermittent
P0710	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Malfunction
P0711	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Range/Performance
P0712	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Low Input
P0713	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit High Input
P0714	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Intermittent
P0715	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Malfunction
P0716	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Range/Performance
P0717	Input/Turbine Speed Sensor Circuit No Signal
P0718	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Intermittent
P0719	Torque Converter/Brake Switch B Circuit Low
P0720	Output Speed Sensor Circuit Malfunction
P0721	Output Speed Sensor Range/Performance
P0722	Output Speed Sensor No Signal
P0723	Output Speed Sensor Intermittent
P0724	Torque Converter/Brake Switch B Circuit High
P0725	Engine Speed input Circuit Malfunction
P0726	Engine Speed Input Circuit Range/Performance
P0727	Engine Speed Input Circuit No Signal
P0728	Engine Speed Input Circuit Intermittent
P0730	Incorrect Gear Ratio
P0731	Gear 1 Incorrect ratio
P0732	Gear 2 Incorrect ratio
P0733	Gear 3 Incorrect ratio
P0734	Gear 4 Incorrect ratio

Código P	Descripción
P0735	Gear 5 Incorrect ratio
P0736	Reverse incorrect gear ratio
P0740	Torque Converter Clutch Circuit Malfunction
P0741	Torque Converter Clutch Circuit Performance or Stuck Off
P0742	Torque Converter Clutch Circuit Stuck On
P0743	Torque Converter Clutch Circuit Electrical
P0744	Torque Converter Clutch Circuit Intermittent
P0745	Pressure Control Solenoid Malfunction
P0746	Pressure Control Solenoid Performance or Stuck Off
P0747	Pressure Control Solenoid Stuck On
P0748	Pressure Control Solenoid Electrical
P0749	Pressure Control Solenoid Intermittent
P0750	Shift Solenoid A Malfunction
P0751	Shift Solenoid A Performance or Stuck Off
P0752	Shift Solenoid A Stuck On
P0753	Shift Solenoid A Electrical
P0754	Shift Solenoid A Intermittent
P0755	Shift Solenoid B Malfunction
P0756	Shift Solenoid B Performance or Stuck Off
P0757	Shift Solenoid B Stuck On
P0758	Shift Solenoid B Electrical
P0759	Shift Solenoid B Intermittent
P0760	Shift Solenoid C Malfunction
P0761	Shift Solenoid C Performance or Stuck Off
P0762	Shift Solenoid C Stuck On
P0763	Shift Solenoid C Electrical
P0764	Shift Solenoid C Intermittent
P0765	Shift Solenoid D Malfunction
P0766	Shift Solenoid D Performance or Stuck Off

Código P	Descripción
P0767	Shift Solenoid D Stuck On
P0768	Shift Solenoid D Electrical
P0769	Shift Solenoid D Intermittent
P0770	Shift Solenoid E Malfunction
P0771	Shift Solenoid E Performance or Stuck Off
P0772	Shift Solenoid E Stuck On
P0773	Shift Solenoid E Electrical
P0774	Shift Solenoid E Intermittent
P0780	Shift Malfunction
P0781	1-2 Shift Malfunction
P0782	2-3 Shift Malfunction
P0783	3-4 Shift Malfunction
P0784	4-5 Shift Malfunction
P0785	Shift/Timing Solenoid Malfunction
P0786	Shift/Timing Solenoid Range/Performance
P0787	Shift/Timing Solenoid Low
P0788	Shift/Timing Solenoid High
P0789	Shift/Timing Solenoid Intermittent
P0790	Normal/Performance Switch Circuit Malfunction
P0801	Reverse Inhibit Control Circuit Malfunction
P0803	1-4 Upshift (Skip Shift) Solenoid Control Circuit Malfunction
P0804	1-4 Upshift (Skip Shift) Lamp Control Circuit Malfunction

Apéndice IV

SCANTOOLS COMERCIALES

En este apéndice se va a realizar una rápida descripción con las características principales, funcionalidades generales y específicas de las que constan los siguientes equipos Scantool:

- EZ-Link OBD II Scanner
- OBDI/OBD II Windows Based Scan Tool
- OBD II Hand Held QuikCode
- PST500
- OTC Mindreader OBD II
- The Mastertech, Tech 1A, Tech 1
- Pro-link Plus, hand held scan tool and GRC Cartridge
- OBD2SCAN Automotive Diagnostic Software for Windows
- Datascan CS2000
- OttoScan
- AutoTap OBD II Diagnostic Scanners: Models: AT1, AT2, AT12.
- OTC Monitor 4000 Enhanced
- Genisys
- Determinator Scan System
- Kal OBD II System Tester - KM9615
- BDM Pro
- Bosch KTS 550

Tipo de equipo	Nombre del equipo	Descripción	Fabricante	Página web
Hand Held Scan Tool	EZ-Link OBD II Scanner	MicroProcesador OBD II de 32-BIT, Windows 95/98 capable, Asian OBD II support, European OBD II support, Domestic OBD II support, Freeze frame data, Oxygen sensor readiness tests, sensor capture	AUTOXRAY	www.autocheckup.com
PC Based Scan Tool	OBD/OBD II Windows Based Scan Tool	Two versions. 1) Professional version, completely PC based and not dependent on any other diagnostic equipment for its operation, real-time data grid, real-time graphing, meters, bar graphs, read and clear stored and pending DTCs, freeze frame and MIL et	Ease Diagnostics	www.items.com/autoxray/ezlink.htm
Hand Held Scan Tool	OBD II Hand Held QuickCode	Retrieves and clears all generic and manufacturer-specific DTCs for OBD II compliant Domestic, Asian and European vehicles. Supports OBD II communication interfaces - ISO 9141-2, SAE J1850, ISO 14230 (KWP 2000), VPW 10.4KB, PWM 41.6 KB	Ease Diagnostics	www.items.com/autoxray/ezlink.htm
Hand Held Scan Tool	PST500	Works with all OBD II compliant vehicles. Only one cable required to interface to the vehicle. The 10 line display is completely menu driven and included built-in help screens. Can read and clear trouble codes, look at live data and perform it	Interro Systems, Inc.	www.interro.com

Tipo de equipo	Nombre del equipo	Descripción	Fabricante	Página web
Hand Held Scan Tool	OTC Mindreader OBD II	Records and plays back diagnostic data, carries a 3 year warranty, provides troubleshooting capabilities including freeze frame, readiness tests, continuous monitors on domestic as well as Asian and European imports which conform to OBD II Generic standard	NTX, INC., Network Tool Warehouse	www.ntxtools.com
Hand Held Scan Tool	The MasterTech, Tech 1A, Tech 1	All Vetronix hand held testers (MasterTech, Tech 1A, Tech 1) can function as OBD II scan tools. The circuitry and adapters required to access OBD II are dependent on the tester being used. Review information on website for specifics.	Vetronix Corporation	www.vetronix.com
Hand Held Scan Tool	Pro-link Plus, hand held scan tool and GRC Cartridge	Provides real-time vehicle data, diagnostic information and on-screen trouble code definitions. Has enhanced coverage for 1997 and prior year Ford, GM and Chrysler and is equipped to work with light, medium and heavy duty vehicles. Lets you record data	NEXIQ Technologies	www.nexiq.com
PC Based Scan Tool	OBD2SCAN Automotive Diagnostic Software for Windows	Turns IBM PC compatible computer into an OBD II scanner for ISO 9141 and SAE VPW equipped vehicles including German, Swedish, Asian, Chrysler and GM vehicles. Includes explanations for proprietary codes reserved by the OEM. Features: Pid Status, Fre	Baum Tools	www.baumtools.com

Tipo de equipo	Nombre del equipo	Descripción	Fabricante	Página web
Proprietary European and Asian Hand Held Scan Tool	Datascan CS2000	Factory level diagnostic tool for BMW, Mercedes, VW/Audi, Volvo, Mitsubishi, Toyota and Nissan automobiles from 1988 to 2000 model year. Proprietary factory live data stream, fault code read/reset, sensor wave graphing, and activation of components. Me	Baum Tools	www.baumtools.com
Palm Operating System Based Scan Tool	OttoScan	A fully functioning OBD II scanner for the Palm or Handspring Visor PDA. Compatible with European, Domestic and Asian makes and models. Has status screens for: Readiness status, freeze frame, read live data, compare two graphic recordings, diagnostic t	Baum Tools	www.baumtools.com
PC Based Scan Tool	AutoTap OBD II Diagnostic Scanners. Models: AT1, AT2, AT12.		B & B Electronics	www.autotap.com
Hand Held Scan Tool	OTC Monitor 4000 Enhanced		SPX Corporation	www.spxtools.com
Hand Held Scan Tool	GeniSYS		SPX Corporation	www.otctools.com
Hand Held Scan Tool	Determinator Scan System		Matco Tools	www.matcotools.com

Tipo de equipo	Nombre del equipo	Descripción	Fabricante	Página web
Hand Held Scan tool	Kal OBD II System Tester KM9615	Tool form performing generic OD II system diagnostics on all OBD II compliant (equipped with J1962 diagnostic connector) vehicles: domestic, Asian, European. Additionally, HBCC, DLCP and ISO communications systems are supported by this tester. On-line.	Actron	www.actron.com
Hand Held Scan tool	BDM Pro	3 in 1: Diagnostic scantool, 2 channel osillos COPE and DVOM. Enhanced Powertrain coverage from 1981-2000 from GM, Ford and Chrysler with in depth OEM parameter, device controls, bi-directional function and actuator tests, trouble codes, OEM special test	Blue Streak Electronics	www.bsecorp.com
Palm Operating System Based Scan tool	CJ-II	A Generic OBD II scan tool appropriate for professional technicians and do-it-yourselfers who own a Palm or Handspring Personal Digital Assistant. Use the CJ-II to retrieve vehicle engine operational parameters and diagnostic information from OBD II.	Automotive electronic Services 8AES)	www.aeswave.com
<p>También los propios fabricantes de coches proporcionan herramientas de diagnosis. Dichas herramientas al proceder directamente del fabricante tienen un valor de seguridad y fiabilidad añadido que con la normalización y estandarización de los sistemas está viéndose reducido con respecto a los productos de terceros fabricantes.</p>				

