



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**AUTORES:**

**CAIZATOA CHULCA, MARÍA FERNANDA  
MÉNDEZ FLORES, XIMENA DEL ROSARIO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
MONITOREO DE AUTOMÓVILES EMPLEANDO EL ESTANDAR OBD-II**

**DIRECTOR: ING. PROAÑO, VICTOR MSc.  
CODIRECTOR: ING. SEGOVIA, EDISON**

**SANGOLQUÍ, ABRIL 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**CERTIFICADO**

Ing. Víctor Proaño, MSc.

Ing. Edison Segovia

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE AUTOMÓVILES EMPLEANDO EL ESTANDAR OBD-II", realizado por María Fernanda Caizatoa Chulca y Ximena del Rosario Méndez Flores, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a María Fernanda Caizatoa Chulca y Ximena del Rosario Méndez Flores que lo entregue al Ingeniero Luis Orozco MSc., en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 07 de abril de 2014



Ing. Víctor Proaño MSc.

**DIRECTOR**



Ing. Edison Segovia

**CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**CAIZATOA CHULCA MARÍA FERNANDA**  
**MÉNDEZ FLORES XIMENA DEL ROSARIO**

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE AUTOMÓVILES EMPLEANDO EL ESTANDAR OBD-II", ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 07 de abril de 2014

  
\_\_\_\_\_  
María Fernanda Caizatoa Chulca

  
\_\_\_\_\_  
Ximena del Rosario Méndez Flores

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotras:

María Fernanda Caizatoa Chulca y Ximena del Rosario Méndez Flores

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE AUTOMÓVILES EMPLEANDO EL ESTANDAR OBD-II", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 07 de abril de 2014

  
\_\_\_\_\_  
María Fernanda Caizatoa Chulca

  
\_\_\_\_\_  
Ximena del Rosario Méndez Flores

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mis padres quienes han sido los pilares principales en mi vida, las personas que han estado a mi lado con sus consejos, frases de aliento y que no han dejado que caiga en los momentos más difíciles de mi carrera estudiantil, ya que sin su ayuda, su apoyo constante y su amor incondicional no hubiese sido posible este éxito se superación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la fuerza espiritual y por bendecirme todos los días de mi vida, a mis padres por su apoyo económico y moral, por darme la oportunidad de estudiar y ser alguien en la vida, porque a pesar de los momentos más difíciles siempre buscaron la forma de darnos a mis hermanos y a mí un futuro mejor. A una de mis mejores amigas, Ximena por que ha estado conmigo en las buenas y en las malas compartiendo alegrías y sinsabores, por realizar junto a mí este proyecto hasta el final, gracias amiga.

Fernanda.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto es dedicado a Dios, que es la fuente de amor y sabiduría.

A mi esposo que ha sido mi fiel amigo y compañero, que me ha ayudado a continuar adelante.

A mis Padres, por su incondicional apoyo, por estar pendiente de mí a cada momento, a mis hermanos, porque son amigos incondicionales de toda la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi esposo, por su cariño, comprensión y apoyo incondicional, a mis padres porque guiaron mis pasos con mucho amor, dedicación y esfuerzo.

A mi amiga Fer, por todos los momentos que hemos compartido, aprendiendo que nuestras diferencias se convierten en riqueza cuando existe respeto y verdadera amistad, y porque juntas hemos hecho realidad este sueño.

A la ESPE, porque en sus aulas, recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes.

A los Ingenieros Víctor Proaño y Edison Segovia, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación me han guiado en el desarrollo y culminación de este trabajo.

Ximena.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1 .....	1
UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL (ECU) .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Descripción .....	2
1.3.1  Evolución de los Sistemas Electrónicos .....	3
1.3.2  Componentes del Sistema Electrónico.....	4
1.3    Sensores y Actuadores .....	15
1.3.1  Sensores en el automóvil .....	15
1.3.2  Actuadores .....	20
CAPITULO 2.....	22
OBD .....	22
2.1    Introducción .....	22
2.2    Reseña Histórica .....	23
2.2.1  Primera Generación OBD-I .....	24
2.2.2  OBD 1.5 .....	27
2.2.3  Segunda Generación OBD II.....	27
2.2.4  Tercera Generación OBDIII.....	30
2.3    Aplicaciones del OBDII .....	32
2.3.1  “Control en los motores de gasolina.....	32

2.3.2	Control en los motores diesel.....	33
2.4	Equipos Comerciales.....	34
CAPÍTULO 3.....		43
FUNCIONES DEL ESTANDAR OBDII.....		43
3.1.	Introducción .....	43
3.2.	Funciones OBDII.....	45
3.3.	Formato del mensaje OBDII.....	50
3.4.	Detección de errores.....	53
3.5.	Acceso a la información del sistema OBDII .....	55
3.5.1	Redes de comunicación.....	56
CAPITULO 4.....		65
EL SISTEMA DE CAN BUS.....		65
4.1	Introducción.....	65
4.2	Características del protocolo CAN.....	66
4.2.1	Ventajas del bus.....	69
4.2.2	Elementos que componen el sistema Can-Bus.....	70
4.3	Funcionamiento.....	74
4.4	Formato del mensaje.....	79
CAPITULO 5.....		83
CHIP ELM327.....		83
5.1	Introducción.....	83

5.2	Funcionamiento .....	84
5.3	Comandos AT.....	93
5.4	Interpretación del código de falla.....	102
5.5	Monitoreo del bus .....	107
CAPITULO 6.....		111
HARDWARE Y SOFTWARE .....		111
6.1.	Diseño del hardware .....	111
6.1.1.	El Conector OBDII.....	113
6.1.2.	Cable de interfaz OBDII. ....	117
6.1.3.	Transmisor - Receptor de alta velocidad MCP2551 .....	119
6.1.4.	ELM 327 .....	123
6.1.5.	Atmega 644-20PU.....	128
6.1.6.	Glcd 128x64 pixeles (LCD matricial) .....	131
6.1.7.	Pantalla táctil.....	133
6.2.	Implementación del hardware .....	134
6.3.	Programación de los chips .....	138
CAPITULO 7.....		152
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		152
7.1.	Pruebas realizadas.....	152
7.2.	Ajustes realizados .....	164
7.3.	Investigación de la producción del prototipo .....	166

7.3.1	Plan de negocio.....	166
7.3.2	El producto .....	168
7.3.3	El precio .....	170
CAPITULO 8.....		175
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		175
8.1.	Conclusiones.....	175
8.2.	Recomendaciones.....	177
BIBLIOGRAFÍA .....		178

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 3. 1. Estándares utilizados en las redes de comunicación internas. ...	59
Tabla. 4.1. Correlación entre la velocidad de transferencia, longitud del bus, material del bus e impedancia de la terminación .....	69
Tabla. 4.2. Transmisión de la información por medio de dos bit enlazados .....	78
Tabla. 5.1. Resumen de Comandos Generales AT .....	95
Tabla. 5.2. Comandos OBD.....	95
Tabla. 5.3. Comandos específicos para J1850.....	96
Tabla. 5.4. Comandos específicos para ISO .....	97
Tabla. 5.5. Comandos específicos CAN (protocolos 6 y C).....	97
Tabla. 5.6. Comandos específicos J1939 CAN.....	98
Tabla. 5.7. Comandos de Parámetros Programables.....	98
Tabla. 5.8. Comandos de lectura de tensión .....	98
Tabla. 5.9 PID Para obtener el valor real de la temperatura.....	101
Tabla. 5.10. Valores equivalentes al primer dígito enviado por la ECU. ....	103
Tabla. 6.1. Descripción de pines del MCP 2551 .....	121
Tabla. 6.2. Descripción de pines del ATMEGA 644-20PU.....	131
Tabla. 6.3. Descripción de pines de la pantalla gráfica.....	133
Tabla. 6.4. Lista de Materiales de la Interfaz con ELM327 .....	137

Tabla. 7.1. Muebles e inmuebles .....	171
Tabla. 7.2. Descripción y costos de materiales.....	172
Tabla 7.3 Costos fijos y variables para la producción del prototipo .....	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. 1. ECUs presentes en un vehículo actual. ....	6
Figura. 1. 2. Estructura interna de procesador de una ECU de un vehículo ...	6
Figura. 1. 3. Esquema de interfaz electrónico común de acceso a bus, para diferentes ECUs interconectadas. ....	11
Figura. 1. 4. Arquitectura de red de comunicación electrónica típica de un vehículo.....	13
Figura. 1. 5. Sensores colocados en el vehículo.....	16
Figura. 1. 6. Señales de entrada y salida del sensor .....	17
Figura. 1. 7. Procesamiento de las señales en la unidad de control.....	18
Figura. 2.1. Aspectos más importantes incluidos en OBD-I.....	26
Figura. 2.2. Aspectos más importantes incluidos en OBD-I.....	28
Figura. 2.3. Etapas más importantes en la evolución de la diagnosis.....	32
Figura. 2.4. Pantalla OBD Gauge .....	35
Figura. 2.5. Pantalla Scan Master.....	35
Figura. 2.6. Pantalla OBDII Crazy.....	36
Figura. 2.7. Pantalla del programa EasyOBD .....	36
Figura. 2.8. Pantalla del programa OBD2 Spy .....	37
Figura. 2.9. Pantallas de visualización de los datos de sensores .....	37
Figura. 2.10. Pantalla del programa PCMSCAN .....	38

Figura. 2.11. Pantalla del programa ProScan .....	38
Figura. 2.12. Programa ScanXI-EIM .....	39
Figura. 2.13. Ejemplos de Software existente en el mercado .....	42
Figura. 3.1. Estructura típica del mensaje OBD para las normas .....	51
Figura. 3.2. Estructura típica del mensaje OBD para la norma ISO 15765-4 (CAN).....	53
Figura. 3. 3. Figura ubicación de la luz Check Engine en el vehículo.....	54
Figura. 3.4. Ejemplos de sistemas de control, diagnosis, notificación, .....	56
Figura. 3. 5 Tipos de redes o buses de comunicación implantadas.....	58
Figura. 3. 6. Ejemplos de aplicaciones del bus CAN para las tres alternativas.....	60
Figura. 3.7. Mensajes de petición y respuesta al acceso a datos en vivo del sistema a bordo .....	63
Figura. 3. 8. Mensajes de petición y respuesta para el acceso a códigos de falla .....	64
Figura. 4.1. Capas del modelo OSI.....	66
Figura. 4.2. Cables CAN Bus.....	71
Figura. 4. 3. Topología del bus CAN.....	72
Figura. 4.4. Elemento de cierre o terminador.....	72
Figura. 4.5. Controladores .....	73
Figura. 4.6. Transmisor - Receptor .....	73

Figura. 4.7. Ciclo de transmisión de datos.....	76
Figura. 4.8. Estado operativo del interruptor de luz .....	77
Figura. 4. 9 Valor recesivo .....	77
Figura. 4.10. Valor dominante.....	78
Figura. 4.11. Estructura del formato del mensaje CAN.....	79
Figura. 5.1. Diagrama de conexión.....	85
Figura. 5.2. Diagrama de bloque.....	86
Figura. 5.3. Ejemplo de código DTC de OBDII .....	105
Figura 6.1. Interpretación gráfica del proyecto.....	112
Figura. 6.2. Diagrama de bloques del prototipo .....	113
Figura. 6.3. Ubicación del conector OBDII en el panel del vehículo .....	114
Figura. 6.4. a) Conector hembra en el vehículo, b) vista conector DLC u OBD2 .....	116
Figura. 6.5. Conector OBD2 a RS232.....	117
Figura. 6.6. Distribución de pines MCP2551.....	121
Figura. 6.7. Circuito esquemático de aplicación típica del ELM 327 .....	124
Figura. 6.8. Distribución de pines.....	130
Figura. 6.9. Pantalla GLCD.....	132
Figura. 6.10. (a) Touch panel, (b) distribución de pines.....	134
Figura. 6.11. Diagrama circuital .....	135
Figura. 6. 12. Diagramas de ruteado .....	136

Figura. 6.13. Fotografías del proyecto a) placa superior b) placa inferior ..	137
Figura. 6.14. Diagrama de conexión .....	137
Figura. 6.15. Diagrama de flujo.....	139
Figura. 6. 16. Fotografía de la pantalla principal .....	142
Figura. 7.1. Cambio de la resistencia R21 .....	164

## GLOSARIO

ABS	Sistema Antibloqueo de Frenos
ECU	Unidad Electrónica de Control
AVI	Válvula Indicadora de Aire
BSI	Interfaz Síncrona de Bits
LIN	Interfaz de red local (local interface network)
OBD	Diagnóstico a bordo (On board diagnostic)
EOBD	European On Board Diagnosis
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EGR	Recirculación de los gases completa (Exhaust Gas Recirculation)
SAE	Sociedad Americana de Ingenieros
CARB	Consejo de Recursos Atmosféricos de California
DTC	Códigos de Diagnóstico de Problemas
ECM	Módulo de Control del Motor (Engine Control Module)
EPFM	Medidor de flujo de purga por evaporación (Evaporative Purge Flow Meter)
TIC	Tecnología de la Información y la Comunicación
LEV	Vehículos con bajas emisiones de gases de escape
EU	Unión Europea
CAN	Red de área del controlador (Controller Area Network)
ISO	Organización Internacional de Normalización
VPW	Ancho de Pulso Variable (Variable Pulse Width)

PWM	Modulación por Ancho de Pulso (Pulse Width Modulation)
MIL	Luz indicadora de mal funcionamiento (Malfunction Indicator Light)
NTC	Sensores de Coeficiente Negativo
Ur	Tensión Suministrada
Uh	Tensión Hall
PCM	Módulo de Control del Tren Motriz
MOST	Medios de comunicación orientado a los sistemas de transporte (Media Oriented Systems Transport)
MI	(Motorola InterConnect)
DSI	(Distributed Systems Interface)
BST	(Bosch-Siemens-Temic)
MML	(Mobile Multimedia Link)
TDMA	(Time Division Multiple Access)
D2B	(Domestic Digital Data Bus)
EEC	Control de Emisión de Gases de Escape
BMS	Gestión de Freno
EMS	Gestión de Motor
DLC	Conector de Datos de Enlace
UDS	Servicios de Diagnóstico Unificados
CRC:	Chequeo de Redundancia Cíclica de la Trama
RDR:	Trama Remota
RTR	Respuesta de Transmisión Remota
IDE	Identificador de dato

CF	Costo fijo
CV	Costo variable
Ack	Campo de Confirmación
EOF	Campo de Fin de Mensaje
CI	Circuito Integrado
PP	Código del Parámetro Programable
AT	Atención (Attention)
PID	Parámetro de Identificación
EIA	Asociación de Industria Electrónica
RS	Estándar Recomendado
ASCII	Código Estándar Americano para el Intercambio de Información
EMI	Reducción de Emisiones de Gases de CO2
Steer by Wire	Sistemas de dirección por cable
Brake by wire	Freno por cable

## RESUMEN

La construcción del prototipo da una herramienta de diagnóstico y monitoreo de fallas producidas en el sistema electrónico automotriz, este diseño se compone de una pantalla GLCD, un touch panel, un microcontrolador ATMEL, un circuito integrado ELM327 que actúa como traductor, entre otros dispositivos acopladores y de seguridad, la aplicación fue desarrollada en el programa BASCOM AVR. El ELM327 interpreta la información proveniente del vehículo y la transforma en datos seriales. La alimentación de este prototipo se obtiene a través del conector J1962 hembra DB9F, la información procesada se despliega en la pantalla, siendo las lecturas de los sensores de: RPM, temperatura del refrigerante, velocidad, así como también está en la capacidad de indicar las averías en el vehículo de tal forma que el usuario pueda comprender los códigos enviados por la unidad central electrónica (ECU). Para verificar la funcionalidad del prototipo se realizaron pruebas en vehículos de diferentes marcas y modelos, dando como resultado que el 90% de vehículos posee el conector OBD-II, pero solo el 10% tiene el sistema completo OBD-II.

### **PALABRAS CLAVES:**

OBD	Diagnóstico a bordo
ECU	Unidad Electrónica de Control
MIL	Luz indicadora de mal funcionamiento
DTC	Códigos de Diagnóstico de Problemas
PID	Parámetro de Identificación

## ABSTRACT

The construction of the prototype provides a tool for diagnosis and monitoring of faults produced in the automotive electronic system; this design consists of a GLCD display, a touch panel, ATMEL microcontroller ELM327 integrated circuit that acts as a translator between other devices couplers and security, the application was developed in BASCOM AVR program. The ELM327 interprets the information from the vehicle and converts it into serial data. The power of this prototype is obtained through the J1962 female connector DB9F, the processed information is displayed on the screen, with the readings of the sensors: RPM, coolant temperature, speed, and is also capable of indicating the damage to the vehicle so that the user can understand the code sent by the electronic control unit (ECU). To verify the functionality of the prototype tests were performed on vehicles makes and models, with the result that 90% of vehicles have the OBD- II connector, but only 10% have complete OBD- II system.

### KEYWORDS:

OBD	On board diagnostic
ECU	Control electronic unid
MIL	Malfunction Indicator Light
DTC	Problems diagnostic codes
PID	Identification parametre

## PRÓLOGO

En la actualidad los vehículos se han convertido en una herramienta necesaria de movilidad y trabajo diario para el hombre, es por eso que el mantenimiento correctivo y preventivo del mismo es indispensable.

Hoy en día se sabe que los talleres de las concesionarias poseen equipos capaces de interconectarse con la unidad electrónica de control a fin de detectar las averías del sistema al instante. La reparación de los problemas del auto en los talleres concesionados tiene un alto costo, por lo que en nuestro país no se recurre estos talleres sino a la mecánica de confianza donde no se garantiza una adecuada reparación.

En el mercado existen equipos de diagnóstico automotriz, de elevado precio lo que dificulta la adquisición en los talleres mecánicos. Por eso el objetivo de este proyecto es construir un prototipo de diagnóstico de fallas, para conseguirlo se utiliza un traductor de códigos ELM327, ya que la información proveniente del vehículo se encuentra en formato OBD-II, el circuito integrado es el encargado de interpretar y transformar a un formato serial y a través de un microcontrolador se maneja la información, la convierte de manera legible y muestra en una pantalla GLCD. Los datos extraídos son los de tiempo real, es decir, los datos que también se observan en el panel de control, y si existiera, los códigos de avería del sistema electrónico del vehículo, facilitando de esta manera la reparación

# CAPITULO 1

## UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL (ECU)

### 1.1 Introducción

La electrónica le ha dado un giro de 180 grados a la fiabilidad del vehículo, en la actualidad se sigue incorporando aún más componentes inteligentes, en diversos apartados como pueden ser: seguridad, calidad, confort, rendimiento, efectividad, etc. Pero todos estos sistemas hay que interpretarlos por medio de su autodiagnóstico.

En un principio la electrónica se utilizó en los vehículos, en el sistema de encendido, al sustituir los clásicos platinos, para luego ir a los sistemas de inyección de gasolina. A partir de aquí los diferentes sistemas utilizados en el automóvil se han ido beneficiando de una aplicación cada vez mayor de la electrónica. Nacieron así sistemas como el ABS<sup>1</sup> (el antibloqueo de frenos), el airbag, las suspensiones inteligentes, etc. Hoy en día la lista de sistemas

---

<sup>1</sup> ABS: sistema antibloqueo de frenos

electrónicos implementados en cada uno de los vehículos es realmente extensa, independientemente de su categoría, marca y modelo. Desde el más pequeño utilitario hasta los más sofisticados vehículos disponen de un importante número de elementos, sistemas y componentes regulados electrónicamente.

## **1.2 Descripción**

Los Sistemas electrónicos invaden ya cada rincón del automóvil y estamos ya usando los sistemas multiplexados que permiten incorporar aún más componentes inteligentes como sistemas de navegación, sistemas de aproximación, etc. Por tal motivo resulta muy difícil, si no imposible, establecer un sistema eléctrico universal para todos.

“El multiplexado es un sistema digital de comunicaciones entre las diversas ECUs<sup>2</sup> de bajo” (Canbus, 2002) coste ya que evita la utilización innecesaria de sensores, en el que los elementos conectados comparten un mismo bus de datos, por lo que se intercambia datos y señales de control, siendo fiables y precisos. Con esto se quiere decir que la señal no va a llegar a una unidad en particular, siendo suficiente conectar a cualquier unidad e inmediatamente todas las demás pueden utilizar ese dato.

Era la causa del 50% de fallos en la electrónica del automóvil el excesivo cableado. “El multiplexado permite una mejor armonización entre ECUs,

---

<sup>2</sup> ECU: Unidad de control electrónico

pues éstas ya no operan de forma autónoma en un sistema propio y exclusivo, sino que lo hacen dentro de un contexto más general, facilitando las labores de diagnóstico” (Canbus, 2002). “Mediante la conexión al bus de un dispositivo externo que incorpore la lógica adecuada, se puede obtener de forma simple e inmediata todo tipo de información sobre el estado de funcionamiento del vehículo” (Canbus, 2002). Con esta información se puede elaborar un amplio rango de diagnósticos, tanto en la reparación y mantenimiento de los componentes como en la fabricación de los mismos. (Canbus, 2002)

### **1.2.1 Evolución de los Sistemas Electrónicos**

Con el paso de los años se ha experimentado cambios en la incorporación de la electrónica en los vehículos, desde el punto de vista de su diagnóstico se puede mencionar a cuatro generaciones y la futura será una quinta.

**Primera Generación:** Al inicio, los sistemas que conformaban los automóviles se basaban en dispositivos analógicos y no disponían de microprocesadores, razón por la cual el programa de funcionamiento era sencillo y el sistema en general se carecía de sensores y actuadores.

**Segunda Generación:** En esta generación aparece el microprocesador en la ECU (Unidad de Control Electrónico) que le permitiendo un amplio

funcionamiento. El número de sensores y actuadores era mayor. Se añade la autodiagnos, que en sus primeros pasos solamente emitía una serie de códigos de avería, mostrado a través de un informador de avería instalado en el cuadro de mandos del propio vehículo.

**Tercera Generación:** “El número de sensores y actuadores crece notable-mente y se incorpora una autodiagnos más evolucionada” (Canbus, 2002). También se obtienen datos de funcionamiento del sistema.

**Cuarta Generación:** En esta etapa se incorpora sistemas con más de un microprocesador, permitiendo la autodiagnos y una programación externa. La reprogramación se da cuando el fabricante lo crea necesario donde se hará cambios para un correcto funcionamiento del sistema.

**Quinta Generación:** Se tratará de acuerdo a como la electrónica avance con la tecnología del microprocesador que permitirá reducir espacios, menos componentes, la utilización de la multiplexación y la fibra de vidrio que representa soluciones económicas y precisas. Dando facilidad para instalaciones simples y duraderas.

### **1.2.2 Componentes del Sistema Electrónico**

Todos los sistemas electrónicos aplicados en el automóvil conforman una misma estructura de elementos que son:

- **ECU (Unidad de Control Electrónico):** Este dispositivo es el cerebro electrónico del vehículo al que están conectados una serie de sensores que le proporcionan información y actuadores que ejecutan comandos para controlar el sistema de inyección de combustible, tiempo de ignición, y el sistema de control de velocidad de ralentí. El ECU se compone de un microprocesador, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de sólo lectura (ROM), y una interfaz de entrada / salida.
  
- **Sensores:** Dispositivos que reciben información y transforman las señales de entrada analógicas a señales eléctricas que la ECU interpreta y son clasificados de la siguiente manera:
  1. Sensores funcionales, destinados a tareas de mando y regulación.
  2. Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (protección antirrobo)
  3. Sensores de vigilancia del vehículo (diagnóstico de a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la información del conductor y pasajeros.
  
- **Actuadores:** Dispositivos de salida que convierten las señales eléctricas que llega a la ECU cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar sobre los dispositivos mecánicos.

- **Alimentaciones:** Esta constituido de elementos capaces de generar corriente eléctrica al sistema como son batería, relés, etc.

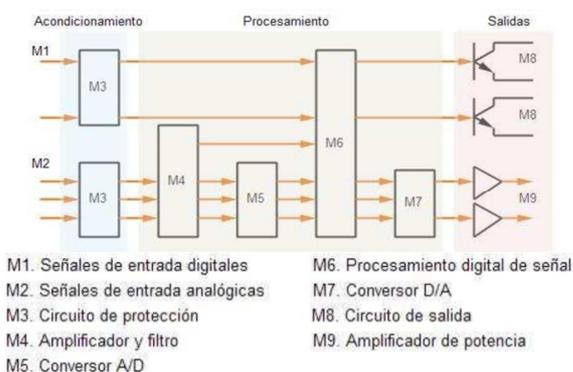
**ECU:** está formada por microprocesadores que son capaces de manipular la información en poco tiempo, también están preparadas para controlar funciones críticas y hacer correcciones. También evalúan los datos de sensores externos y regula al nivel de tensión admisible, optimizando el rendimiento del motor. La ECU es un elemento que se puede dañar, romper o simplemente desprogramar, lo que origina la falla o inmovilización total del vehículo. Los vehículos actuales, poseen más de 100 ECUs, y en el futuro se alcanzaran seguramente hasta las 200.



**Figura. 1. 1. ECUs presentes en un vehículo actual.**

Fuente: (Pina, 2011)

La **estructura interna** de una ECU, puede dividirse en tres bloques.



**Figura. 1. 2. Estructura interna del procesador de una ECU del vehículo**

Fuente: (Pina, 2011)

**Acondicionamiento.** Ajusta a la señal proveniente de los sensores, analógicos y digitales y sus funciones son:

- Circuitos de protección
- Filtrado de ruido en señales de medida
- Adaptación de niveles, con atenuadores o amplificadores
- Conversores A/D para las entradas analógicas

**Procesamiento digital de la señal.** La capacidad de ejecutar programas en tiempo suficientemente rápido en comparación a los tiempos de dinámica del vehículo, de resolver algoritmos de cierta complejidad, de registrar variables sensoriales de interés, y de facilidad de programación, ha impuesto la necesidad de procesar las señales de entrada al micro de forma digital. Dependiendo de la dificultad de la tarea a desarrollar, el dispositivo digital de procesamiento puede estar entre un microcontrolador básico de 8 bits fijo o un micro de 32 bits trabajando de forma flotante. Esta forma de procesamiento del ECU se programa para la ejecución específica de una función, a la vez que para soportar tareas de auto-diagnos.

**Adaptación de salidas de actuación.** “Las salidas digitales del micro requieren una conversión de nivel de tensión y corriente superior a la proporcionada por el micro para excitar a los dispositivos de actuación (motores eléctricos o hidráulicos), por lo que es necesaria la introducción de una etapa de adaptación de señales”. (Pina, 2011)

Las **funciones** que pueden ser controladas por la ECU son las siguientes:

**Control de inyección de combustible.** Este sistema basa su funcionamiento en la medición de ciertos procesos de trabajo del motor, como por ejemplo, la temperatura del aire, el caudal de aire, el estado de carga, la temperatura del refrigerante, los gases de escape y la cantidad de oxígeno que poseen, así como también, las revoluciones del motor.