Vehículo	AutoXray EZ-Link	Actron ScanTool		OTC Miniresader	OTC Enhanced Monitor		Snap-On Super Deluxe
1987 Buick LeSabre	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 4 Borrarr Códigos 4 Captura digital 3 Autodiagnostico	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 4 Borrarr Códigos 4 Captura digital 3 Autoconfigurable 2 Modo servicio de campo 3 Tool self test 3 Code lookup	-3 -3/-2 3 4 4 2 3 3	5 Códigos de falla 5 Línea de Datos 3 Borrarr códigos 4 Captura digital 4 Autoconfigurable 2 Modo servicio de campo 2 Ajuste de combustible 2 ALCL	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 3 Borrarr Códigos 4 Captura digital 4 Autoconfigurable 2 Modo de servicio de campo 2 Ajuste de combustible 2 Ajuste y chequeo de TPS 4 Procedimiento de Reparación 5 Prueba de camuro 4 Diagnostico LED 1 ID Prom 5 Especificaciones de Motor 3 Procedimiento de reparación	5 5 3 4 4 2 2 2 4 5 4 1 5 5	5 Códigos de Falla 5 Línea de datos 4 Compatible con PC 4 Captura digital 4 Autoconfigurable 2 Modo de servicio de campo 2 Ajuste de combustible 2 Ajuste y chequeo de TPS 4 Procedimiento de Reparación 5 Prueba de camuro 4 Diagnostico LED
1990 Dodge Ram 250	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrarr Códigos 5 Reseteo EMR 4 Compatible con PC 4 Captura digital 3 Autodiagnostico	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrarr Códigos 5 Reseteo EMR 4 Code lookup 4 Captura digital 3 Prueba de interruptores 5 Prueba de Actuadores 5 Prueba de marcha mínima 4 Prueba de Sensores 3 Controller info 3 Tool self test	3 -3 5 5 3 4 5 5 5 4 3 3	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrarr Códigos 5 Reseteo EMR 5 Prueba I/O 4 Captura digital 5 Prueba AIS 5 Prueba de Actuadores 5 Prueba de Interruptores 1 Historial de códigos	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrarr Códigos 5 Reseteo EMR 4 Compatible con PC 4 Captura digital 5 Prueba AIS 5 Prueba de Actuadores 5 Prueba de Interruptores 4 Prueba de Marcha Mínima 3 Prueba de Presión de Combustible 4 Procedimiento de Reparación 5 ABS 1 Control de Cruce 1 Sistema CCD 3 Revision Auto ID	5 5 5 5 4 4 5 5 5 4 3 4 5 5	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Códigos de Falla 5 Reseteo EMR 4 Compatible con PC 4 Captura digital 5 Prueba AIS 5 Prueba de Actuadores 5 Prueba de Interruptores 4 Prueba de Marcha Mínima 3 Prueba de Presión de Combustible 4 Procedimiento de Reparación 5 ABS 1 Control de Cruce 1 Sistema CCD 3 Revision Auto ID
Claves Incompleto Perdió Datos El equipo no realizó la función	-3 -2 -1	No Usó Usado muy poco Algunas veces usó	1 2 3	Unl Muy Unl	4 5		

Vehículo	AutoXray EZ-Link	Action ScanTool	OTC Mindreader	OTC Enhanced Monitor	Snap-On Super Deluxe
1985 Ford Thunderbird	KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Auto diagnóstico	KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Prueba de Interruptores Star test mode Code lookup Tool self test	KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Prueba de Interruptores Star test mode Tuning test Prueba Bomba de Combustible	KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Prueba de Interruptores Star test mode Tuning test Prueba Bomba de Combustible Procedimiento de Reparación Especificaciones de Motor	KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Prueba de Interruptores Star test mode Tuning test Procedimiento de Reparación ABS
1992 Lincoln Towncar	Códigos Duros Códigos continuos KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Datos DCL Compatible con PC Captura digital Auto diagnóstico	Códigos Duros Códigos Continuos KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Datos DCL Prueba de Interruptores Balance de Cilindros ABS Star test mode Autoconfigurable Code lookup Tool self test	Códigos Duros Códigos Continuos KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Datos DCL Prueba de Interruptores Balance de Cilindros ABS Star test mode Bomba de Combustible Ajuste de marcha mínima Captura digital Tuning Test	Códigos Duros Códigos Continuos KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Datos DCL Prueba de Interruptores Balance de Cilindros Ajuste de Marcha Mínima Tuning Test Procedimiento de Reparación Compatible con PC Captura digital ABS	Códigos Duros Códigos Continuos KOEO KOER Borrar Códigos Falsos Contactos Datos DCL Prueba de Interruptores Balance de Cilindros Ajuste de Marcha Mínima Tuning Test Procedimiento de Reparación Compatible con PC Captura digital ABS
2000 Nissan Frontier	Línea de Datos Freeze Frame Códigos Duros Códigos Continuos Borrar Códigos Autoconfigurable Compatible con PC Captura digital Prueba de estados Sensores de Oxígeno Auto diagnóstico	Línea de Datos Freeze Frame Códigos Duros Códigos Continuos Borrar Códigos Autoconfigurable Sistema de Abordo Code lookup Prueba de estados Sensores de Oxígeno Tool self test	Línea de Datos Freeze Frame Códigos Duros Códigos Continuos Borrar Códigos Autoconfigurable Prueba de estados Captura digital	Línea de Datos Freeze Frame Códigos Duros Códigos Continuos Borrar Códigos Sensores de Oxígeno Prueba de estados Captura digital Compatible con PC Procedimiento de Reparación	Línea de Datos Freeze Frame Códigos Duros Códigos Continuos Borrar Códigos Sensores de Oxígeno Prueba de estados Captura digital Compatible con PC Procedimiento de Reparación
Claves Incumplido Pérdida Datos El equipo no realizó la función	-3 -2 -1	No Util Usado muy poco Algunas veces útil	1 1 3	Util May Util	4 5

Velocidad	AutoXray EZ-Link	Auton ScanTool	OTC Mindreder	OTC Enhanced Monitor	Snap-On Super Define
1995 Saturn SL	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrer Códigos 4 Compatible con PC 4 Captura digital 3 Auto self test	-3 Códigos de Falla -3 Línea de Datos 5 Borrer Códigos 3 Code lookup 4 Captura digital 2 Field service mode 3 Tool self test	5 Códigos de Falla -3 Línea de Datos 5 Borrer Códigos 4 Back up fuel mode 4 Captura digital 2 Field service mode 4 Road test 4 Code snapshot	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrer Códigos 4 Print ID 4 Captura digital 4 Compatible con PC 4 Code snapshot -1 Transmisión -1 ABS -1 Bulbo de Aire 4 Diagnostico LED 4 Ajuste y chequeo de TPS 5 Historial de códigos	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 5 Borrer Códigos 4 Snap Data 4 Captura digital 2 Field service mode 4 Compatible con PC 4 SIB 4 Encendido de reparaciones 4 Diagnostico LED 4 Ajuste y chequeo de TPS 4 Historial de códigos
1987 Chevrolet Caprice	5 Códigos de Falla 5 Línea de Datos 4 Compatible con PC 4 Captura digital 3 Auto Self Test	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 5 Borrer Códigos 4 Captura digital 3 Fuel Service Mode 2 Tool Self Test 3 Code lookup	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 5 Borrer Códigos 4 Captura digital 2 Field Service Mode 2 Modo ALCL	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 5 Borrer Códigos 4 Captura digital 4 Compatible con PC 5 Posicionamiento de Reparación 4 Diagnostico LED 5 Especificaciones	5 Códigos de falla 5 Línea de datos 5 Field service mode 4 Ajuste y chequeo de TPS 4 Señal bi-direccional 3 Solenoides ABR 5 Posicionamiento de Reparación 4 Diagnostico LED 4 Control de datos Live 4 Diagnostico LED
1998 Plymouth Breeze	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Autoconfigurable 4 Compatible con PC 4 Prueba de estidos 4 Sensores de Origen 4 Auto self test 4 Captura digital 5 Borrer Códigos	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Code lookup 3 Prueba de estidos 5 Sensores de Origen 3 Auto self test 3 Sistema de abordo 5 Borrer Códigos	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Prueba de estidos 5 Borrer Códigos 4 Captura digital	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Diagnostico LED 5 Prueba de estidos 5 Enhanced OBD II 4 Compatible con PC 4 Captura digital 5 Sensores de Origen	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Diagnostico LED 5 Prueba de estidos 5 Enhanced OBD II 4 Compatible con PC 4 Captura digital 4 Sensores de Origen
1996 Jeep Cherokee	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Compatible con PC 4 Captura digital 4 Prueba de estidos 4 Borrer Códigos 4 Sensores de Origen 4 Auto Self Test	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Tool self test 4 Sistema de abordo 4 Prueba de estidos 4 Borrer Códigos 4 Sensores de Origen	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Captura digital 5 Borrer Códigos	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Compatible con PC 4 Captura digital 5 Prueba de estidos 5 Borrer Códigos 5 Enhanced OBD II 4 Diagnostico LED	5 Códigos Datos 5 Códigos Continuos 5 Frente Frente 5 Línea de Datos 4 Autoconfigurable 4 Diagnostico LED 5 Prueba de estidos 5 Borrer Códigos 5 Enhanced OBD II 4 Diagnostico LED
Claves Incompleto Perdó Datos El equipo no realizó la función	-3 -2 -1	No Usd Usado muy poco Algunas veces útil	1 Usd 2 Muy Usd 3	4 5	

Apéndice V

HERRAMIENTAS BOSCH PARA LA DIAGNOSIS EXTERNA

El vehículo se parece cada vez más a un ordenador sobre ruedas y la revolución digital experimentada por este sector industrial ha implicado también a los talleres mecánicos. El incremento de elementos electrónicos soportados en complejas redes de comunicación obliga a los talleres oficiales e independientes a disponer de herramientas y personal cualificados para la diagnosis.

V.1 Diagnosis usando equipos de Bosch

Bosch ha desarrollado un conjunto de herramientas (equipos y programas) pensadas para la localización de averías y propuesta de soluciones de los sistemas del automóvil.

La propuesta de Bosch pasa por la integración, véase Figura V.1, de:

- Distintos equipos de diagnosis, series KTS (diagnóstico de unidades de control), FSA (analizador de sistemas de medición) y ESA (análisis de emisiones), junto a
- El paquete software ESI[tronic] (Electronic Service Information).

Bosch garantiza el enlace entre sus equipos, un PC y los conectores de diagnosis disponibles en una amplia gama de vehículos del mercado (Figura V.2).



*Figura V.1
Diferentes equipos de
diagnosis electrónica
para el automóvil de
Bosch*

1 Serial/USB port

2 Monitoring needs for disk trace software

3 I/O Gait change adapter

La herramienta software de Bosch ESI[tronic], véase la Figura V.3, incluye diferentes utilidades:

- 314



*Figura V.3
Utilidades que
conforman la
herramienta software
ESI[tronic] de Bosch.*

- P: esquemas eléctricos de sistemas de seguridad y confort del automóvil, incluyendo listas y referencias de componentes para más de 60 fabricantes de automoción. Entre los esquemas se encuentran los de aire acondicionado, airbag, faros, elevalunas eléctricos, alarma antirrobo, cierre centralizado, regulador automático de velocidad, bloqueo antirrobo, alta fidelidad, etc.
- C: módulo de diagnóstico externa SD (Software Diagnosis) de unidades de control e instrucciones para la búsqueda de fallos SIS (Service Information System), integrados en un servicio asistido por ordenador CAS (Computer Aided Service), véase la Figura V.4. Ofrece información detallada para la solución de averías de sistemas de gestión de motor, de freno, de seguridad, de confort, etc. CAS y su versión más avanzada, CAS[plus], sirven de enlace entre los equipos de control (series KTS, FSA, ESA) y la búsqueda de averías de SIS, de esta forma se pueden comparar rápidamente los valores reales adquiridos del vehículo con los teóricos previstos e indicativos de buen funcionamiento.

*Figura V.4
Utilidades integradas
para el diagnóstico y
localización de averías
de unidades de control.*



*Figura V.5
Menú principal de ESI-
Tronic*



En la Figura V.5 se muestra la página inicial del software ESI-Tronic que proporciona un sencillo tutorial en unos pocos pasos para conocer el manejo de la herramienta software de diagnóstico.

En primer lugar se debe proporcionar la marca del vehículo bajo diagnóstico. Una vez se tiene el vehículo, se debe señalar la ECU concreta a monitorizar, supervisar y diagnosticar como se indica en la Figura V.6.

Con la ECU ya seleccionada se pueden realizar diferentes acciones, véase la Figura V.7, como realizar la identificación del dispositivo (comprobar si existe comunicación correcta con el mismo), lectura de los códigos de fallos (de la memoria de averías), su borrado, monitorización de valores actuales y configurar diferentes elementos de ajuste que serán diferentes en función de la ECU seleccionada.



Figura V.6
Selección del fabricante
y módulo de control
electrónico de mando.

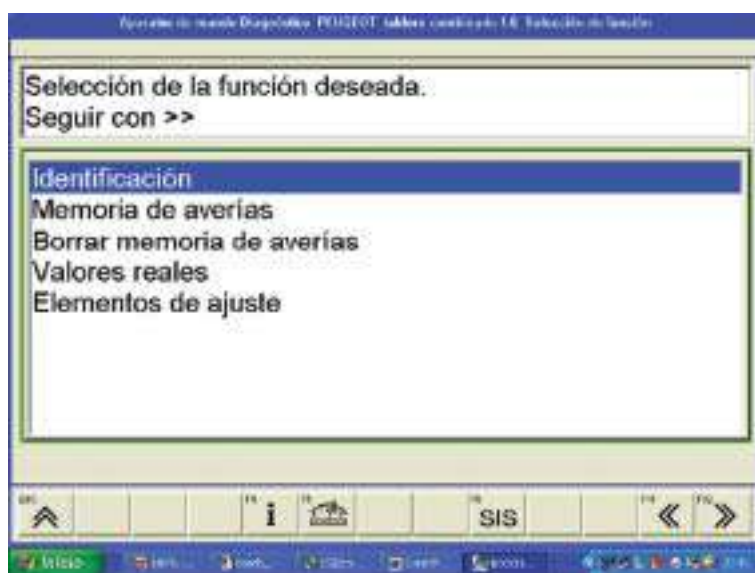


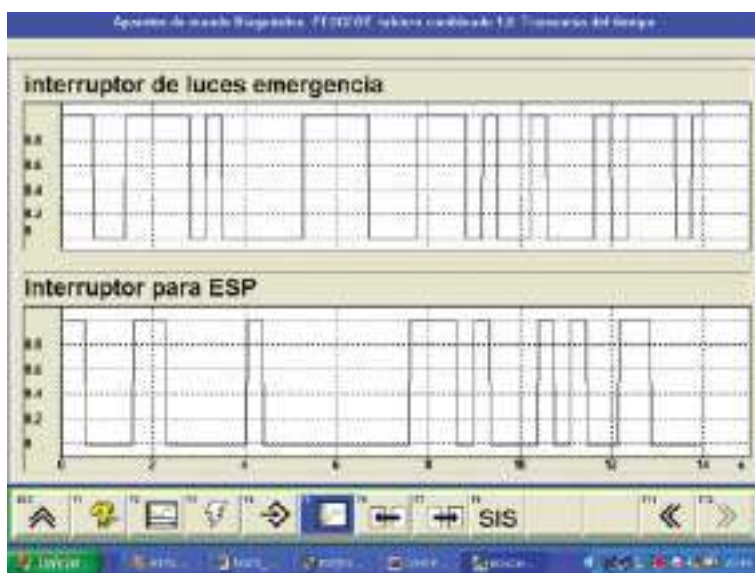
Figura V.7
Diferentes acciones a
realizar sobre una ECU

El software ESI-Tronic permite configurar los rangos de lectura de los multímetros de la herramienta asociada. En la Figura V.8 se muestran las conexiones a realizar para poder medir bien tensión o corriente mediante una sonda amperimétrica de efecto *hall*. Además en dicha pantalla se puede seleccionar el rango de medición para ajustar correctamente el multímetro.

Figura V.8
Información sobre el
conexionado a realizar
para medidas de tensión
y/o corriente.

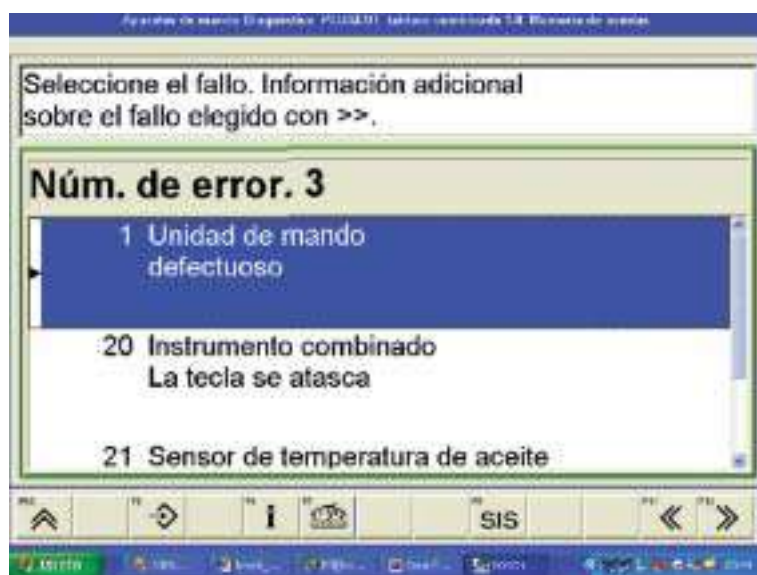


Figura V.9
Gráficas con
información de
diferentes sensores en
tiempo real.

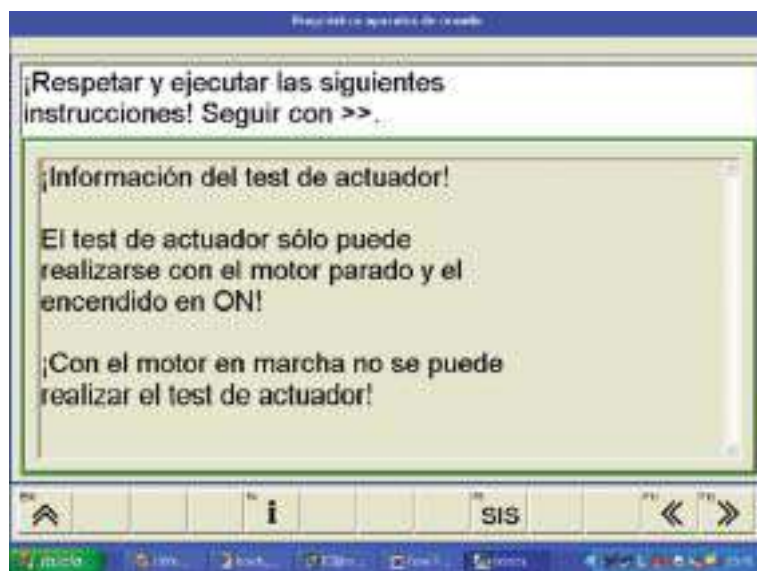


En la Figura V.9 se muestra la información de manera gráfica que el software ESI-Tronic proporciona para diferentes variables o sensores del sistema de control bajo diagnóstico.

En caso de que el software de diagnóstico ESI-Tronic detecte un fallo, éste se podrá leer en la memoria de averías. En la Figura V.10 se muestra la pantalla asociada en la que se pueden observar diferentes errores almacenados en la misma.



*Figura V.10
Errores
almacenados
en la memoria
de fallos del ECU.*



*Figura V.11
Resultados del chequeo
automático de la unidad
de control electrónico
bajo prueba*

El software de diagnóstico permite realizar un test o chequeo de los sistemas de un vehículo de una manera totalmente guiada, usando una base de datos realizada por un equipo de expertos, véase la Figura V.11.

V.3 Equipos Bosch para la diagnosis externa del automóvil

Bosch ofrece diferentes herramientas básicas de diagnóstico de unidades de control. Estos aparatos de diagnóstico comprueban exclusivamente las funciones OBD clásicas. La nueva serie KTS ofrece por el contrario otras funciones como comprobadores de diagnóstico de unidades de control, multímetros e incluso osciloscopio de 2 canales. Todas ellas hacen uso del sistema de información ESI[tronic] comentado anteriormente.

V.3.1. Bosch KTS 650

En la Figura V.12 se muestra la última herramienta de diagnosis portátil diseñada por Bosch para poder comunicarse con el ordenador de a bordo en vehículos que disponen de elementos de diagnóstico electrónico OBD.



*Figura V.12
Equipo de diagnosis
Bosch KTS 650*

Esta herramienta permite realizar un análisis de los sistemas electrónicos del vehículo y la diagnosis de las diferentes ECUs del mismo. También permite realizar tareas típicas como multímetro para medir tensiones y corrientes dentro del vehículo a través del clásico comprobador de motor hasta realizar un chequeo de diagnósticos sobre la ECU del vehículo.