El sistema electrónico de control se encarga de procesar toda esta información en relación a su funcionamiento. Los resultados se transmiten a modo de señales a los accionadores o actuadores que van controlando, según el estado general del motor, la inyección de cierta cantidad de combustible, encargándose también de lograr una combustión completa. Una de las ventajas de la inyección electrónica de combustible radica en la mayor efectividad, en comparación al carburador, para la dosificación del combustible, además de la considerable disminución de la emanación de gases tóxicos al medio ambiente.

**Control bomba de combustible.** La ECU controla el voltaje dado a la bomba de combustible, haciéndolo reducir la tensión aplicada para así reducir el ruido de la bomba y el consumo de energía eléctrica en ralentí.

**“Control de puesta a punto del encendido.** La puesta a punto óptima del encendido es determinada al recibir las señales de distintos sensores.

**Auto-Diagnostico.** Verifica si los sistemas de señales de entrada y de salida hacia y desde la unidad de control son normales”. (Mecanicoweb)

Los sistemas de diagnosis, no solamente permiten hacer un mantenimiento preventivo en la localización de la avería 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, hacen prever que la diagnosis del futuro sufrirá una importante evolución con el fin de conseguir mayores prestaciones en seguridad, disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad. El diagnostico electrónico se puede clasificar en dos categorías:

1. **El sistema On Board**<sup>3</sup> (autodiagnóstico limitado e interno): Se realiza de manera continua he informa al conductor el estado del vehículo, indican cierto tipo de fallas básicas como: bajo nivel de combustible, problemas en el sistema de refrigeración, puertas mal cerradas, kilómetros recorridos, etc.
2. **El sistema Off Board**<sup>4</sup> (diagnóstico completo y externo): Realizado por equipos externos (computadoras e interfaces de conexión) con software

---

<sup>3</sup> Sistema On Board: Autodiagnóstico limitado e interno

<sup>4</sup> Sistema Off Board: Autodiagnóstico completo y externo

que testea el comportamiento completo del vehículo, facilitando el mantenimiento preventivo y reparación.

**Control de régimen de marcha en vacío.** Recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.

**Control Ralentí.** Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.

**Control regulador de presión.** Aumenta temporalmente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante.

**Control regulador de aire.** En el sistema convencional el regulador de aire normalmente se excitaba con el interruptor de encendido en posición ON. En otros casos el regulador de aire es excitado sólo cuando la bomba de combustible está en funcionamiento, con el objeto de reducir el consumo de energía eléctrica.

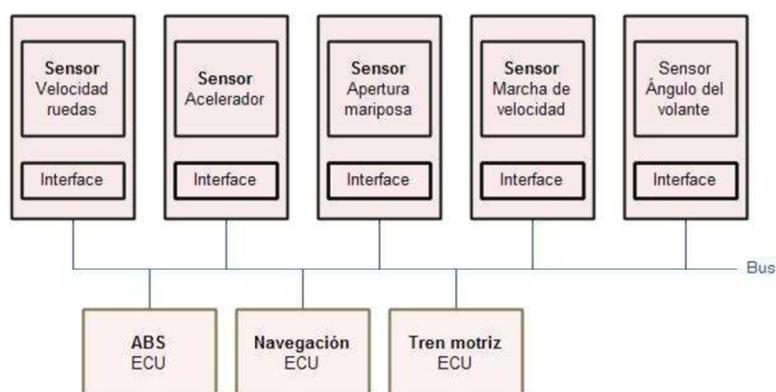
**Otros.** “También se utiliza el control E.G.R.<sup>5</sup> (recirculación de gas de escape), control A.V.I.<sup>6</sup> (válvula indicadora de aire), etc.” (Mecanicoweb)

---

<sup>5</sup> E.G.R.: recirculación de gas de escape

<sup>6</sup> A.V.I.: válvula indicadora de aire

**Red de comunicación.** El aumento de tarjetas electrónicas, más la necesidad de comunicarse entre ellas para la verificación de un correcto funcionamiento y diagnóstico del vehículo, ha llevado a cambiar el control centralizado en una ECU, por el control distribuido de ECUs en red.



**Figura. 1. 3. Esquema de interfaz electrónico común de acceso a bus, para diferentes ECUs interconectadas.**

**Fuente:** (Pina, 2011)

Cualquier red de comunicación, debe de cumplir con:

- Interconectividad
- Interoperabilidad
- Intercambiabilidad

Para facilitar la conexión de diferentes ECUs en una misma red, se suele utilizar el mismo interfaz de bus que usa la tarjeta, pero no influye en la funcionalidad de esta.

Los numerosos sistemas electrónicos se organizan en redes y subredes con elementos de enlace, que actúan como puentes para facilitar la comunicación entre ellos y la puesta en marcha de funciones cada vez más complicadas.

Esto último no quita, que una misma ECU, pueda integrar varias funciones, pero como inconveniente a la reducción del número micros, tenemos una reducción de la tolerancia a fallos y una dificultad añadida para los fabricantes independientes de tarjetas especializadas.

Las redes de comunicación entre ECUs, tienen las siguientes ventajas:

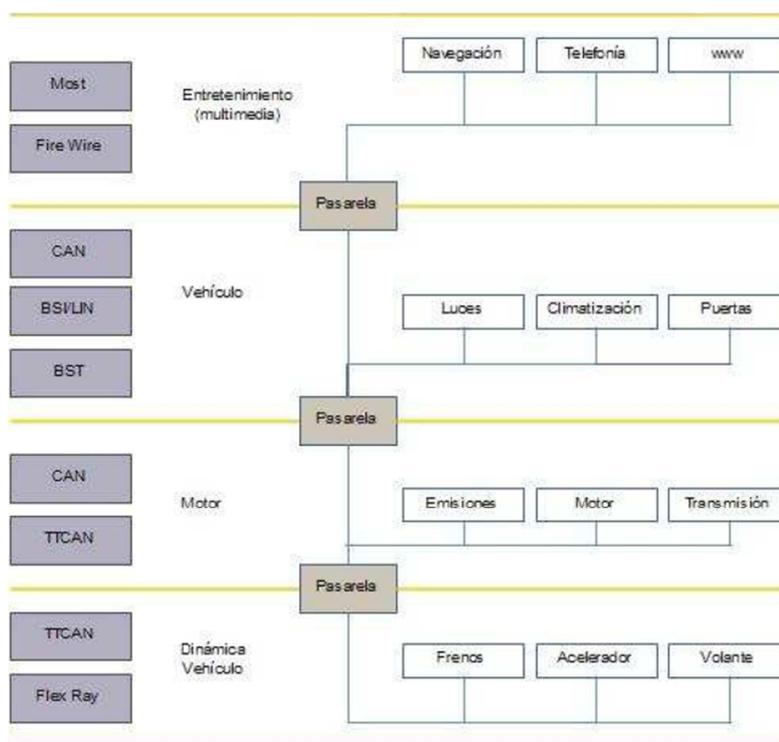
- Reducción del cableado
- Aumento de la capacidad de volumen y velocidad de intercambio de datos.
- Reducción de la posibilidad de fallos entre dispositivos
- Posibilidad de acceso múltiple a un nodo de la red
- Facilidad de crecimiento ordenado del sistema, con la incorporación de nuevas ECUs
- Posibilidad de configuración y calibración remotas
- Mayor facilidad en el mantenimiento y diagnóstico del conjunto

El mayor problema para los fabricantes de ECUs, era la coexistencia de muchos buses y protocolos para la implementación de redes de

comunicación. Este problema se superó con la implantación generalizada de un estándar con protocolo abierto: la red CAN.

La conexión física entre los elementos de una misma red, puede hacerse por cable trenzado, apantallado o por fibra óptica, en función de la distancia a cubrir y la velocidad de comunicación aceptada.

Se establecen cuatro niveles para la clasificación de los sistemas electrónicos del automóvil, existiendo entre ellos elementos de enlace o pasarelas, como se puede ver en la figura 1.4.



**Figura. 1. 4. Arquitectura de red de comunicación electrónica típica de un vehículo.**

Fuente: (Pina, 2011)

- **Sistema multimedia.** La incorporación de nuevas tecnologías de comunicación al mundo del automóvil, como son el DVD, GSM o GPS, con requerimientos de grandes anchos de banda de hasta 100 Mbps, ha obligado a la implantación de buses como el MOST o el *Fire wire* con reducidos niveles de emisión de interferencias.
- **Complementos (*bodywork*).** Son muchos los dispositivos incluidos en este nivel: Luces, aire acondicionado, puertas, espejos, ventanillas, regulación de asiento y volante, tablero de instrumentos, etc..... Los buses dedicados a dar servicio a este nivel están en el rango de 1Kbps y 125 Kbps y los más conocidos son CAN, BSI<sup>7</sup> (*Bit Synchronous Interface*) y LIN<sup>8</sup> (*Local Interface Network*).
- **Sistema motriz (*drivetrain*).** Incluye los elementos más importantes para el funcionamiento del carro, como son la transmisión, inyección, ESP, ABS. El bus más usado es el CAN y su versión más avanzada es el TTCAN con una velocidad típica de transmisión de datos para garantizar el control electrónico en tiempo real del sistema, en el rango de 125 Kbps a 1Mbps.
- **Dinámica del vehículo.** Esta parte está compuesta principalmente por los sistemas de dirección, aceleración y frenado electrónico, en

---

<sup>7</sup> BSI: Interfaz síncrona del bit

<sup>8</sup> LIN: Interfaz de red local

los que se está trabajando a nivel de prototipo, soportado por los buses TTCAN y Flex-ray.

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

- **Periódicos o síncronos:** Son enviados en un intervalo fijo e incorporan una información continua de datos como la velocidad del vehículo o las revoluciones por minuto. Esta clase de datos están presentes en los sistemas de comunicación de velocidad media/alta.
- **Por eventos, o mensajes:** Que se generan tras alguna variación en el modo normal de operación. Es el caso de la detección de fallos o la activación de sistemas por el conductor. (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

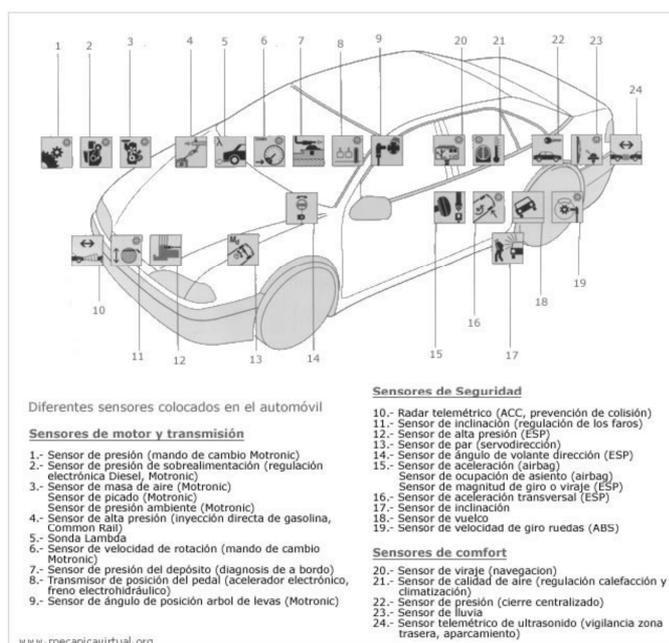
### **1.3 Sensores y Actuadores**

#### **1.3.1 Sensores en el automóvil**

Los sensores son los “órganos sensoriales” del vehículo, a través de los cuales se puede captar recorrido, posición, rotación, velocidad, aceleración, vibración, presión, caudal, temperatura u otras magnitudes de influencia.

Las señales son indispensables para las funciones de mando y regulación de los diferentes sistemas de regulación del motor, del tren de rodaje, de seguridad y de confort.

Al ser elementos periféricos, los sensores y actuadores constituyen interfaces entre el vehículo con sus complejas funciones de transmisión, frenado, tren de rodaje, carrocería, conducción y navegación, y la unidad electrónica de control como unidad de tratamiento.

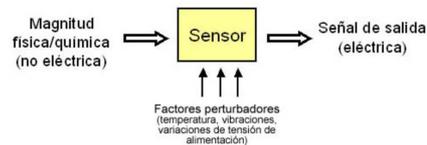


**Figura. 1. 5. Sensores colocados en el vehículo.**

Fuente: (virtual)

El sensor convierte una magnitud física o química que generalmente no son señales eléctricas, en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por la unidad de control. La señal eléctrica de salida del sensor no es considerada solo como una corriente o una tensión, sino también se consideran las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la

fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos "resistencia", "capacidad" e "inductancia".