El equipo posee el software ESI[Tronic] comentado anteriormente. El scantool KTS650 permite realizar la tarea de diagnóstico en el mismo taller o bien en conducción real, dada la portabilidad y autonomía de la que hace gala el equipo.

Sus principales características son:

- Un multímetro de 2 canales que permiten una rápida localización de los fallos al poder medir de forma simultánea en dos puntos o componentes del vehículo
- Un osciloscopio de 2 canales que posibilita realizar la medida de señales temporales para diagnosticar el funcionamiento de los componentes electrónicos de los vehículos modernos. Así un típico caso de utilización podría ser la representación de dos sensores en la misma imagen del visualizador

En esta *scantool* se reúnen las funcionalidades de un sistema de medida eléctrico/electrónico y un sistema de lectura de códigos de fallos o DTCs.

Junto con el software de diagnosis y comunicación ESI[tronic], KTS 650 es un sistema de diagnóstico profesional para vehículos en el taller y durante el recorrido de prueba. El PC del taller u ordenador portátil se puede convertir con la instalación del software ESI[tronic] en una estación de comprobación para un cómodo diagnóstico del vehículo

A continuación se muestran las características del *scantool* en cuanto a protocolos de diagnosis soportados, comunicaciones y posibilidad de interconexión.

Protocolos de Diagnosis soportados:

- ISO 9141-2, líneas K/L
- Flash code
- SAE-J1850 DLC (GM,...)/SAE-J1850 SPC (Ford)

- CAN ISO11898 ISO 15765-4 (OBD)

Posibilidad de interconexión:

- Cable OBD
- Adaptador Universal para cables de otros fabricantes
- Canal 1: Amarillo (+), Azul (-)
- Canal 2: Rojo (+), Negro (masa)
- 2 USB
- Conexión Ethernet LAN
- Clavija para la fuente de alimentación y puntas de carga para conectar a un puerto PS/2 o dispositivo similar
- Conexión a un monitor VGA externo
- PCMCIA 2x de tipo 2 ó 1 de tipo 3
- Conexión para micrófono y cascos



Figura V.13
Equipo de diagnóstico FSA
750

V.3.2. Bosch FSA 750

En la Figura V.13 se muestra la herramienta de diagnóstico diseñada para su utilización en un taller con un módulo de comunicación para intercambiar datos con el ordenador de a bordo en vehículos que disponen de elementos de diagnóstico electrónico OBD.

Normalmente usa una herramienta con la comunicación OBD



Figura V.14
Equipo de enlace de
comunicación KTS 550



*Figura V.15
Cables y conectores que
permiten al equipo de
diagnosic cualquier
conexión*

integrada como KTS 650 o bien únicamente un módulo de comunicación como es el KTS 550 que se muestra en la Figura V.14.

Asociado a la herramienta de diagnóstico existen un sinfín de cables y conectores (Figura V.15) que sirven para distintas y diversas medidas que el equipo permite realizar además de la comunicación OBD con el sistema electrónico del vehículo.

Esta herramienta permite realizar un análisis de los sistemas electrónicos del vehículo y la diagnosis de los diferentes ECUs del mismo. Como características principales cabe destacar las siguientes:

- Ahorro de tiempo en la comprobación de componentes instalados, por lo que se hace innecesario el desmontar o quitar partes del motor o vehículo para acceder al componente bajo prueba.
- Proporciona un menú guiado con los diferentes pasos que debe seguir el operario para realizar una diagnosis efectiva tanto en términos de calidad como en tiempo.
- Generador de señales para simular las formas de onda de los diferentes sensores.
- Interfase optimizada para realizar la comunicación con las unidades de control electrónico, instrucciones de resolución de fallos y tecnología de medida.
- Funcionamiento con el software de diagnosis y selección de vehículo ESI-Tronic.

- Gran cobertura de fabricantes y modelos de vehículos.
- Un sistema completo de diagnosis y análisis de fallos para un taller.

V.4 Lista de vehículos soportados por la herramienta de diagnosis ESI[tronic] de Bosch

Vehículos soportados por la herramienta de diagnosis ESI[tronic] de Bosch

Tabla V.I

Lista de fabricantes aceptados por ESI[Tronic]	
ACURA	LAND ROVER GROUP
ALFA ROMEO	LINCOLN
AUDI	MAZDA
AUTOBIANCHI	MERCEDES-BENZ
BENTLEY	MERCURY
BERTONE	MG
BMW	MINI (BMW)
CADILLAC	MITSUBISHI
CHEVROLET	NISSAN
CHRYSLER	OPEL
CITROËN	PEUGEOT
DACIA	PLYMOUTH
DAEWOO	PORSCHE
DAIHATSU	RENAULT
DODGE	ROVER
EAGLE	SAAB (SAAB AUTOMOBILE AB)
FERRARI	SEAT
FIAT	SKODA
FISSORE	SMART (MCC)
FORD	SSANGYONG
GEO	STEYR (STEYR-DAIMLER-PUCH AG)

Lista de fabricantes aceptados por ESI[Tronic]	
HONDA	SUBARU
HYUNDAI	SUZUKI
INFINITI	TATA (TELCO)
ISUZU	TOYOTA
JAGUAR	VAUXHALL
JEEP	VOLVO
KIA	VW (VOLKSWAGEN)
LANCIA	ZASTAVA (YUGO)

Apéndice VI

NOMENCLATURA RELACIONADA CON LA DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL

Tabla VI.1: Nomenclatura relacionada con la diagnosis del automóvil

Nomenclatura	Descripción
4-ETS	Mercedes - Contrôle électronique de motricité
4MATIC	Mercedes - Quatre automatique - Désigne les quatre roues motrices
4MOTION	Volkswagen - Four motion - Quatre roues motrices
AAC	BMW série 3 2005 (Bosch) - Adaptative Cruise Control - régulation automatique de vitesse active, avec contrôle de distance
ABC	Mercedes - Active Body Control - Contrôle actif du châssis via une suspension pilotée. CL 1999
ABD	Daewoo - Contrôle électronique de motricité
ABR	Peugeot - Anti Blocage de Roues
ABS	Anti Blockier System - en allemand (Anti Blocking System en anglais) soit, antiblocage de freins
ACD	Mistubishi - Active Center Differential - Différentiel central piloté électroniquement
ACE	Land Rover - Active Cornering Enhancement - Contrôle actif du roulis
ACTIVE LIGHT SYSTEM	Mercedes - Eclairage adaptatif, dit directionnel. Classe E 1998
ADB	BMW - Différentiel électronique- Antipatinage faisant office d'autobloquant

Nomenclatura	Descripción
ADB-X	Mercedes - Adaptive Dämpfung System - Système d'amortissement adaptatif
ADB-X	BMW - Différentiel à blocage automatique
AFC	Air Flow Control
AFIL	Citroën C4 - Alerte de Franchissement Involontaire de Ligne - Alerte de franchissement d'une ligne blanche, à plus de 80 km/h, sans clignotant
AFS	BMW série 3 2005 (Bosch) - Démultiplication variable de la direction en fonction de la vitesse
AFU	Renault et Lexus - Assistance au Freinage d'Urgence
AGS	BMW - Adaptive Gearbox System - Boîte auto-adaptative
AHBS	Chevrolet - Active Handling Brake System - Système électronique de contrôle de la stabilité
AIC	BMW - Automatic Interval Command - Capteur de pluie qui pilote l'intervalle de balayage de l'essuie-glace en fonction de l'humidité sur le pare-brise
ALDL	Assembly Line Diagnostic Link. Former name for GM (only) Data Link Connector, the connector socket into which the scan tool plug is inserted; sometimes used to refer to any pre-OBD II signals
AMVAR	Peugeot 607 - AMortissement VARiable - Gestion électronique de l'amortissement
APS	Mercedes - Auto Pilot System. - Système de navigation
AQS	Air Quality Sensor/System - Capteur de qualité d'air qui gère la fonction de recyclage
ASC	Lancia - Active Suspension Control - Suspension à amortissement contrôlé
ASC	Anti Skid Control - Antipatinage
ASC+T	BMW - Anti Skid Control + Traction - Antipatinage doublé d'une répartition de la motricité
ASR	Mercedes et Lancia - Antriebs Schlupf Regelung - Anti Skid

Nomenclatura	Descripción
	Regulation ou encore régulation du patinage
ATC	Rover - Automatic Temperature Control - Gestion automatique de la température de climatisation
ATTS	Honda - Active Torque Transfer System - Système actif de répartition du couple moteur
AUC	BMW - Automatische Umluft Control - Gestion automatique de la fonction recyclage d'air
AUTOACTIVE	Citroën et Peugeot - Désigne les boîtes auto-adaptatives
AUTOSTICK	Chrysler - Boîte à commande séquentielle
AVANT	Audi - Break
AWD	Volvo - All Wheel Drive - Quatre roues motrices
AWS	Mazda et Honda - All Wheel Steering - Quatre roues directrices
AYC	Mitsubishi - Active Yaw Control - Régulation des transferts de couple du différentiel arrière
BA	Autocars Evobus - Brake Assist - Freinage d'urgence assisté
BAS	BMW, PSA, Mercedes et Volkswagen - Brake Assist System - Assistance de freinage d'urgence
BCI	Renault Laguna V6 - Boîte à commande impuls ionnelle (séquentielle)
BD	Nissan, selon versions - Barre stabilisatrice arrière déconnectable
BDW	BMW série 3 2005 (Bosch) - Break Disc Wiping - Essuyage préventif des disques de freins
BLUETOOTH	Toyota, General Motors, Renault et Mercedes - Connexion sans fil entre plusieurs appareils dans rayon de 10 mètres. IBM, Intel, Ericsson, Nokia et Toshiba et AMIC
BSI	Peugeot 607 - Boîtier de Servitude Intelligent. "Cerveau" qui gère une multitude de fonctions
CAI	combustion par auto-inflammation contrôlée pour les moteurs à essence
CAN	Controller Area Network
CARB	California Air Resources Board

Nomenclatura	Descripción
CATS	Jaguar - Computer Active Technology Suspension - Suspension active à gestion électronique et amortissement piloté
CBC	BMW et Opel - Cornering Brake Control - Contrôle du freinage en courbe
CD/RDS	Compact Disk/Radio Data System proposé sur un appareil audio
CDC	ZF pour Opel - continuous damping control - Variation en continu des lois d'amortissement
CDCE	ZF pour Opel - continuous damping control - contrôle continu de l'amortissement, électrovalve externe
CDCI	ZF pour Opel - continuous damping control - contrôle continu de l'amortissement, électrovalve intégrée dans le piston de l'amortisseur
CDI	Mercedes - Common rail Direct Injection ou Diesel à injection directe et système de rampe commune
CDS	Peugeot 607 - Contrôle Dynamique de la Stabilité (ESP)
CFC	Mini - Contrôle du freinage en Courbe
CFI	Central Fuel Injection (a.k.a. Throttle Body Fuel Injection TBI)
CFR	moteur d'essai monocylindrique (indice d'octane)
CLIPPER	Ford – Break
CMS	Honda - Système d'atténuation de collision
CO	Carbon Monoxide
COMBI	Skoda – Break
COMFORTRONIC	Lancia - Boîte séquentielle
CRD	Chrysler - Common Rail Diesel
CST	Ferrari F340 - Contrôle de trajectoire.
CT	Jeep - Système Command-Track avec 4x2 et 4x4 bloqué
CVT	Ford - Fiat - Constant Variation Transmission - Transmission à variation continue
CVVT	Volvo - Continuous Valve Variation Timing - Distribution a calage variable en continu
D	A une époque, "D" tout court signifiait Diesel atmosphérique. Par

Nomenclatura	Descripción
	opposition à "TD" ou turbo Diesel. Mais aujourd'hui, rien n'est aussi simple
D4-D	Toyota - Diesel injection directe avec common rail
DBC	BMW - Dynamic Brake Control - Assistance au freinage d'urgence
DCI	Renault - Diesel à injection directe à système common rail
DFC	BMW M5 - amortissement piloté Schnitzer
DI	Ford - Direct injection - Injection directe turbo sans common rail. Attention le nouveau DI de la Mondeo 130 ch sera, lui, à common rail
DI-D	Mitsubishi - Diesel Injection Direct - Pas de common rail
DISTRONIC	Mercedes - Capteur radar implanté derrière la calandre qui analyse la distance par rapport au véhicule qui précède votre auto. Classe S 1998
DITD	Mazda - Direct Injection Turbo Diesel - Pas de common rail
DLC	Data Link Connector
DOHC	Double Over Head Camshaft - Double arbre à cames en tête
DP	4x4 Honda - Pompes jumelées (dual pumps) avant et arrière
DPNR	Toyota - Diesel Particulate NOX Reduction. Filtre à particules associé à un catalyseur de NOx
DRIVING CYCLE	A specific sequence of start-up, warm-up and driving tasks that tests all OBD II functions
DRP	Renault - Dispositif à retenue programmée. Dernière génération de système airbag progressif + ceinture à retenue programmée
DSA	Dual Stage Airbag - Airbag à deux niveaux de gonflage : à 70 % dans les chocs moyens, à 100 % dans les impacts violents
DSA	Volvo - Dynamic Stability Assistance - Assistance dynamique antipatinage
DSC	BMW (Bosch) - Dynamic Stabiility Control - Contrôle dynamique de la stabilité ESP
DSC III	BMW (Bosch) - Dynamic Stability Control third generation - Contrôle dynamique de la stabilité de troisième génération

Nomenclatura	Descripción
DSTC	Volvo - Dynamic Stability and Traction Control - Contrôle électronique de la trajectoire et de la motricité. Combinaison d'un ESP et d'un antipatinage
DTC	Diagnostic Trouble Code
DTE	Mercedes - Double train épicycloïdal
DTI	Opel - Turbo-Diesel injection directe avec échangeur. Pas de common rail
DTI	Renault - Turbo-Diesel injection directe sans common rail
DUALDRIVE	Fiat - Direction à assistance électrique
DYNAMIC DRIVE	BMW série 7 2001 - Antiroulis actif. Barre antiroulis en deux parties pilotée
EASY	Ford - Pack de finition comprenant les rétros et le pare-brise dégivrants
EASY	Renault Twingo - Embrayage automatique
EASYTRONIC	nouvelle Opel Corsa - Boîte à commande séquentielle
EBA	Ford, Volvo - Emergency Braking Assistance - Aide au freinage d'urgence
EBAC	Mazda - Assistance au frein moteur
EBD	Fiat, Nissan, Opel... - Electronic Braking Display - Répartition électronique de freinage (EBV)
EBP	BMW série 3 2005 (Bosch) - Electronic Brake Prefill - préremplissage électronique du circuit de freins
EBV	Audi, Seat, Skoda, Volkswagen - Electronic Braking Variation - Répartition électronique de la force de freinage
ECC	Electronic Climate Control - Régulation électronique de la climatisation
ECM	Engine Control Module, usually the main on-board computer controlling emissions and engine operation
EDC	BMW - Electronic Damping Command - Commande (et, sous-entendu, réglage) électronique des suspensions

Nomenclatura	Descripción
EDC III	Elektronishes Differential Sperr - Blocage électronique et automatique du différentiel 3e génération
EDC-K	BMW série 7 2001. - EDC évoluant en continu
E-DIFF	Ferrari F340 - Différentiel polité hydraulique haute pression.
EDS	Audi, Seat, Skoda et Volkswagen. Sert d'antipatinage - Elektronishes Differential Sperr - Blocage électronique et automatique du différentiel
EEC	Electronic Engine Control
EEPROM OR E2PROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EFI	Electronic Fuel Injection
E-GEAR	Lamborghini Murcielago - Boîte à commande séquentielle
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EGS	Exhaust Gas Recirculation - Recyclage des gaz d'échappement (une partie est réintroduite dans la chambre de combustion)
EHPS	Opel - Electro Hydraulic Power Steering - Direction assistée électrohydraulique
EMHV	Ethyl méthylique d'huiles végétales - dérivé de l'huile de colza ou de tournesol, incorporé à 5 % dans le gazole ou le fioul
EMR	Electronic Module Retard
EPA	Environmental Protection Agency. Federal agency. Office of Mobile Sources is the branch concerned with auto emissions.
EPG	Peugeot 607, Audi A6/A8, BMW X5, Lexus LS430, Mercedes Classe S, Volvo S60, S80 et V70 - Enhanced Protective Glass - Vitre à protection renforcée. Nouvelle technologie de verre feuilleté 2 couches séparées par un film plastique élastique
EPS	Opel - Electric Power Steering - Assistance électrique de direction asservie à la vitesse
ESBS	Audi, Seat et Volkswagen - Electronic Stabilità Braking System - Système électronique de stabilité de freinage

Nomenclatura	Descripción
ESC	Jaguar - Electronic Stability Control - Contrôle électronique de la stabilité
ESC	Electronic Spark Control
ESP	Renault, PSA, VW et Fiat - Electronic Stability Program - Programme d'assistance électronique à la trajectoire
ESPPLUS	BMW série 3 2005 (Bosch) - Electronic Stability Program - Programme d'assistance électronique à la trajectoire + HHC + BDW + EBP
EST	Electronic Spark Timing
ESTATE	Renault Laguna II, Saab 9.5 et Rover 75 - Version break
ETBE	Ethyl Tertio Butyl Ether - dérivé de l'éthanol, incorporé jusqu'à 15 % dans les essences
ETC	groupe Rover - Electronic Traction Control - Aide électronique à la motricité
ETC PLUS	Opel - Electronic Traction Control - Aide électronique à la motricité
ETS	Mercedes - Electronic Traction Support - Aide électronique à la motricité
EWS	BMW - Elektronische Wegfahr Sperre - Protection antidémarrage
F1	Ferrari 355 et Modena - Option permettant de monter et descendre les rapports grâce à des pertes palettes logées de chaque côté du volant
FAP	Peugeot - Filtre A Particules
FDR	Autocars Evobus - Fahrdynamik Regelung - Régulation de comportement dynamique
FIRST	BMW - Fully Integrated Road Safety Technology - Concept regroupant tous les facteurs de la sécurité (active, passive, protection des autres usagers de la route...)
FMH	Alfa, BMW, Mercedes. - Follow Me Home concept - Concept d'accompagnement jusqu'à la maison
FR-V	Honda - Functionnal and Recreational Vehicle - ou Firendly and Recreational Vehicle

Nomenclatura	Descripción
FSI	VAG - Moteur essence à injection directe
FUEL TRIM	Engine computer function that keeps the air/fuel mixture as close to the ideal 14.7:1 stoichiometric ratio as possible
GDI	Mitsubishi - Gazoline Direct Injection - Moteur essence à injection directe
GEARTRONIC	Volvo - Boîte de vitesses à commande séquentielle
GNV	Gaz Naturel de Ville - Gaz naturel comprimé
GPLC	Gaz de Pétrole Liquéfié - Carburant des voitures bicarburation (essence et gaz) composé de 60 à 80 % de butane et de 40 à 20 % de propane
GPRS	General Packet Radio Service - Service d'information à haut débit (115 ko/s)
GPS	Global Positioning System - Système de localisation par satellite et d'aide à la navigation
GR	Jeep - Pompe G-Rotor (sur les différents différentiels)
GT	Ferrari 456, Fiat Bravo 100 GT... - Gran Turismo
GTI	Grand Tourisme Injection
GTV	Coupés sportifs Alfa Romeo - Gran Turismo Veloce - Grand tourisme rapide
HBA	Alfa Romeo - Assistance de freinage d'urgence
HC	Hydrocarbures
HCCI	homogeneous charge compression ignition
HDI	Citroën C5 et Peugeot 406/607 - Diesel injection direct
HEI	High Energy Ignition
HHC	BMW série 3 2005 (Bosch) - Hill Hold Control - Maintien en côte
HO2S	Heated Oxygen Sensor
HOT	Saab - High Output Turbo - Turbo haut rendement
HPI	Citroën C5 et Peugeot 406/607 - High Pressure injection - Injection directe d'essence
HYPERTRONIC	Nissan Primera - Boîte à commande séquentielle