**Figura. 1. 6. Señales de entrada y salida del sensor**

**Fuente:** (Vago, 1998)

Los sensores para automóviles se clasifican tomando en cuenta distintas características como son:

1. **Función y aplicación.** Y se dividen en tres grupos:

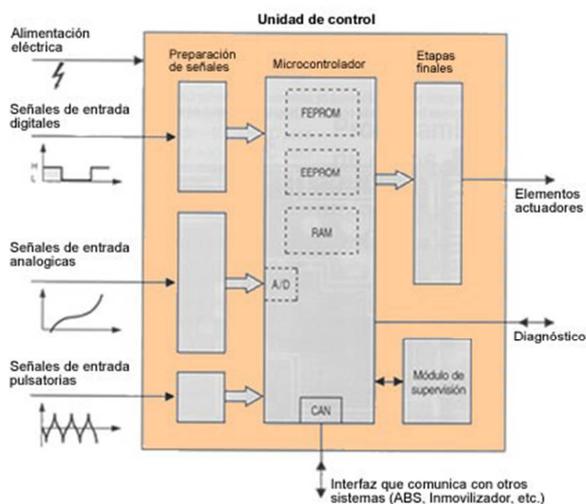
- Sensores funcionales
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento
- Sensores de vigilancia del vehículo

2. Según la **señal de salida** se pueden dividir en:

- Los que entregan una **señal analógica** por ejemplo: la que proporciona el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.
- Los que proporcionan una **señal digital** por ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o

señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall.

- “Los que proporcionan **señales pulsatorias** como son: sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia.” (Autotronica, 2011)



**Figura. 1. 7. Procesamiento de las señales en la unidad de control**

Fuente: (meganeboy)

3. Al contrario de los sensores convencionales existentes en el mercado, los utilizados en el sector del automóvil están diseñados para cumplir con **duras exigencias** que se dan en el funcionamiento de los vehículos y están sujetos a cinco cualidades como son:

a) Alta fiabilidad: Se tiene:

- Dirección, frenos y protección de los pasajeros

- Motor, transmisión, tren de rodaje, neumáticos
  - Confort, diagnosis, información y protección contra el robo
- b) Bajos costes de fabricación: La fabricación se efectúa utilizando procesos automatizados muy rentables.
- c) Duras condiciones de funcionamiento: Los sensores pueden estar en puntos expuestos del vehículo. Es por esto que están sometidos a cargas extremas y deben de resistir toda clase de esfuerzos como:
- Mecánicos (vibraciones, golpes)
  - Climáticos (temperatura, humedad)
  - Químicos (salpicaduras de agua, niebla, combustible, aceite de motor, o líquido de batería)
  - Electromagnéticos (irradiaciones, impulsos parásitos de cables, sobreten-siones, etc.)
- d) Compactibilidad: El constante aumento de sistemas electrónicos y la forma cada vez más compacta de los vehículos, junto con la conservación simultánea del alto grado de confort para los pasajeros, obligan a construir sensores extremadamente compactos tomando en cuenta una minimización sistemática del peso de los vehículos, con el fin de ahorrar combustible.

- e) Alta precisión: Comparada con las exigencias impuestas a los sensores de procesos industriales, la precisión requerida de los sensores del automóvil es, salvo pocas excepciones modesta. Las tolerancias admisibles son en general mayor o igual a 1% del valor final del alcance de medición, particularmente teniendo en cuenta las influencias inevitables del envejecimiento. (López Pérez, 2008)

Para información más detallada de los sensores existentes en el vehículo vea el Anexo 1.

### **1.3.2 Actuadores**

Los elementos actuadores constituyen la interfaz entre el procesamiento de la señal de salida y el proceso mecánico. La mayoría de electroválvulas actuales son activadas por señales en PWM, exceptuando las electroválvulas de los inyectores que se activan con señales analógicas.

Existen diversos tipos de actuadores en el automóvil, van desde los sencillos y directos como un relé que recibe una intensidad de corriente y acciona un contacto, a otros que concentran su propia electrónica de conversión.

## **Clasificación de los actuadores**

“Al igual que sucede con los sensores, los actuadores son dispositivos que proliferan cada vez más en el automóvil como consecuencia de la mayor implementación de nuevos sistemas electrónicos”. (Google, laelectricidad)

Para su estudio y presentación los actuadores pueden clasificarse de diverso modo. No obstante es preferible clasificarlos según el principio básico de funcionamiento:

- Electromagnéticos.
- Calefactores.
- Electromotores.
- Electromotores paso a paso.
- Acústicos.
- Pantalla

Los actuadores más importantes que se encuentran en los vehículos se detallan en Anexo 2.

## **CAPITULO 2**

### **OBD**

#### **2.1 Introducción**

Durante los años 70 e inicios de los 80 ciertos fabricantes de automóviles, emprendieron el uso de componentes electrónicos orientado al control y diagnóstico de errores. Al principio fue solo para conocer y controlar la contaminación ambiental producida por el vehículo y adaptarlas a los estándares exigidos, pero con forme pasó del tiempo estos sistemas se volvieron cada vez más sofisticados, hasta los años 90, donde surgió el estándar OBD<sup>9</sup>.

OBD “por definición es un sistema de diagnóstico integrado en la gestión de los sensores y actuadores del vehículo, por lo tanto es un programa instalado en las unidades de mando del motor.” (Blasco, Shared) Una de sus funciones es vigilar continuamente los componentes que intervienen en las

---

<sup>9</sup> OBD: Diagnóstico a Bordo en los Estados Unidos de América

emisiones de escape, al monitorear estas, también revisa sus componentes y funciones existente en el sistema del motor.

Una adaptación del sistema de diagnóstico implantado en EE.UU (OBD) para los países europeos es EOBD<sup>10</sup>.

## **2.2 Reseña Histórica**

Hasta los años 70, el mantenimiento y reparación de los vehículos eran realizados por los propietarios o por mecánicos de pequeños talleres, donde la inspección visual, la experiencia adquirida o el cambio de partes y piezas sospechosas eran los métodos principales para la localización de averías.

Por otro lado, el embargo petrolero impuesto por los países árabes al mundo occidental, crea la necesidad de contar con vehículos cuyos modelos de motores tuviesen un rendimiento mayor y que también ayuden con el control de la contaminación ambiental del momento, es así que en EE.UU, en el estado de California, se empieza a buscar una manera de exigir a los fabricantes de automóviles, que se adapten a las nuevas exigencias de las Organizaciones encargadas de lo anterior.

Todo esto ha tenido como consecuencia, el desarrollo de complejos sistemas de control, que necesitan profesionales y herramientas específicas para su mantenimiento y reparación, es decir la inclusión de la electrónica en los vehículos, primero para el control del combustible y control del

---

<sup>10</sup> EOBD: Diagnóstico a Bordo en Países Europeos

encendido, y luego se fueron extendiendo a dispositivos de control (cajas de cambio, de frenos, de aire acondicionado, de luces, de estabilidad etc.). La evolución del estándar OBD se detalla a continuación:

### **2.2.1 Primera Generación OBD-I**

La primera generación de OBD comienza en el año de 1987, ya que los vehículos comercializados en EE.UU estaban obligados a incorporar dispositivos electrónicos con la finalidad principal de permitir la minimización de la contaminación atmosférica y un mejoramiento del motor, exigidas por las organizaciones americanas EPA<sup>11</sup> (*Environmental Protection Agency*) y SAE<sup>12</sup> (*Society Automobile Engineering*).

En 1988 se dictan los primeros requisitos para la primera generación de OBDI dado por la CARB<sup>13</sup> (*California Air Resources Board*). De forma resumida estos requisitos eran los siguientes:

- Incorporar testigos luminosos (MIL) de fallo, para informar al conductor de algún tipo de avería en el vehículo.
- Disponer de un manual de interpretación de códigos de fallas (DTC<sup>14</sup>), leídos de la memoria de a bordo del vehículo, para facilitar a los

---

<sup>11</sup> EPA: Agencia de Protección Ambiental.

<sup>12</sup> SAE: Sociedad Americana de Ingenieros.

<sup>13</sup> CARB: Consejo de Recursos Atmosféricos de California.

<sup>14</sup> DTC: Código de Diagnóstico de fallas

talleres la traducción de los códigos asociados a componentes defectuosos

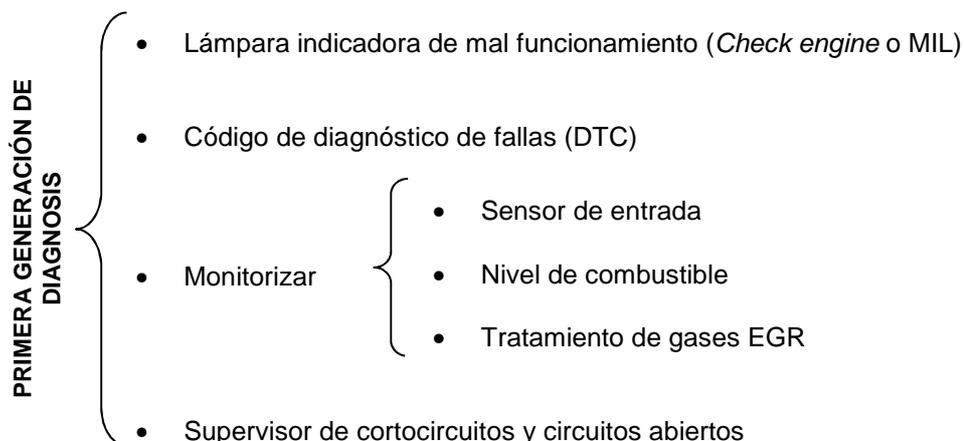
- “Monitorizar la emisión de los gases de escape y relacionarlas con las averías de los componentes eléctricos que controlan el funcionamiento del motor. Además de tener la capacidad para almacenar en una memoria, que formaría parte de la ECU, las incidencias relacionadas con los fallos.” (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

Para concluir todo lo anteriormente dicho, la primera generación de diagnóstico de abordó (OBDI) fue principalmente desarrollada para ser aplicada para descubrir los sistemas defectuosos que contribuían a un incremento de las emisiones de gases contaminantes. Dentro de este grupo de sistemas estaban:

- Todos los sensores importantes del motor: temperatura del refrigerante, temperatura de aire de admisión, sensor de posición de la mariposa, etc.
- El sistema de medida de nivel de combustible.
- Sistema de recirculación de los gases de escape (EGR)<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> EGR: Sistema de Recirculación de los Gases de Escape



**Figura. 2.1. Aspectos más importantes incluidos en OBD-I**

Fuente: (autoría propia)

A partir de 1991 en EE.UU. todos los fabricantes de automóviles fueron obligados a implantar el OBDI, pero este sistema no fue tan efectivo y los componentes relacionados con las emisiones no eran monitoreados, por lo cual evolucionó posteriormente en OBD II.

Algunos de los problemas que presentaba OBD I y que fueron solucionados en OBD II eran:

- “No había un estándar para medir emisiones entre diferentes marcas y modelos de vehículos.
- OBD-I no podía detectar problemas como un convertidor catalítico descompuesto o uno que había sido removido
- No detectaba fallas en el sistema de ignición o problemas de emisiones valorativas.

- Solo encendía el MIL después que ocurría una falla pero no había manera de monitorear el deterioro progresivo de los componentes relacionados con las emisiones
- “Los mecánicos debían tener distintos scanners para acceder a la computadora de distintos vehículos, lo cual podía resultar muy costoso. En OBD II esto se solucionó al estandarizar a un solo tipo de conector para el scanner.” (Apsal)

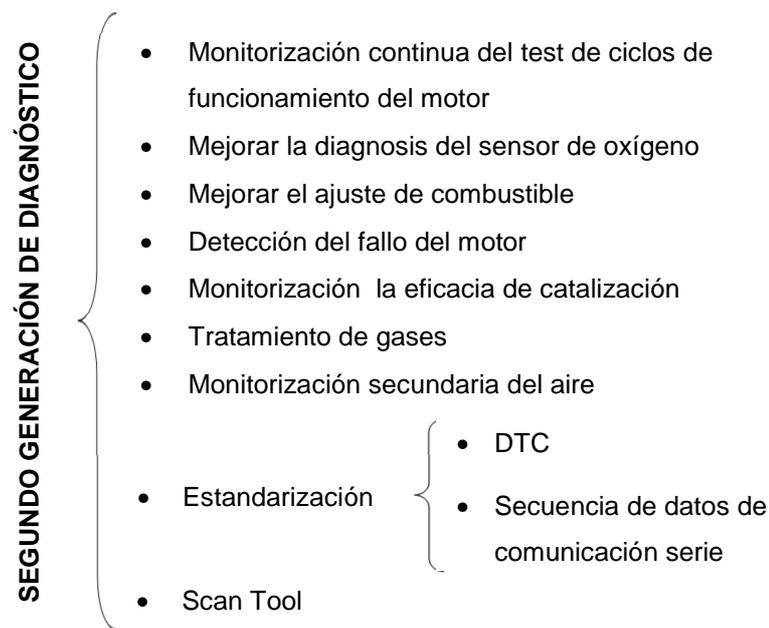
### **2.2.2 OBD 1.5**

El OBD 1.5 fue una prueba desarrollada por el Grupo General Motors, que daba paso de OBD I al OBD II por los años 1994 y 1995, pero cabe decir, que no se utilizó el término de OBD 1.5 sino que simplemente se decía OBD.

“Dependiendo del año de fabricación y del modelo el sistema OBD 1.5, puede tener el conector correspondiente a OBD II u OBD I, aunque ambos son eléctricamente iguales.” (Wikipedia)

### **2.2.3 Segunda Generación OBD II**

La segunda generación OBDII, aparece para mejorar las prestaciones de OBDI, dando lugar, al nivel II de diagnóstico de a bordo.