Nomenclatura	Descripción
IC	Inflatable Curtain - Rideau gonflable. En fait, un airbag latéral haut protégeant la tête
ICC	Nissan Primera 3 - Intelligent Cruise Control - Variateur de vitesse intelligent conservant la distance par rapport au véhicule précédent
I-CTDI	Honda Accord 2003 - Injection Diesel rampe commune et turbo variable
IDE	Renault Mégane 2.0 16V - Injection directe essence
IDS+	Opel Vectra 2003 - Interactive Driving System - Contrôle dynamique intégral
IDSi	Honda Jazz - Intelligent Dual System Ignition - Double allumage électronique séquentiel
ISO14230	See Keyword Protocol 2000
ISO9141	International Standards Organization OBD II communication mode, used by Chrysler and most foreign cars. One of three hardware layers defined by OBD II
ISOFIX	Fixations aux normes Iso. Points d'ancrages fixes de siège bébé
ITC	Porsche - Intérieur Tout Cuir
ITS	BMW - Inflatable Tubular Structure - Airbag de tête en forme de boudin
J1850PWM	(Pulse Width Modulated) SAE-established OBD II communication standard used by Ford domestic cars and light trucks. One of three hardware layers defined by OBD II
J1850VPW	(Variable Pulse Width Modulated) SAE-established OBD II communication standard used by GM cars and light trucks. One of three hardware layers defined by OBD II
J1962	SAE-established standard for the connector plug layout used for all OBD II scan tools
J1978	SAE-established standard for OBD II scan tools
J1979	SAE-established standard for diagnostic test modes
J2012	SAE-established standard accepted by EPA as the standard test report

Nomenclatura	Descripción
	language for emission tests
JTD	groupe Fiat - uniJet Turbo Diesel. Diesel haute pression à rampe commune
K	Mercedes - Kompressor - Moteur essence à compresseur
KEYLESS	Mercedes - Ouverture des portes sans clef (Keyless go)
KEYLESS	Renault Laguna II - Ouverture des portes sans clef et à distance. Idem pour le contact
KEYTRONIC	Ford - Antidémarrage par puce électronique intégrée dans la clef de contact
KWP2000	(Keyword Protocol 2000) SAE-established OBD II communication standard used by some import cars. One of five hardware layers defined by OBD II
LAUNCH CONTROL	Ferrari F340 - Procédure de départ.
LINGUATRONIC	Mercedes - Commande vocale pour téléphone. Classe S 1998
LITRONIC	Porsche - Phares au Xenon
M	Ferrari 550 M - Maranello - (site de la marque)
M	BMW - Motorsport - Il désigne les versions ultra sportives de la marque
MAF	Mass Air Flow
MAP	Manifold Absolute Pressure
MASC	Mazda - Contrôle de motricité
MASC	Mazda - Contrôle de stabilité
MAT	Manifold Air Temperature
MDC	BMW-Land Rover - Retenue en descente
MIL	Malfunction Indicator Light. The "Check Engine Light" on your dash.
MODUTOP	Citroën Berlingo - MODULES de rangement fixés sur le pavillon (TOP)
MON	Motor Octane Number - Indice d'octane motor
MP3	Music Playback 3 - Utilitaire de lecture et de téléchargement de fichiers musicaux
MPEG	Moving Picture Expert Group - Standard de compression-

Nomenclatura	Descripción
	décompression d'animations et de vidéos
MPV	Multi Purpose Vehicle - Véhicule à utilisations multiples (monospaces familiaux)
MPV	Mazda - Un des modèles de la marque
MSP	Maserati - Contrôle électronique de trajectoire
MSR	Motor Skid Regulation - Régulation du patinage via le moteur
MTB	Maximum Torque Braque Delphi - Frein à double disque
MULTITRONIC	Audi A6 - Boîte automatique à variation continue et à 7 rapports préprogrammés
MV	Land Rover - Suspension pneumatique à hauteur variable
MW	Fiat Stilo - Multi Wagon. Break compact
NADI	IFP - narrow angle direct injection - moteur à injection à angle réduit
NBAS	Nissan - Nissan Brake Assist System - Aide au freinage d'urgence
N-CVT	Nissan - Nissan Constant Variation Transmission - Transmission à variation continue
NIVOMAT	breaks du groupe Fiat et Volvo - Correcteur automatique d'assiette - hauteur du coffre en charge
NOX	Oxides of Nitrogen
O2	Oxygen
OBD	On Board Diagnostic - Diagnostic embarqué (depuis janvier 2001)
OBD	On-Board Diagnostics
OBD II OR OBD II	Updated On-Board Diagnostics standard effective in cars sold in the US after 1-1-96
ODYSLINE	Renault - Système de localisation par GPS permettant d'être guidé mais aussi secouru rapidement en cas d'accident ou de panne
PARAMETERS	Readings on scan tools representing functions measured by OBD II and proprietary readings
PASM	Porsche 911 997 - Suspension pilotée 2 x 5 lois
PCCB	Porsche 911 997 - Freins carbone céramiques
PCM	Powertrain Control Module, the on-board computer that controls

Nomenclatura	Descripción
	engine and drive train
PCV	Positive Crankcase Ventilation
PDC	BMW - Park Distance Control - Contrôle de la distance en cours de stationnement par capteurs ultrasons logés dans le pare-chocs
PDC	rechange VI - Pneumatic Camping Control - Contrôle pneumatique de l'amortissement ZF
PROACTIVE	Renault - Boîte automatique autoadaptative
PROPRIETARY	Parameters shown by on-board computers which are not
READINGS	required by OBD II, but included by manufacturer to assist in trouble-shooting specific vehicles.
PSM	Porsche - Porsche Stability Management - Gestion de la stabilité
PSS	Bosch - Predictive Safety System - Système de sécurité préventive (caméra).
PTC	Pending Trouble Code
PTS	Mercedes - Parktronic System - Aide au parking
Q SYSTEM	Alfa Romeo 156 V6 - Boîte automatique. On peut passer les rapports via un levier à grille en H comme sur une boîte normale
QD	Jeep - Quadra-drive - 4x4 variable via pompe G-Rotor (répartition fixe en rapports courts)
QT	Jeep - Quadra-Trac - 4x2 et 4x4 permanent ou bloqué
QUATTRO	Audi - Quatre roues motrices
QUICK POWER	Opel - Puissance immédiate. Aide au freinage d'urgence
RDC	BMW - Reifen Druck Control - Système de contrôle permanent de la pression des pneus
RDS	Radio Data System - Acquisition et gestion de données radio
REF	Lexus - Répartition électronique du freinage
RNS	Radio Navigation System - Système GPS
RON	Research Octane Number - Indice d'octane research, plus, lev,
	que l'indice MON

Nomenclatura	Descripción
RPM	Revolutions Per Minute
RS	Retenue Supplémentaire - Apposé sur les ceintures équipées de prétensionneur
RSC	autocars Evobus - Roll Stability Control - Surveillance de l'accélération transversale (Contrôle du roulis)
RTD	Chevrolet Corvette depuis 1997 - Real Time Damping - Amortissement adapté en temps réel
RTI	Volvo - Road Traffic Information - Informations sur le parcours et la circulation. Système de navigation lié à une mise en direct de l'état de la circulation (voir TMC)
SAE	Society of Automotive Engineers, professional organization that set the standards that EPA adopted for OBD and OBD II
SAS	Audi - Système d'Aide au Stationnement
SBC	Mercedes SL 2001 - Sensotronic Brake Control - Commande de freins électro-hydraulique
SCAN TOOL	Computer based read-out equipment to display OBD II parameters
SCI	Ford Mondeo 2003 - Injection directe essence
SELESPEED	Alfa Romeo - Sélection des vitesses par poussoirs ou palettes
SEQUENTRONIC	Renault - Boîte à commande séquentielle
SERVOTRONIC	Lancia et Opel - Direction à assistance variable (importante en ville, faible sur autoroute)
SES	Service Engine Soon dash light, not referred to as MIL
SFI	Sequential Fuel Injection
SIC	Audi - Système d'information du Conducteur - Ordinateur de bord
SIPS	Volvo - Side Impact Protection System - Système de protection contre les chocs latéraux. Structure renforcée et airbags
SLS	Land Rover - Self Leveling Suspensions - Suspensions auto-levantes ou gonflables
SMS	Short Message System - Service d'information par messages courts (GSM)

Nomenclatura	Descripción
SOFTOUCH	Smart - Boîte à commande séquentielle
SPEEDGEAR	Fiat - Transmission à variation continue
SPEEDTRONIC	Mercedes - Système permettant de programmer une vitesse maxi
SPORTRONIC	Alfa Romeo 166 - Boîte à commande séquentielle
SPORTWAGON	Alfa Romeo et Lancia - Breaks
SRP	Renault - Système à Retenue Programmée - Airbags à déploiement progressif et déformation programmée
SRS	Supplementary Restraining System - Système de retenue supplémentaire. Concerne un ensemble airbag et ceinture à prétensionneur
SSELECT	Mitsubishi - Super Select - 4x2, 4x4 variable, 4x4 bloqué
SSI	Ford - Système de Sécurité Intelligent - Combinaison d'airbags, prétensionneurs, pédalier rétractable..
SSPP	Renault - Système de Surveillance de la Pression des Pneus
STC	Volvo - Skid and Traction Control - Antipatinage
STEPTRONIC	BMW, Land Rover, Rover et MGF - Boîte à commande séquentielle
STOICHIOMETRIC (STOY'-KEE-O-METRIC) RATIO	Theoretical perfect combustion ratio of 1 part gas to 14.7 parts air
SUV	Sport Utility Vehicle - Véhicules de loisirs (Toyota Rav 4, Honda HR-V, Audi Allroad, BMW X5...)
TBI	Throttle Body Injection
TC PLUS	Opel - Traction Control System - Système de contrôle de la motricité
TCS	Daewoo, Fiat, Ford et Saab - Traction Control System - Système de contrôle de la motricité
TD	Turbo Diesel
TDCI	Ford Focus - Diesel common rail sphérique Delphi (2ème génération), turbo à géométrie variable
TDDI	Ford - Turbo Diesel direct injection - Pas de common rail
TDI	Volkswagen, Audi, Seat et Skoda, Ford (Galaxy) - Turbo Direct Injection