**Figura. 2.2. Aspectos más importantes incluidos en OBD-I**

**Fuente:** (autoría propia)

En la Figura 2.2 se muestran las características más importantes del OBDII y de los que cabe destacar:

- Reformar el estudios de los datos dados por el sensor de oxígeno, que incluye el testeo del desgaste y la contaminación sin olvidar la frecuencia y los tiempos de conmutación *lean-rich* y *rich-lean*.
- Un gran número de vehículos modernos, modifica sus valores iniciales, para adaptarse y compensar a los cambios de presión atmosférica, la temperatura del aire, la composición del combustible, la degradación de componentes y otros factores. Este ajuste es normal siempre y cuando este entre los parámetros de diseño del

sistema, si alguno de estos está fuera de los límites serán detectados por OBD II.

- Detecta el fallo en el motor. Utilizando una frecuencia alta de rastreo de posicionamiento del cigüeñal, el ECM, puede monitorizar con precisión la variación de la velocidad del cigüeñal durante el movimiento de cada cilindro. Pero si lo anterior no sucede, la velocidad del cigüeñal no aumenta lo suficiente y se genera la falla.
- El catalizador es monitorizado por una sonda Lambda que se ubica a la salida del convertidor catalítico, permitiendo la comparación de señales dada por otra sonda lambda que se encuentra a la entrada del catalizador, verificando la eficiencia de la oxidación del catalizador
- Monitoriza la sonda Lambda y la anchura de pulso en los inyectores, justo cuando el cilindro está en fase de escape, reconociendo el oxígeno no quemado en la explosión.
- “El ECM<sup>16</sup> (*Engine Control Module*) puede detectar y generar el código DTC en el sistema de extracción de los gases del cilindro después de la explosión. El sensor que mide la evaporación y los gases extraídos tras la combustión se denomina EPFM<sup>17</sup> (*Evaporative Purge Flow Meter*)” (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

---

<sup>16</sup> ECM: Modulo del Control del Motor

<sup>17</sup> EPFM: Medidor del Flujo de Evaporación

- Monitoriza del sistema de aire secundario. El ECM monitoriza la respuesta del sensor de oxígeno y el ancho de pulso del sistema de inyector con lo que se revisa el buen funcionamiento del sistema de aire secundario.
- Scantools. Se representa el fallo mediante un código. Dicho código se almacena en los históricos, para ser leídos por un equipo de diagnóstico denominado Scantool y ser interpretado por un técnico especializado.

El segundo nivel de diagnóstico (OBD II) empieza a tomar fuerza a partir del año 1996, obligados también a incorporar OBDII a bus de pasajeros y camiones pequeños.

En esta segunda generación, se monitoriza y controla los sistemas y componentes en la expulsión de gases, para detectar un mal funcionamiento, que ocasione incrementos de la emisión de gases nocivos.

#### **2.2.4 Tercera Generación OBDIII**

La creación de un nuevo sistema de diagnóstico OBDIII se va a deber a los importantes avances que experimentan las tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs)<sup>18</sup>

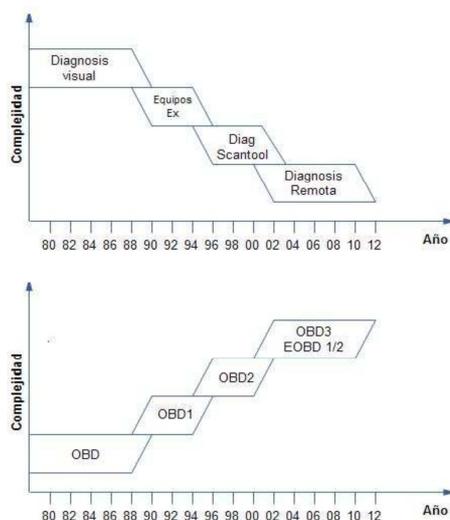
---

<sup>18</sup> TIC: Tecnología de la Información de la Comunicación

El OBDIII será un sistema que permitirá reducir el tiempo entre la detección y la reparación de un fallo o funcionamiento defectuoso. Es por ende una evolución del OBD II, pues deberá recibir la información transmitida por OBDII, interpretarla y enviarla al conductor y talleres de reparación. Además deberá de crear un histórico, para ser utilizados en la diagnosis del propio vehículo, y en futuros diseños.

En el OBDIII, los fallos del vehículo son enviados vía radio terrestre o satélite, a un Centro de Atención al Cliente que los detecta y analiza. Este centro notificará al cliente el proceso a seguir para resolver el problema. Igualmente se notificará al taller de la información para la reparación y las pruebas para verificar el buen funcionamiento. Todo esto hace que el OBDIII, se empiece a conocer como diagnosis remota.

Lo más importante de todo esto, es la capacidad de comunicación del vehículo con el mundo exterior, a corta y a larga distancia. En esta dirección, se están proponiendo diferentes alternativas para permitir leer los datos almacenados por OBDII y enviarlos a centros de Atención al Cliente, Centros de Datos, Servicios Móviles de Mantenimiento, etc.



**Figura. 2.3. Etapas más importantes en la evolución de la diagnosis.**

**(a) Diagnosis externa. (b) Diagnosis de a bordo.**

**Fuente:** (Pina, 2011)

## 2.3 Aplicaciones del OBDII

En Estados Unidos el uso del OBD II en vehículos se ha vuelto obligatorio desde 1996 para vehículos a gasolina y combustibles alternos y desde 1997 para vehículos a Diesel.

### 2.3.1 “Control en los motores de gasolina

- Vigilancia del rendimiento del catalizador
- Diagnóstico de envejecimiento de sondas lambda
- Prueba de tensión de sondas lambda” (Blasco, Shared)
- Sistema de aire secundario ( si el vehículo lo incorpora)
- Sistema de recuperación de vapores de combustible (cánister)

- Prueba de diagnóstico de fugas
- Sistema de alimentación de combustible
- Fallos de la combustión - Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo el Can-Bus.  
(Blasco, Shared)
- Control del sistema de gestión electrónica
- Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape.  
(Blasco, Shared)

### **2.3.2 Control en los motores diesel**

- Fallos de la combustión
- Regulación del comienzo de la inyección
- Regulación de la presión de sobrealimentación
- Recirculación de gases de escape
- Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo el Can-Bus
- Control del sistema de gestión electrónica
- “Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape”  
(Blasco, Shared)

## 2.4 Equipos Comerciales

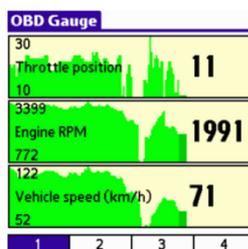
Comercialmente existe gran cantidad de software que permite poder dialogar la computadora a bordo con un equipo externo llamado scanner, el lenguaje de comunicación son los comandos AT y OBD.

Las empresas fabricantes de vehículos, definen la construcción de scanners específicos para sus diferentes modelos, equipos que suelen tener un costo elevado. Sin embargo al ser un sistema estandarizado, es posible construir dispositivos que sean más económicos.

Una forma de bajar el costo es utilizar una computadora como sistema de procesamiento de los datos comunicados por el vehículo, una interfaz que “adapte” los datos presentes en el conector OBDII del coche con los datos que entiende un puerto de una computadora (puerto serie y/o puerto USB) y un programa o interface gráfica que permita mostrar los datos traducidos por el scanner y entregados a la PC. Es decir para poder escanear un vehículo mediante un procedimiento es necesario, traductores del lenguaje OBDII a lenguajes de PC, en la interfaz gráfica se procesan los datos recibidos los decodifica y los presenta en la pantalla.

A continuación se enumeran algunos de los software que se pueden utilizar:

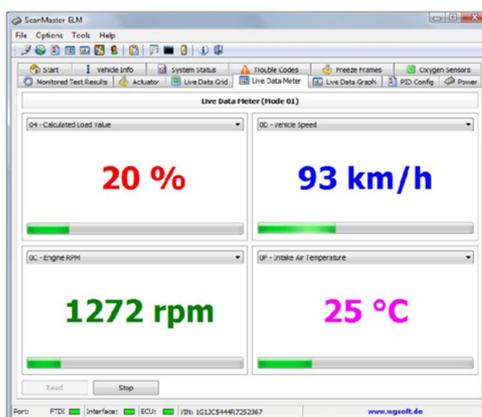
**OBD Gauge.** De fácil uso que posee funciones básicas de lectura y borrado de código de error y lectura de parámetros de sensores. Ideal para Palm y Pocket PC.



**Figura. 2.4. Pantalla OBD Gauge**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**OBDII Scan Master.-** Con excelente desarrollo visual, que brinda funciones de lectura y borrado de códigos de error, lectura de parámetros de sensores y una gran cantidad de recursos.



**Figura. 2.5. Pantalla Scan Master**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**OBDII Crazy.-** Brinda información con datos flexibles y función avanzada. Lee códigos y los borra. Permite programar parámetros y es muy intuitivo para usar.



**Figura. 2.6. Pantalla OBDII Crazy**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**EasyOBD II.-** Este software se puede encontrar en internet a un precio cómodo. Entre otras cosas brinda funciones de lectura y borrado de códigos de error, lectura de parámetros de sensores, intercambio de información, programación, etc.



**Figura. 2.7. Pantalla del programa EasyOBD**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**OBD2 Spy.-** Excelente software con muy buenos gráficos, plataforma estable, funciones de lectura de sensores, toma de datos en tiempo real, etc.



Figura. 2.8. Pantalla del programa OBD2 Spy

Fuente: (Vallejo, 2010)

**Digimoto.-** Software muy intuitivo que también se puede usar para leer y borrar códigos DTC. Además se utiliza para medir el rendimiento del vehículo y el estado de sus sistemas en cualquier punto dado en el tiempo. Esta información se puede registrar en un archivo y se guarda en Excel.

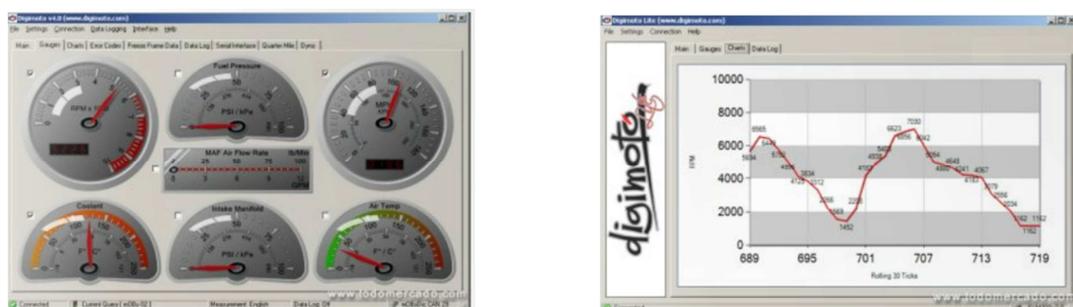


Figura. 2.9. Pantallas de visualización de los datos de sensores

Fuente: (Vallejo, 2010)

**PCMSCAN.-** En español, permite leer y borrar códigos DTC, lectura de datos congelados visualización gráfica, graficas de dinamómetros, datos de sensores.



**Figura. 2.10. Pantalla del programa PCMSCAN**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**ProScan.-** Idioma inglés, permite leer y borrar códigos DTC, lectura de datos congelados visualización gráfica, HP, torque, presión de combustible, visualización e impresión de reportes.

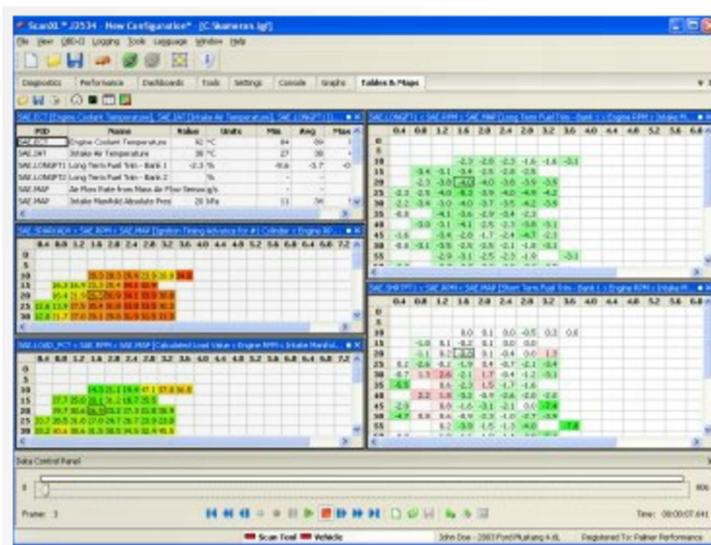


**Figura. 2.11. Pantalla del programa ProScan**

Fuente: (Vallejo, 2010)

**ScanXI-EIM.-** En español, ofrece un amplio diagnóstico para Ford, Lincoln, Mercury, etc, en las siguientes áreas: motor, transmisión (caja), ABS, AirBag, etc.

Permite leer y borrar códigos DTC, transmisión, ABS, AirBag, datos congelados visualización gráfica, graficas de dinamómetros, datos de sensores.



**Figura. 2.12. Programa ScanXI-EIM**

Fuente: (Vallejo, 2010)

Otros softwares disponibles en el mercado son:

- Scantool.net
- GM Mode 22 Scan Tool by Terry
- OBD Logger by Jonathan Senkerik
- OBD2 Scantool by Ivan Andrewjeski
- OBDII fer ELM322 by David Huffman

- PyOBD by Pete Calinski
- Real Scan by Brent Harris
- Scan Test for Pocker PC by Ivan Ganev
- wOBD by WDT
- ScanMaster Elm 1.4
- WGlobdii (version 3.4)

En general cualquiera de estos programas realiza las siguientes funciones:

- Muestra en pantalla los códigos DTC
- RPM del motor
- Lee los nueve modos de diagnostico
- Valor calculado de carga
- Temperatura del refrigerante
- Status del sistema de combustible
- Velocidad del automóvil
- Calculo del combustible en reposo
- Calculo del combustible en carga
- Presión del colector de admisión
- Avance
- Temperatura de aire de entrada
- Flujo de aire
- Posición absoluta de la válvula reguladora

- Voltaje del sensor de oxígeno asociado al ajuste en reposo (a corto plazo) del combustible
- Presión del combustible
- Datos de Freeze Frame
- Resultado de test sobre el sensor de oxígeno continuo y no continuo
- Grafica datos
- Entrega reportes del vehículo y los graba para entregar al cliente
- Exporta datos (Vallejo, 2010)

### **Otros sistemas de lectura**

“Todos los sistemas que se han visto hasta el momento, estaban formados por:

- Cable de conexión del conector OBDII al Interfaz
- Interfaz de conexiones
- Cable del interfaz al puerto COM del PC.
- Software para lectura de los códigos” (Apsal)

Existen otras posibilidades en el mercado más simples y que se pueden adquirir con distribuidores. Son instrumentos capaces de leer los códigos OBDII sin necesidad de un computador. Estos sistemas permiten la

visualización en una pantalla adaptada al mismo donde se muestra la información del vehículo y si hubiere los códigos de error.



**Figura. 2.13. Ejemplos de Software existente en el mercado**

**Fuente:** (González Melis, 2008)

## CAPÍTULO 3

### FUNCIONES DEL ESTANDAR OBDII

#### 3.1 Introducción

Las grandes ciudades de los Estados Unidos fueron los primeros en crear normativas sobre las emisiones nocivas de gases de los automotores, ya que se quedaba suspendido sobre las ciudades como una gran campana de humo, siendo perjudicial para la salud e impedía seriamente la visibilidad.

La normativa CARB<sup>19</sup> (*California Air Resources Board*) sobre gases de escape fue el inicio para que los países más industrializados tomaran medidas parecidas para corregir las emisiones.

Las principales normativas vigentes sobre gases de escape son las siguientes:

---

<sup>19</sup> CARB: Consejo de Recursos Atmosféricos de California

- Normativa CARB (California) Normas de gases de escape:
  - LEV I (*Low emission Vehicle*)
  - LEV II<sup>20</sup> (a partir del 2004) (Epa)
- Normativa EPA<sup>21</sup> (Estados de EEUU con excepción de California)
  - TIER 2(a partir del 2204)
- Normativa en la UE<sup>22</sup> (Europa)
  - EURO 1 (1993)
  - EURO 2 (1996)
  - EURO 3 (2000)
  - EURO 4(2005)
  - EURO 5( a partir del 2008) (Europasobreruedas)
- Normativa Japonesa

Para cumplir con estas normativas se obliga a los fabricantes de automóviles que incorporen en las ECU funciones de diagnóstico para reconocer los fallos de sistemas sobre los gases de escape adicionalmente a los códigos de avería del propio fabricante.

Con la introducción de la norma de gases de escape Euro 3 (2000) se introdujo el EOBD (diagnosis de a bordo europeo), obligando a los

---

<sup>20</sup> LEV: Vehículos con bajas emisiones de gases de escape

<sup>21</sup> EPA: Agencia de Protección Ambiental

<sup>22</sup> UE: Unión Europea

fabricantes a disponer de un diagnóstico que detecte fallos que tenga influencia sobre el comportamiento de los gases de escape. A partir de 2000 en motores Otto, a partir de 2003 para motores diesel y a partir de 2005 para vehículos industriales pesados. “Los umbrales de error fijados son para CO: 3.2 g/Km., HC: 0,4 g/Km., NOx: 1,2 g/Km y PM: 0,18 g/KM”<sup>6</sup>.

En estos diagnósticos deben supervisarse todas las señales de salida, entrada y los componentes mismos.

La normativa EOBD exige una supervisión eléctrica (cortocircuitos, interrupciones) mientras que la CARB exige además integridad entre componentes y supervisión de los actuadores.

### **3.2 Funciones OBDII**

Los cuantificadores principales que dictan como debe estar funcionando y su correcto funcionamiento son:

1. Velocidad
2. Carga
3. Temperatura del motor
4. Consumo de combustible
5. Temperatura ambiente
6. Caudal de aire

## 7. Emisiones (González Melis, 2008)

Para identificar dichos cuantificadores en los automóviles se ha incorporado un serie de sensores, que conectados a las ECU, tienen la función de informar que condiciones externas existen y decidir cómo reparar. Cuando un error se produce o un parámetro se salga de los rangos de funcionamiento normal, el sistema OBD II, es el encargado de almacenar esta información e informar al conductor la anomalía a través del indicador luminoso.

**En los motores a gasolina las funciones de diagnóstico son las siguientes:** (González Melis, 2008)

- Vigilancia del rendimiento del catalizador.
- Prueba de tensión y Diagnóstico de envejecimiento de sondas lambda.
- Sistema de aire secundario (si el vehículo lo incorpora).
- Sistema de recuperación de vapores de combustible (cánister).
- Prueba de diagnóstico de fugas.
- Sistema de alimentación de combustible.
- Fallos de la combustión
- Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades mando, por ejemplo el Can-Bus.
- Control del sistema de gestión electrónica.

- Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape

**En los motores a diesel las funciones de diagnóstico son las siguientes:**

- Fallos de la combustión.
- Regulación del comienzo de la inyección.
- Regulación de la presión de sobrealimentación.
- Recirculación de gases de escape.
- Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo el Can-Bus.
- Control del sistema de gestión electrónica. (González Melis, 2008)

**La verificación de fallos en los sensores**, cortocircuitos a tierra, cortocircuitos a tensión de batería e interrupciones de línea, se puede obtener supervisando lo siguiente señales:

En las **señales de entrada** se revisa:

- Verificación de la tensión de alimentación del sensor
- Verificación del rango admisible
- Comprobaciones de integridad con otros componentes
- Los sensores más importantes son redundantes (pedal acelerador), comparándose directamente entre sí.

En las **señales de salida**:

- Supervisión del circuito de corriente en las etapas finales
- Comprobación de los efectos del actuador sobre el sistema en los momentos en que se activa.

En la supervisión de la **unidad de control**: se verifican las partes más importantes como el microcontrolador, la memoria EPROM, RAM, etc. La comunicación entre las distintas unidades de control mediante el bus CAN también es comprobada con mecanismos de control en los bloques de datos. (González Melis, 2008)

Las funciones de diagnóstico que se van a examinar a continuación se procesan cuando se cumplen ciertas condiciones de momento de giro, temperatura del motor y número de revoluciones, sin entorpecer las propias funciones del motor. Las funciones de diagnóstico se desconectan, para evitar avisos incorrectos; en zonas de gran altura, baja temperatura ambiente y baja tensión de la batería.

La supervisión de las señales de entrada y salida más importantes, con el **funcionamiento de emergencia** en caso de avería son las siguientes:

**Sensor de pedal acelerador.-** En caso de avería se activa el funcionamiento de emergencia que consiste en la conmutación a un valor establecido que normalmente se fija a 1500 rpm el acelerador.

**Catalizador.-** Se realiza una diferencia de señales de las dos sonda Lambda para su funcionamiento correcto.

**Tensión de la batería.-** En caso de fallo se sustituye por un valor preestablecido hasta que la línea queda intacta.

**La sonda Lambda.-** Una avería provoca un funcionamiento de emergencia con una disminución de caudal de inyección y presión en el turbo.

**Sensor de temperatura del motor.-** En caso de producir un fallo se sustituye por un valor preestablecido (40°C) y cuando existe una línea interrumpida se conecta el electroventilador de refrigeración y en algunos modelos, en el arranque, se activan varios segundos las bujías de precalentamiento, ya que no se conoce la temperatura del motor.

**Actuador de presión de sobrealimentación.-** Cuando se produce una falla o avería es porque de origen una disminución del caudal.

**Sensor de presión de sobrealimentación.-** En caso de fallas la ECU disminuye la presión de sobrealimentación a un valor preestablecido, por tanto disminuye la potencia en el motor.

**Interruptor del pedal de freno.-** En caso de avería no se da el contacto de freno.

**Actuador avance a la inyección.-** Ante una posible avería se limita drásticamente la presión de sobrealimentación y el caudal inyectado, para evitar dañar el motor por un avance excesivo.

**Transmisor de la corredera de regulación (bomba inyección electrónica).-** Si existe un fallo como un corto o interrupción, la ECU corta inmediatamente el suministro de combustible a la bomba mediante el solenoide de corte de combustible.

**Sensor de revoluciones del cigüeñal.-** En caso de avería con el motor en marcha, se sustituye por el transmisor de inicio de inyección.

**Sensor de presión atmosférica.-** Si existe fallo se conmuta a un valor previamente establecido.

“Para la supervisión del sistema de reconducción de gases de escape, se cierra la válvula EGR y se comprueba si la presión en el colector de admisión.” (VOLKSWAGEN AG, Electronicar, 1999)

### **3.3 Formato del mensaje OBDII**

Las decenas de ECU's que se encuentran en el vehículo, son las encargadas de interpretar todas las informaciones que generan los sensores como, velocidades, caudales, presiones, etc. La cantidad de información y la

situación de dichas ECU's hace que sea imposible, escanearlas una por una para buscar un mal funcionamiento.

Los sistemas OBD se diseñan para que sean muy flexibles proporcionando un medio para que muchos dispositivos se comuniquen entre sí. A fin de que envíen los mensajes entre dispositivos describiendo el tipo de información que se envía, el dispositivo al cual se envía y que dispositivo hace el envío, además asignándoles una prioridad.

Por tanto, se ha de dejar claro que no es el sistema OBD el encargado de detectar los errores, sino, simplemente es el encargado de informar y almacenar los errores detectados por el resto de unidades de control y facilitar el acceso a estos.

La información que describe la prioridad del receptor y el transmisor usualmente es necesaria para el receptor, incluso antes de que conozca el tipo de pedido que contiene el mensaje. Para asegurar que esta información se obtiene primero, los sistemas OBD la transmiten al comienzo en el encabezado del mensaje.



**Figura. 3.14. Estructura típica del mensaje OBD para las normas SAE J1850, ISO 9141-2 e ISO 14230-4**

**Fuente:** (Rodríguez, 2010)

**Encabezado.-** Como se muestra en la Figura 3.1 el encabezado utiliza 3 bytes para proporcionar detalles acerca de la prioridad, del receptor y transmisor llamados también **dirección blanco** y **dirección fuente** respectivamente

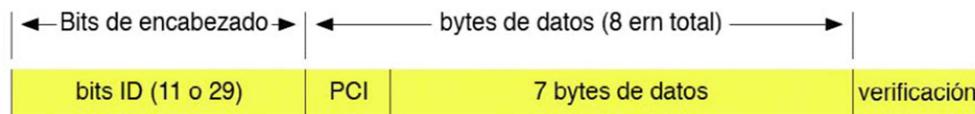
**Datos.-** Utiliza hasta 7 bytes de datos, en este campo se enviara la información.

**Verificación o checksum.-** Permite verificar la integridad de los datos recibidos.

Al enviar el mensaje pueden ocurrir errores en la transmisión y los datos pueden ser interpretados falsamente, para realizar esta detección los distintos protocolos realizan una verificación en los datos recibidos, a través de un cálculo de suma de todos los valores de los bytes y se envía al final del mensaje, si el receptor también calcula una suma a medida que se reciben los bytes, entonces se pueden comparar los dos valores y si no coinciden el receptor sabrá que ha ocurrido un error.

Para la detección de múltiples errores se utiliza una suma más confiable y complicada llamada verificación de redundancia cíclica (CRC).

Todos los protocolos especifican como se tienen que detectar los errores y las diversas formas de tratarlos si ocurren.



**Figura. 3.2. Estructura típica del mensaje OBD para la norma ISO 15765-4 (CAN)**

**Fuente:** (Rodríguez, 2010)

Esta estructura es muy similar a la anterior, diferenciándose en los bytes de encabezamiento.

**Encabezado.-** Los bytes de encabezamiento CAN no se los denomina así, sino “BITS ID”, la norma CAN inicial definió los bits ID como 11 en número y en la actualidad son 11 o 29.

**Bytes de datos.-** Es la información que contiene los datos del mensaje siendo 8 bytes en total, 7 para los datos y 1 para PCI.

**PCI (protocol control information).-** Es el campo de información de control del protocolo donde se marca si la trama es simple o extendida y la longitud del datos.

### 3.4 Detección de errores

El sistema OBDII es el encargado de almacenar los códigos de errores producidos en el vehículo, de tal forma que indica donde se ha producido el error y facilite el trabajo de detección y reparación.

Para saber que ha ocurrido una falla, el automóvil está provisto de una luz indicadora llamada MIL (*luz indicadora de mal funcionamiento*) o check engine que significa chequear la ingeniería del motor, dicha luz se enciende cuando la computadora del vehículo detecta un fallo que puede afectar al exceso de consumo de combustible y las emisiones de escape. Hay que notar que el auto seguirá en funcionamiento a pesar del problema utilizando valores de contingencia.



**Figura. 3.3. Figura ubicación de la luz Check Engine en el vehículo.**

**Fuente:** (Gamarra Tolentino, 2010)

No existe un botón para restablecer la MIL, pero si la falla no vuelve a suceder la luz se apaga por sí mismo, si la luz permanece encendida es el indicativo de que el problema es mayor y se necesita descubrir que parte del sistema está fallando, que pueden ser los sensores, algún inyector o hasta la computadora, esto se realiza utilizando un escáner que posee códigos de falla con los que especifica el tipo de daño producido.