Nomenclatura	Descripción
	- Sans Common rail mais avec injecteurs-pompes sur versions 100, 115, 130 et 150 ch
TE	Toyota - Train épicycloïdal avec blocage
TELLIGENT	camions Mercedes Actros - Contrôle de stabilité
TEMPOMAT	Cadence automatique. Régulateur de vitesse permettant de paramétrer une vitesse de croisière. Sur plusieurs marques allemandes
TFSI	Audi A3 - Moteur essence à injection directe + turbo
THERMATIC	Mercedes - Climatiseur automatique
THERMOTRONIC	Mercedes - Climatiseur automatique
TIPP	Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers
TIPTRONIC	Porsche - Boîte à commande séquentielle. Appellation et concept repris par Audi, Peugeot (2.2 HDi et 3.0 V6), Seat et Volkswagen
TMC	Trafic Message Channel - Canal d'informations sur la circulation. Option sur les systèmes de navigation GPS permettant d'être informé en temps réel
TO	Ford Focus TDCi - Transient Overtorque - Augmentation du couple en acc,l,ration
TOR	Land Rover - Différentiel de type Torsen
TOUCHTRONIC	Aston Martin - Boîte séquentielle ZF
TOURING	BMW, Mercedes - Breaks
TPI	Tuned Port Injection
TPMS	Opel Astra 2004 - Contrôle de pression des pneus
TPS	Throttle Position Sensor
TRACS	Volvo - Volvo TRAction Control System - Régulation du patinage par action sur les freins
TRC	Lexus 2003 - Antipatinage
TS	Alfa Romeo - Twin Spark - Double allumage (2 bougies par cylindre)
TSP	Opel - Contrôle automatique de lacet (remorque ou caravane).
TTS	Text To Speech - Synthèse vocale à partir d'un texte écrit (SMS)
UHP	Pirelli - Ultra Haute Performance

Nomenclatura	Descripción
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System - Standard universel de télécommunication mobile, remplaçant le GSM en 2002, compatible avec le GPRS
V	Valve en anglais. Ventile en allemand ou valvole en italien. Signifie soupape. Exemple : 16 V = 16 soupapes
V5	Volkswagen et Seat - Moteur 5 cylindres en V
VAC	Vacuum
VALVETRONIC	BMW Compact et série 7 2001 - Variation pilotée électroniquement de la levée des soupapes (de 0.3 à 9.7 mm)
VANOS	BMW - VArIable NOckenwellen Steuerung - Variation continue du calage des arbres à cames
VARIOCAM	Porsche - Déphasage de l'arbre à cames
VARIOCAM PLUS	Porsche 911 Carrera et Turbo - Déphasage de l'arbre à cames combiné avec une levée variable des soupapes
VCM	Vehicle Control Module, the on-board computer that oversees engine management, transmission operation, anti-lock brakes and other functions not directly related to emissions control
VDC	Alfa Romeo - Vehicule Dynamic Control - Correcteur électronique de trajectoire
VDI	Nissan - Diesel injection. Le V, dixit Nissan, ne veut rien dire. Turbo injection directe
VH	Aston Martin - Vehicle Horizontal - Structure de base aluminium colle autorisant des variations de longueur, empattement et voies
VIN	Vehicle Identification Number
VL	Jeep - Différentiel de type autobloquant Vari-Lok
VSC	Lexus 2003 - Contrôle de stabilité
VSS	Vehicle Speed Sensor
V-TES	Visteon torque enhancement system - Système Visteon d'augmentation du couple (compresseur électrique)
VVC	Caterham Super Seven et MGF - Variable Valve Control - Admission

Nomenclatura	Descripción
	variable sur moteur 1.8
VVT-I	Toyota - Variable Valve Timing injection - Admission variable
WAP	Wireless Application Protocol - Protocole de communication sans fil, langage WML
WEEKEND	Fiat - Breaks
WHIPS	Volvo - WHIplash Protection System - Siège et repose-tête anti coup du lapin
WINDOWBAG	Mercedes - Airbags latéraux. Classe E 1998
WML	Wireless Markup Language - Langage de programmation de pages avec balises informatiques (équivalent du HTML)
WOT	Wide Open Throttle
X	BMW - Désigne les quatre roues motrices. Exemple : 325 Xi ou 330 Xd
YRV	Daihatsu - Young Recreative Vehicule
YTEC	Honda - Variable valve Timing and lift Electronic Control - Contrôle de levée et de temps d'ouverture des soupapes
ZAS	Mercedes Classe S à moteur V8/V12 - Zylinder Abschaltung System - Système de coupure de cylindres

Bibliografía

Bibliografía

-
- [Agrawal, 1990] Agrawal D. and El Abbadi A. (1990). The Tree Quorum Protocol: An Efficient Approach for Managing Replicated Data, Proceedings of the Sixteenth International Conference on Very Large Databases, p.243-254, September 1990, Brisbane, Australia.
- [Aizono,2000] Aizono T. et al., "Autonomous Decentralized Service System Supplying User-Oriented Information Services," Proc. of 7th World Congress on Intelligent Transport Systems (2000).
- [Almeida, 1999] Almeida L., Fonseca J., Fonseca P., A Flexible Time-Triggered Communication System Based on the Controller Area Network Proceedings FeT '99 - Fieldbus Systems and their Applications Conference, Magdeburg, Germany, September 23-24, 1999.
- [Anfac, 2005] Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones. www.anfac.es
- [Aparicio, 2003] Aparicio F, y otros. "Estudio para la definición de la tecnología del programa de investigación sobre el diagnóstico integral del estado del automóvil". Madrid, mayo 2003.
- [ASA,2005] ASA Automotive Service Association. Disponible en Internet <http://www.asashop.org/autoinc/may2004/mech.cfm> [2005-05-23]
- [Austin, 1975] Austin T.C. and K.H. Hellman, "Passenger Fuel Economy as Influenced by Trip Length," a paper presented at the Automobile Engineering Congress, Detroit, February 1975

- [ClassRoom, 2005] AutoClassroom. An online teaching and training resource for automotive instructors, students and technicians. Disponible en Internet <http://www.autoclassroom.com/> [2005-05-23]
- [AutoSAR, 2005] Homepage of the development partnership Automotive Open System Architecture (AUTOSAR). Disponible en Internet <http://www.autosar.org>, [2005-05-23]
- [AutoTap,2005] AutoTap OBD-II Diagnostic Scanner. Disponible en Internet <http://www.autotap.com/glossary.html> [2005-05-23]
- [Bannatyne R., 2000] Sensors Magazine, "The Sensor Explosion and Automotive Control Systems Adding," May 2000 VOL. 17 NO.5
- [Bass, 2003] Bass L., Clements P. and Kazman R. (2003). Software Architecture in Practice 2nd Edition Reading, MA: Addison-Wesley.
- [Bisdikian, 2002] Bisdikian C., Boamah I., Castro P., Misra A., Rubas J., Villoutreix N., Yeh D., Rasin V., Huang H. and Simonds C. (2002). Intelligent Pervasive Middleware for Context-Based and Localized Telematics Services, In Proceedings of the 2nd international workshop on Mobile commerce, 15-24, 2002.
- [Bodin, 2004] Bodin P., S. Berge, M. Björk, A. Edfors, J Kugelberg, and P. Rathsmann. The SMART-1 attitude and orbit control system: Flight results from the first mission phase. In AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, number AIAA- 2004-5244, Providence, RI, 2004.
- [Bosch, 2004] Automotive Handbook. 6th Edition. ISBN 0-7680-1513-8. Published by Robert Bosch GmbH, 2004.
- [Bosch, 2005] Bosch, Homepage. Disponible en Internet: <http://www.semiconductors.bosch.de/en/10/index.asp> [2005-05-23]
- [Bremer, 2000] W. Bremer. "On and off-board diagnostic: the role of legislation and standardization." Chapter of the book: "On and Off Board Diagnostic". ISBN 0-7680-0647-3.
- [Standards, 2005] Bus Standards. Disponible en Internet <http://www.interfacebus.com/Standards.html> [2005-05-23]
- [CAAT,2005] CAAT, The Council of Advanced Automotive Trainers. Disponible en Internet <http://www.caat.org/> [2005-05-23]

- [Campos, 2002] Campos F. T., Mills N. W. and Graves M. L. (2002). A Reference Architecture for Remote Diagnostics and Prognostics Applications, In IEEE Autotestcon Proceedings, 842-853, 2002.
- [CAN, 1991] CAN specification version 2.0. Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany, 1991.
- [CANCiA, 2005] Homepage of the organization CAN in Automation (CiA). Disponible en Internet. <http://www.can-cia.de> [2005-05-23]
- [Carr, 2004] Carr B. J. (2004). History and Future of On-board Diagnostics. Disponible en Internet: <http://www.asashop.org/autoinc/may2004/mech.cfm> [2005-05-23]
- [Conan, 2002] Conan D., Chabridon S., Villin O., Kotchanov A. and Saridakis T. (2002). Handling Network Roaming and Long Disconnections at Middleware Level, In the Proceedings of the Software Infrastructures for Component-Based Applications on Consumer Devices, September 16, Lausanne, Switzerland.
- [CursoOBD, 2005] Curso sobre OBD-II On-Board Diagnostics II. Disponible en Internet http://www.easttraining.com/courses/obd-ii_1.htm [2005-05-23]
- [Dbench, 2004] Report IST-2000-25425 of the project Dbench dependability benchmarks. European project co-ordinated by LAAS-CNRS (France).
- [Dennis, 2003] Dennis M. and Kambil A. (2003). Service Management: Building Profits after the Sale, White Paper – Service Management Supply Chain Perspectives, Accenture, March 2003.
- [Dornan, 2003] Dornan M. (2003). Remote Diagnostics Could Cure Car Servicing Headaches,
- [DTCs, 2005] DTCs, Códigos de fallos. Disponible en Internet <http://www.troublecodes.net/> [2005-05-23]
- [Etschberger, 2001] Etschberger K.. Controller Area Network: Basics, Protocols, Chips and Applications. IXXAT Automation GmbH, Weingarten, Germany, 2001.
- [Fitzpatrick, 2003] Fitzpatrick R. (2003). The Software Quality Star: A conceptual model for the software quality curriculum, Workshop paper for

Closing the Gaps: Software Engineering and Human-Computer Interaction at INTERACT 2003: Ninth IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction, September 2003, Zurich, Switzerland.