La luz Check Engine o MIL tienen tres tipos de señales:

1. Destellos ocasionales muestran un mal funcionamiento temporal
  - Encendida permanentemente si el problema es más grave.

- Parpadeo constante si el problema es muy grave y puede causar un daño serio si el motor no es apagado de inmediato.
  - En todos los casos, se toma una lectura de todos los sensores que es guardada en la computadora central del vehículo.
2. “Si la señal de falla es causada por un problema serio, la luz MIL estará encendida hasta que el problema sea resuelto y la luz MIL restablecida (reset).” (e-auto)
  3. Las fallas intermitentes encienden la luz MIL momentáneamente y se apaga antes de que el problema sea localizado. La lectura de los sensores en el momento de la falla se almacenara en la computadora, pero si el vehículo completa tres ciclos de manejo sin que vuelva a aparecer el problema, la lectura es borrada.

### **3.5 Acceso a la información del sistema OBDII**

Los vehículos usan el bus OBD para la transferencia de información durante el funcionamiento normal del vehículo, transmitiendo una gran cantidad de información, con lo que se puede descifrar el contenido de los mensajes.

En los años 80, cuando apareció el uso de este sistema de diagnóstico, cada fabricante era independiente de usar su propio conector y sus códigos de error, con lo que dificultaba el uso de este sistema para reparaciones, ya

que en los talleres mecánicos la inversión para adquirir los lectores de cada fabricante era alta, además la información de los códigos era poco práctica. Se llegó a un consenso entre los empresarios del sector automotriz en 1996, en estandarizar los códigos y el conector, con lo que facilitó la lectura de información en cualquier vehículo.

### 3.5.1 Redes de comunicación

El avance tecnológico en la electrónica y las comunicaciones, ha sido determinante en la construcción de automóviles, al introducir la tecnología de las ECUs, mejorando las prestaciones en los sistemas existentes, e incorporando otros nuevos que mejoran aspectos de seguridad, confort, mantenimiento, etc, con lo que se ha obligado a establecer una comunicación entre los sistemas electrónicos de a bordo.



**Figura. 3.4. Ejemplos de sistemas de control, diagnóstico, notificación, que incorporan los automóviles modernos.**

Fuente: (Pina, 2011)

Para realizar la diagnosis de abordó, es necesario que todas las ECUs se comuniquen entre sí y a su vez intercambien información con un procesador central, encargado de verificar la comunicación, almacenar los datos de identificación de fallos y facilitar la comunicación con los equipos externos.

En la comunicación externa e interna se tienen los siguientes elementos:

- **Buses:** “son los elementos, como cables o fibras ópticas, que permiten la comunicación de las ECUs entre sí y/o de los ECUs con los equipos exteriores.” (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh) Dichas conexiones se realizan mediante unas normas que están definidas según el tipo de bus.

Los diferentes tipos de buses más utilizados por los fabricantes de automóviles son: (para más información de cada uno de los buses ver Anexo 3)

- MOST
- J1850
- MI
- DSI
- BST
- MML
- Byteflight
- Flex-ray
- Bus D2B
- SMARTwireX
- IDB-1394

- IEBus
- LIN
- CAN
- Intellibus
- OBD-II Bus
- SAEJ1708



**Figura. 3.5. Tipos de redes o buses de comunicación implantadas en los vehículos: red interna y externa**

**Fuente:** (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

**Protocolos:** “Son las reglas o normas que determinan el intercambio de información entre varias ECUs, entre ECUs y el procesador central, o entre el vehículo y el exterior.” (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh) Formuladas por el sector automovilístico, tanto a nivel general como de diagnóstico, siendo los protocolos principales SAE e ISO. (Ver Anexo 4).

- **Red de comunicación:** Es el conjunto de los sistemas que interconectan varias ECUs del vehículo. Al formar una red, es necesario definir los protocolos de enlace de datos entre ECUs y el tipo de conexión entre los mismos.

## Redes de comunicación internas

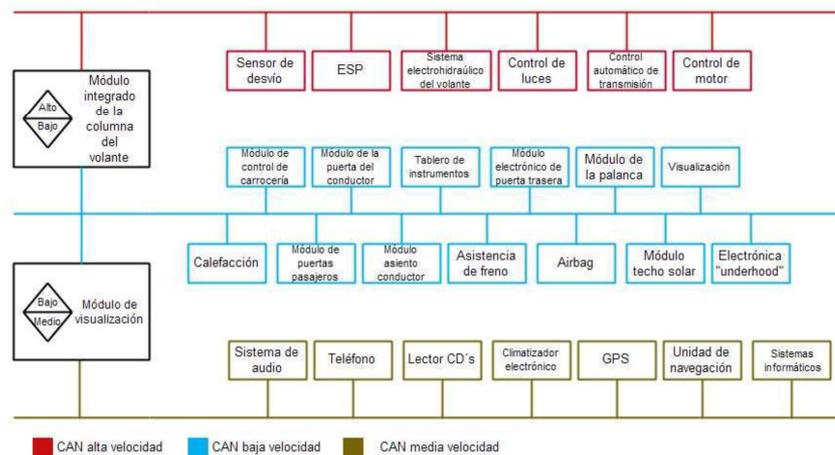
Debido al incremento de ECUs, más la creciente demanda de prestaciones que estos deben asumir, se ha tenido que plantear nuevas exigencias en las redes de comunicaciones, relacionadas con las prioridades, velocidad y fiabilidad. El nivel de exigencia, será diferente en función de las tareas que desempeñen las ECUs.

En la Tabla 3.1 se pueden observar algunos de los estándares utilizados en las redes de comunicación internas.

**Tabla. 3.1. Estándares utilizados en las redes de comunicación internas.**

ORGANIZACIÓN	<125 Kbps	>125Kbps
ISO (EUROPA)	CAN ISO 11519 ISO 11992	CAN ISO 11898
SAE (ESTADOS UNIDOS) para turismo	J1850	CAN SAE J2284
SAE (ESTADOS UNIDOS) para camiones y autobuses	J1587/1708, J1922	CAN SAE J1939
ASIA	-----	CAN

En cuanto a la velocidad de comunicación, los fabricantes clasificaron los buses internos en tres grandes bloques: buses de velocidad alta, media, y baja. Como por ejemplo en la figura 3.6 se observa en el bus CAN esa clasificación



**Figura. 3.6. Ejemplos de aplicaciones del bus CAN para las tres alternativas de velocidad de comunicación.**

**Fuente:** (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

Existen también, otras terminologías para referirse a los diferentes tipos de buses que existen. Como la de Scania Truck<sup>23</sup>, que denomina a los buses de alta velocidad como buses rojos, verdes a los de media velocidad, y amarillos a los de baja velocidad.

Normalmente, los buses de **alta velocidad**, “están destinados a comunicar los sistemas y sensores más críticos, donde los retrasos en la comunicación pueden causar daños graves en el sistema del vehículo o aumentar la emisión de gases. Entre estos sistemas están: control de emisión de gases de escape (EEC), gestión de freno (BMS), gestión de motor (EMS), etc.” (Mazo Quintas, Espinoza Zapata, Gardel Vicente , & M. H. Awawdeh)

<sup>23</sup> Scania Truck: Define por colores los buses de comunicación

En 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. Se pueden incluir dentro de estos sistemas: audio, control climático, posicionamiento global, navegación, etc. Los buses de **velocidad baja** comunican los sistemas de seguridad de vehículo y ocupantes, como airbag, alarmas, bloqueo de puertas, etc.

### **Redes de comunicación externas**

La evolución tecnológica ha permitido que los sistemas puedan detectar un fallo, e identificarlo utilizando un código de avería DTC estandarizado, se almacenan en el procesador principal y puede comunicarse con el exterior. Estas comunicaciones se pueden clasificar en dos tipos: comunicación con Scantools y comunicación con los centros remotos de mantenimiento.

#### **a) Comunicación entre vehículo y Scantool**

Al definir los estándares de los buses internos, también se definieron los protocolos y conectores para la comunicación de la ECU con el exterior. Con la finalidad de facilitar el acceso a los datos almacenados, por los equipos de diagnóstico externos, como Scantools

En el caso del OBD II, se estandarizó un conector físico que acepta dos tipos de interfaz:

1. El definido por los organismos estadounidenses, y
2. El definido por los europeos.

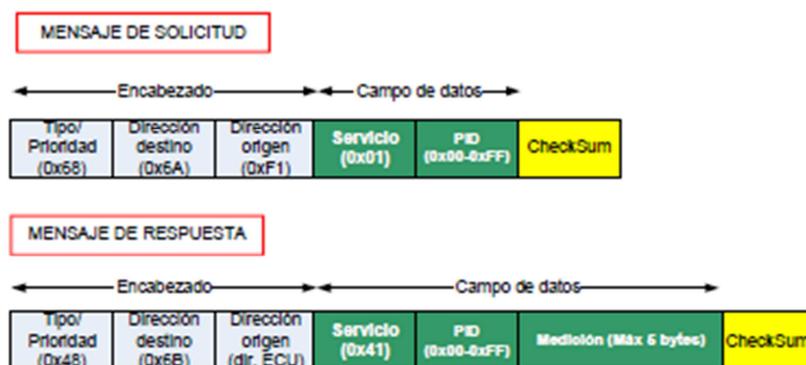
#### **b) Comunicación entre vehículos y centros de mantenimiento**

Con 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, definiendo soluciones y estándares para las comunicaciones a gran distancia, entre vehículos, centros de asistencia remota y centros de mantenimiento, de los fallos ocurridos y tomar a partir de ahí, todas las medidas necesarias.

#### **Accesos**

**Acceso a datos en vivo del sistema a bordo.-** Permite conocer los valores tomados por los parámetros relativos al funcionamiento del vehículo en el momento que se realiza la medición.

Para enviar un mensaje de petición bajo este modo se debe proporcionar un PID el cual permite especificar la información requerida al sistema de a bordo del vehículo. Las ECUs son las encargadas de responder a estos mensajes con el último valor medido por el sistema, éstos no incluyen valores por defecto ni valores sustitutos en caso de que un sensor haya fallado.



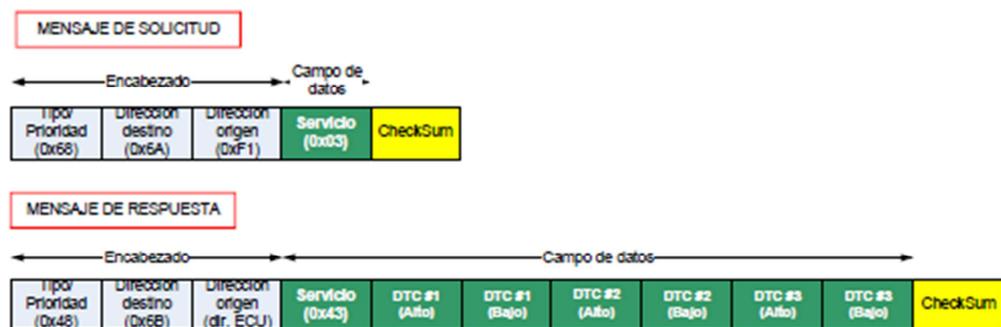
**Figura. 3.7. Mensajes de petición y respuesta al acceso a datos en vivo del sistema a bordo**

Fuente: (Huertas & Véliz, 2006)

**Acceso al cuadro de datos congelados.-** Permite conocer los valores relacionados con las emisiones tomadas por la ECU en el momento exacto de ocurrir la falla. Esta información es muy útil, ya que se puede conocer bajo cuáles condiciones ocurrió una determinada falla. El formato de los mensajes de petición y respuesta es igual al acceso anterior.

**Acceso a códigos de falla.-** Permite leer todos los códigos de falla arrojados por los monitores OBD. El procedimiento seguido para obtener estos códigos se realiza en dos pasos. El primer paso es enviar un mensaje de petición del PID, para así conocer el número de DTC disponibles por las ECUs. Cada ECU que tenga almacenado uno o más DTC responderá con el número exacto de DTC que tiene almacenados; en caso de no tener información responderá con el código 0x00.

El paso dos es enviar un mensaje de petición de DTC, cada una de las ECUS enviará uno o más mensajes que contendrá un máximo de tres DTC, si no existe esa información almacenada, no habrá respuesta a estos mensajes. (Google, books.google)



**Figura. 3.8. Mensajes de petición y respuesta para el acceso a códigos de falla**

Fuente: (Huertas & Véliz, 2006)

## CAPITULO 4

### EL SISTEMA DE CAN BUS

#### 4.1 Introducción

Con el continuo desarrollo automovilístico, aparecen más exigencias, que implican un intercambio intenso de información entre las unidades de control (ECUs). Se necesita soluciones técnicas para este intercambio de información, sin alterar la estructura de los sistemas eléctricos y electrónicos que existen, con lo que se evitaría que ocupen demasiado espacio y altos costes en fabricación.

La Empresa Bosch en los años 80 estableció un protocolo de comunicación serial entre controladores en la industria automotriz, llamado CAN<sup>24</sup> que significa *Controller Area Network* (Red de área de control), ya que trataban de reducir los costos y el peso de los circuitos de control en los motores Diesel.