- [Ford, 2002] Ford S. (2002). Telematics: A 21st Century Service Opportunity?, Motor Magazine, April 2002.
- [Froberg, 2004] Froberg J., K. Sandström, C. Norström, H. Hansson, J. Axelsson, and B. Villing. A comparative case study of distributed network architectures for different automotive applications. In Handbook on Information Technology in Industrial Automation. IEEE Press and CRC Press, 2004.
- [Gamma, 1999] Gamma E., Helm R., Johnson R. and Vlissides, J. (1999). Design Patterns: Elements of Reusable Object Oriented Software. Addison-Wesley Co., Inc, Reading, MA.
- [Gartner, 2002] Gartner G., "Telematics Industry Outlook: Think 'Outside the Vehicle,'" September 2002.
- [Gendan, 2005] Gendan Automotive Products. Specialists in EOBD, OBDII and VAG diagnostic tools. Disponible en Internet <http://www.gendan.co.uk/> [2005-05-23]
- [Gray, 2000] M. Gray. "Overcoming the limitations of the system architecture of on-board vehicle diagnosis" Chapter of the book: "On and Off Board Diagnostic". ISBN 0-7680-0647-3.
- [Hamilton, 2002] Hamilton. K. (2002). Practical Self-diagnosing AUVs, SeeByte Ltd.
- [Hansen, 2004] Hansen P. and Wolfe B. (2004). Remote Diagnostics – the Next OEM Frontier, The Hansen Report on Automotive Electronics, Vol. 16, NO. 10, p.1-3, DEC 2003/JAN 2004.
- [Henfridson, 2003] Henfridsson O., Holmström H., Lindgren R., Olsson C-M. and Svahn F. (2003). Framtidens fordon – mötet mellan två mobila världar, Vinnova-rapport VR 2003:3.
- [Holme, 1997] Holme I. M. and Solvang B. K. (1997). Forskningsmetodik : om kvalitativa och
- [Howells, 2002] Howells-Tierny J. (2002). The Prognosis for remote diagnostics, Transport Topics, Academic Research Library, Dec 2002, p12.

- [Hsiao, 1991] Hsiao H-I. and DeWitt D. J. (1991). A Performance Study of Three High Availability Data Replication Strategies, In Proceedings of the First International Conference on Parallel and Distributed Information Systems (1st PDIS'91), Los Alamitos, CA, December 1991, pp. 18-28, IEEE Computer Society Press.
- [Ince,1987] Ince D. C. and Hekmatpour S. (1987). Software prototyping – progress and prospects. Information and Software Technology, 29(1), 8-14. (Ch. 8).
- [Intel, 2005] Intel Corporation (2005). Disponible en Internet: <http://support.intel.com/design/auto/autolxbk.htm> [2005-05-23]
- [ISO, 2005] International Organization for Standardization. Disponible en Internet <http://www.iso.org> [2005-05-23]
- [Jameel, 1998] Jameel A., Stuempfle M., Jiang D. and Fuchs A. (1998). Web on Wheels: Toward Internet-Enabled Cars, Computer, v.31 n.1, p.69-76, January 1998.
- [Jurgen, 2000] R.K. Jurgen. "The increasing demands on diagnostic". Chapter of the book: "On and Off Board Diagnostic". ISBN 0-7680-0647-3.
- [Kiencke, 1986] Kiencke U., S. Dais, and M. Litschel. Automotive serial controller area network. In SAE International Congress No.860391, Detroit, MI, 1986.
- [Kopetz,1997] Kopetz H., Real Time Systems – Design Principles for Distributed Embedded Applications, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [Kristoffersen,2000] Kristoffersen S. and Ljungberg F. (2000). Mobility: From stationary to mobile work, Planet Internet (pp.137-156). Lund: Studentlitteratur.
- [Kuschel, 2004] Kuschel J. and Ljungberg F. (2004). Decentralized Remote Diagnostics: A Study of Diagnostics in the Marine Industry, In Proceedings of the 18th British HCI Group Annual Conference, 6-10 September 2004, Leeds, UK.
- [Launch, 2005] Launch Automotive After-Market. Disponible en Internet <http://www.cnlaunch.com/> [2005-05-23]
- [Leen, 2002] Leen G. and Hefferman D. (2002). Expanding Automotive Electronic Systems, IEEE Computer, Volume: 35 Issue: 1, January 2002, Pages: 88-93.

- [Leohold, 2002] Leohold, J.; Kluge, J.; Klages, B.; Spichalsky, C.; Heinrich, A.; Henke, T.; „HiL- Simulation und Testautomatisierung“ ATZ/MTZ; Sonderheft VW Phaeton (2002) [2005-05-23]
- [Ljungberg, 1999] Ljungberg F. (1999). Practical Informatics. Informatics in the Next Millennium – Essays in Honor of Bo Dahlbom, 83-94. (Ch. 6).
- [Loesgen, 2000] Loesgen B. (2000). XML Interoperability, WROX Conferences, Amsterdam, 2000.
- [Luo, 2003] Luo J., Namburu M., Pattipati K., Qiao L., Kawamoto M. and Chigusa S. (2003). Modelbased prognostic techniques, IEEE AUTOTESTCON 2003 Conference, Anaheim, California, September 22-25.
- [Mathur, 2001] Mathur A., Cavanaugh K. F., Pattipati K. R., Willett P. K. and Galie T. R. (2001). Reasoning and Modelling Systems in Diagnosis and Prognosis, Proceedings of the 2001 SPIE Aerosense Conference on Component and Systems Diagnostics, Prognostics, and Health Management, Orlando FL, April.
- [Michalewicz] Michalewicz Z., Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs (3rd, revised and extended edition) Ó, Springer-Verlag, Berlin, 1999.
- [Miller] Miller J. M., Goel D., Kaminski D., Shöner H-P. and Jahns T. M. (1998). Making the Case for a Next Generation Automotive Electrical System, International Congress on Transportation Electronics Convergence '98, pp. 41-51.
- [Mogi, 2000] T. Mogi. "Prospects for failure diagnostic of automotive electronic control systems." Chapter of the book: "On and Off Board Diagnostic". ISBN 0-7680-0647-3.
- [Most, 2005] Most Cooperation (2005). Disponible en Internet: <http://www.mostcooperation.com/> [2005-05-23]
- [NATC, 2005] NATC, Nevada Automotive Test Center. Disponible en Internet <http://www.natc-ht.com/> [2005-05-23]
- [OICA, 2005] International Organization Of Motor Vehicle Manufacturer. Disponible en Internet <http://www.oica.net/> [2005-05-23]
- [Omitec, 2005] Omitec Scantool and HandHeld Diagnosis. Disponible en Internet <http://www.interro.com/> [2005-05-23]

- [OSGi, 2005] OSGi Alliance (2005). Disponible en Internet: <http://www.osgi.org/> [2005-05-23]
- [Report, 2004] Report of the High Level Group EUR 21149. "Vision 2020. Nanoelectronics at the centre of change." June 2004.
- [Ribbens, 2003] W.B. Ribbens. "Understanding Automotive Electronics" 6th Edition. Publish on behalf of Society of Automotive Engineers Inc. ISBN: 0-7680-1221-X.
- [RossTech, 2005] RossTech, Diagnostic Software for European Automobiles. Disponible en Internet <http://www.ross-tech.com/> [2005-05-23]
- [SAE, 2005] SAE, Society of Automotive Engineers (2005). Disponible en Internet: <http://www.sae.org> [2005-05-23]
- [SEI, 2005] SEI, Software Engineering Institute. Disponible en Internet: <http://www.sei.cmu.edu> [2005-05-23]
- [Shaw, 1995] Shaw M. and Garlan D. (1995). Formulations and Formalisms in Software Architecture, Computer Science Today: Recent Trends and Developments, Springer-Verlag LNCS Vol 1000, 1995.
- [Snapon, 2005] Snap-on Automotive Diagnostics Tools and Shop Equipment Disponible en Internet <http://www.snapondiag.com/> [2005-05-23]
- [SunDiagnostics, 2005] Sun Diagnostics. Disponible en Internet <http://www.sun-diagnostics.com/> [2005-05-23]
- [Terada, 2001] Terada H. et al., "Implementation and Evaluation of ITS Information Service Platform," Proc. of the 8th World Congress on Intelligent Transport System (2001).
- [Teradyne, 2005] Teradyne Diagnosis Solutions. Disponible en Internet http://www.teradyne-ds.com/sd/SD_Hardware.HTM [2005-05-23]
- [Texa, 2005] Texa Tele-Diagnosis. Disponible en Internet <http://www.texat-md.com/> [2005-05-23]
- [Tindel, 1994] Tindel K., Burns A., Guaranteeing Message Latencies on Control Area Network (CAN), Proceedings of the ICCO94, Mainz, Germany, 1994.
- [TMC, 1998] Maintenance Council's (TMC). (1998). Tomorrow's Vehicle Electronics Architecture – Service Diagnostic Expectations, TMC Tomorrow's Truck Position Papers Series, Issued: October 1998.

- [Tomita, 1998] Tomita N. et al., "Flow Oriented Approach for Human-centered Agile Manufacturing Systems," Proc. of IEEE, ISADS98 (1998).
- [Torngren, 2004] Torngren M., K. H. Johansson, G. Andersson, P. Bodin, and D. Purdue. A survey of contemporary embedded distributed control systems in vehicles. Technical Report ISSN 1400-1179, ISRN KTH/MMK-04/xx-SE, Dept. of Machine Design, KTH, 2004.
- [TTP, 2001] TTP/A Protocol. Report of Time Triggered Technology www.ttpforum.org/
- [Waern, 2003] Waern M. (2003). Real-Time Communication - Evaluation of protocols for automotive systems, Master of Science Thesis, KTH, Stockholm, Sweden 2003.
- [Walker, 2001] Walker G. H., Stanton N. A. and Young, M. S. (2001). Where Is Computing Driving Cars, International Journal of Human-Computer Interaction, 13(2), 203–229, 2001.
- [Wallén, 1996] Wallén G. (1996). Vetenskapsteori och forskningsmetodik, Lund: Studentlitteratur.
- [Valsan, 2002] Valsan A. (2002). European Remote Vehicle Diagnostics Market, Frost & Sullivan - Interactive Analyst Briefing, 7th November 2002.
- [Watson, 1994] Watson T. (1994). Application Design for Wireless Computing, Proc. Workshop Mobile
- [Vector, 2005] Vector Diagnostics. Disponible en Internet <http://www.car-diagnostics.com/> [2005-05-23]
- [Vetronix, 2005] Vetronix ETAS Diagnostic Analyzer. Disponible en Internet <http://www.vetronix.com/diagnostics/mts5100/description.html> [2005-05-23]
- [WinStar, 2005] WinStar Professional PC Based Diagnosis. Disponible en Internet <http://www.icm.com.tw/> [2005-05-23]
- [VMBD, 2005] Vehicle Model Based Diagnosis (VMBD). Disponible en Internet <http://www.aber.ac.uk/~dcswww/vmbd/> [2005-05-23]
- [Wright, 2003] Wright J. and Pugh T. (2003). The Changing Landscape for After-Sale Service, Frontline Solutions, July 2003.