---

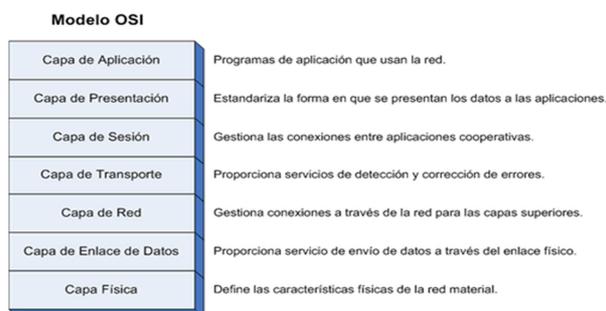
<sup>24</sup> CAN: Red de Área de Control

El protocolo CAN ha sido incorporado dentro de las especificaciones de OBD II por el comité de la Organización Internacional de Normalización (ISO<sup>25</sup>) y ha sido aceptado por los fabricantes como el protocolo de diagnóstico estándar desde 1992 y obligatorio en todos los vehículos a partir del año 2008.

## 4.2 Características del protocolo CAN

**CAN (Controller Area Network).**- Es un bus de comunicación serie, que abarca parte de los siete niveles del modelo de referencia ISO / OSI y significa que las unidades de control están interconectadas e intercambian gran cantidad de datos entre sí, también se incrementa la velocidad de comunicación entre el vehículo y la herramienta de diagnóstico (Scanner).

El hardware CAN cubre las dos primeras capas del modelo de referencia OSI, y las diferentes soluciones a nivel de software cubren los niveles siguientes. La siguiente figura nos muestra los niveles del modelo OSI:



**Figura. 4.1. Capas del modelo OSI**

**Fuente:** (científicos, 2006)

<sup>25</sup> ISO: Organización Internacional de Normalización

“El protocolo CAN define la capa de enlace de datos y parte de la capa física del modelo OSI. La organización ISO ha definido un estándar que incorpora las especificaciones de CAN como parte de la capa física: codificación y decodificación de los Bits, sincronización y temporización y señales físicas.” (Navarro Criado, 2009)

CAN aporta con:

- Jerarquía multimaestro: Que permite construir sistemas inteligentes. Es decir si un nodo de la red tiene un fallo el resto de la red sigue operativa.
  - Comunicación distribuida: Cuando se envía información se hace a todos los nodos de la red, que la leen y deciden si la necesitan o no
  - Mecanismos de detección de errores: En la comunicación permiten el reenvío automático en caso de error.
- 
- La información que circula en las ECUs es por dos cables o buses con paquetes de 0 y 1 (bit) con una longitud limitada y estructura definida. Uno es el identificador del tipo de dato que se transporta de la ECU que lo transmite y la prioridad que tiene respecto a otros, se reconocerá mediante este identificador si es o no de interés ya que el mensaje no va direccionado a ninguna unidad de mando en específico.

- La única condición para la transmisión de la información es que este libre y cualquier unidad de control puede enviar el mensaje
- Todas las ECUs pueden ser trasmisoras - receptoras y de cantidades variables.
- Si es necesario una ECU puede solicitar a otra información específica mediante el campo del mensaje RDR<sup>26</sup> (trama remota).
- Se proporciona una serie de seguridades para que el mensaje sea transmitido y recibido correctamente. “Si existiera un error en el mensaje este sería anulado y vuelto a transmitir correctamente, cuando una ECU tiene problemas se comunica con las demás enviando un mensaje propio que está fuera de servicio, sin embargo el sistema sigue funcionando.” (Zapata Vaca, 2009)
- “CAN es un enlace de comunicación de datos de alta velocidad: es 50-100 (500Kbps a 1 Mbps) veces más rápido que los protocolos actuales de 10.4 Kbps. Esta alta velocidad combinada con los nuevos parámetros definidos por CAN tiene capacidades excelentes en la detección de fallas” (González Esparza, 2006), les dará a los mecánicos la habilidad de ver la información del error más rápido y el

---

<sup>26</sup> RDR: Trama Remota

diagnóstico más exacto para poder hacer reparaciones del vehículo con mayor precisión y eficacia.

- La velocidad de transmisión de datos depende de la longitud del bus: 1Mbps para 40m, 125kbps para 500m y 10kbps para 5km.

**Tabla. 4.1. Correlación entre la velocidad de transferencia, longitud del bus, material del bus e impedancia de la terminación**

Longitud del Bus	Cable del Bus		Resistencia de terminación del bus	Máxima tasa de datos
	Resistencia	Cable c.s.a.		
0 – 40 m	70 mΩ/m	0.25 – 0.34 mm <sup>2</sup> AWG23, AWG22	124 Ω (1 %)	1 Mbits/s en 40m
40 – 300 m	<60 mΩ/m	0.34 – 0.6 mm <sup>2</sup> AWG22, AWG20	127 Ω (1 %)	500 Kbits/s en 100m
300 – 600 m	<40 mΩ/m	0.5 – 0.6 mm <sup>2</sup>	150 Ω a 300 Ω	100 kbits/s en 500m
600 m – 1 km	<26 mΩ/m	0.75 – 0.8 mm <sup>2</sup> AWG18	150 Ω a 300 Ω	50 kbits/s en 1 km

#### 4.2.1 Ventajas del bus:

- Si en el protocolo de datos se necesitara información suplementaria simplemente se modificara por software.
- Se tiene un bajo porcentaje de errores ya que existe una verificación continúa de la información transmitida, de parte de las ECUs, y mediante protecciones adicionales en los protocolos de datos.

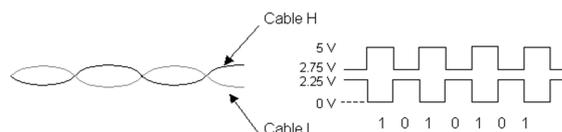
- Menos sensores y cables de señales gracias al uso múltiple de una misma señal de sensores.
- Es posible una transmisión de datos muy rápida entre las unidades de control.
- Más espacio disponible, mediante unidades de control más pequeñas y conectores más compactos para las unidades de control.
- El CAN-Bus de datos está normalizado a nivel mundial. Por ese motivo, también las unidades de control de diferentes fabricantes pueden intercambiar datos.

#### **4.2.2 Elementos que componen el sistema Can-Bus**

**Cables.-** La información circula por dos cables, trenzados y blindados que unen todas las unidades de control que forman el sistema. Esta información se transmite por diferencia de tensión entre los dos cables, de forma que un valor alto de tensión representa un 1 que oscilan entre 2,75V y 5V llamado cable H (High) y un valor bajo de tensión representa un 0 que se encuentra entre 0V y 2.25V denomina cable L (Low). La combinación adecuada de unos y ceros conforman el mensaje a transmitir.

Si se interrumpiera la línea H se envía a tierra, el sistema trabajará normalmente con la señal de L, en el caso de que se interrumpa la línea L, ocurrirá lo contrario. Es decir que el sistema sigue trabajando con uno de los cables cortados o a tierra, quedando fuera de servicio solamente cuando ambos cables se cortan, esto se da gracias al uso de los voltajes diferenciales presentes en la red CAN.

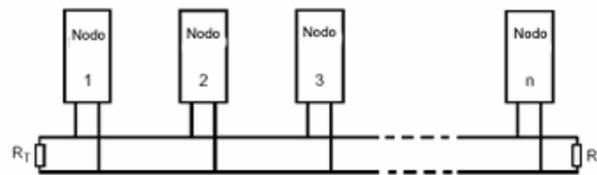
“Es importante tener en cuenta que el trenzado entre ambas líneas sirve para anular los campos magnéticos, por lo que no se debe modificar en ningún caso ni el paso ni la longitud de dichos cables.” (Zapata Vaca, 2009)



**Figura. 4.2. Cables CAN Bus**

**Fuente:** (Canbus, 2002)

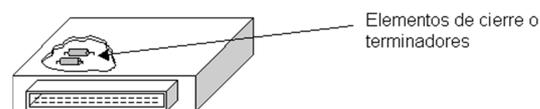
**Topología del Bus.-** Este bus serie es de múltiples maestros de tal forma que los elementos conectados tienen la misma prioridad, el cableado debe estar tan cerca como sea posible a una sola estructura de línea, para reducir al mínimo las reflexiones. Los segmentos del cable para la conexión de los nodos del bus deben ser tan cortos como sea posible, especialmente en tasas altas de bit. Cuando existan pérdidas de prestaciones en cuanto a velocidad o longitud máxima, se pueden adoptar estructuras en estrella donde el maestro coordina el tráfico de los nodos esclavos. El bus H y L se cierran en los extremos con impedancias de carga (ver figura 4.3).



**Figura. 4. 3. Topología del bus CAN.**

**Fuente:** (Zapata Vaca, 2009)

**Elemento de cierre o terminador.-** Son resistencias y sus valores se obtienen de forma empírica y permiten acoplar el sistema a diferentes longitudes de cables y número de ECUs conectadas, ya que impiden la reflexión que puede perturbar el mensaje. Están colocadas en el interior de algunas ECUs por cuestiones de economía y seguridad de funcionamiento.



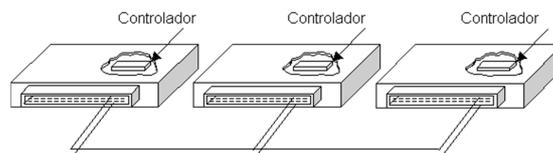
**Figura. 4.4. Elemento de cierre o terminador**

**Fuente:** (Canbus, 2002)

**Controlador.-** Este dispositivo está encargado de la comunicación entre el microprocesador de la ECU y el transmisor-receptor, acondiciona la información que entra y sale entre ambos dispositivos, está situado en la ECU, por lo que existen tantos como unidades estén conectadas al sistema. También interviene en la sincronización entre las diferentes unidades de mando para la correcta emisión y recepción de los mensajes.

Este elemento trabaja con niveles de tensión muy bajos y es el que determina la velocidad de transmisión de los mensajes, por ejemplo, en la

línea del motor-frenos-cambio automático es de 500 K baudios, y en los sistema de confort de 62.5 K baudios.

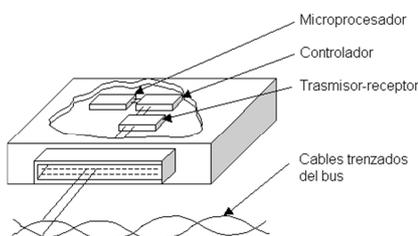


**Figura. 4.5. Controladores**

**Fuente:** (Canbus, 2002)

**Transmisor / Receptor.-** Este elemento tiene la misión de recibir y de transmitir los datos, además de acondicionar y preparar la información para ser utilizada por los controladores. “Esta preparación consiste en situar los niveles de tensión de forma adecuada, amplificando la señal cuando la información se vuelca en la línea y reduciéndola cuando es recogida de la misma y suministrada al controlador.” (Canbus, 2002)

El transmisor-receptor es un circuito integrado que se encuentra en cada una de las ECUs del sistema, trabaja con intensidades de 0.5 A sin modificar el contenido del mensaje. Está situado entre los cables que forman la línea Can-Bus y el controlador.



**Figura. 4.6. Transmisor – Receptor**

**Fuente:** (Canbus, 2002)

### 4.3 Funcionamiento

Las unidades de control que se conectan al sistema Can-Bus son las que necesitan compartir información del sistema. “En automoción generalmente están conectadas a una línea las unidades de control del motor, del ABS y del cambio automático, y a otra línea de menor velocidad que están relacionadas con el sistema de confort.” (Canbus, 2002)

El Can-Bus está orientado hacia el mensaje y no al destinatario, esto quiere decir que la información en la línea es transmitida en forma de mensajes estructurados, que son recibidos por las unidades de control, lo filtran y sólo lo emplean las que necesitan dicho dato. Naturalmente, la totalidad de unidades de control abonadas al sistema son capaces tanto de introducir como de recoger mensajes de la línea.

#### **Ciclo de transmisión de datos:**

**Proveer datos.-** La unidad de control provee los datos al controlador CAN, para su transmisión.

Una unidad de mando recibe información de los sensores que tiene asociados (r.p.m. del motor, velocidad, temperatura del motor, puerta abierta, etc.) Su microprocesador pasa la información al controlador donde

es gestionada y acondicionada para a su vez ser pasada al transmisor-receptor donde se transforma en señales eléctricas.

**Transmitir datos-** “El controlador de dicha unidad transfiere los datos y su identificador junto con la petición de inicio de transmisión, asumiendo la responsabilidad de que el mensaje sea correctamente transmitido a todas las unidades de mando asociadas” (Canbus, 2002). En la transmisión el bus tiene que encontrarse libre, y en caso de colisión con otra ECU intenta transmitir simultáneamente, con una prioridad mayor. Cuando esto ocurre, las restantes unidades de mando se convierten en receptoras.

**Recibir datos.-** Todas las demás unidades de control que están interconectadas a través del CAN-Bus se transforman en receptores y reciben el mensaje, verifican el identificador para determinar si el mensaje va a ser utilizado.

**Revisar datos.-** Las unidades de control revisan si necesitan los datos recibidos para la ejecución de sus funciones o si no lo necesitan el mensaje es ignorado.

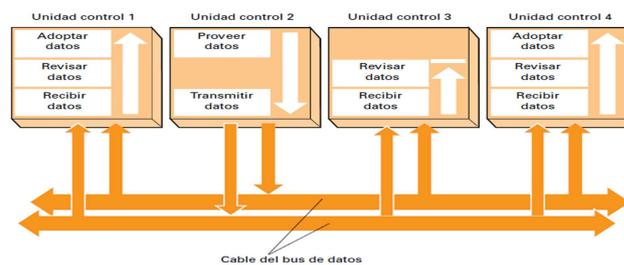
El sistema Can-Bus es capaz de detectar errores en la transmisión de los mensajes, de forma que los receptores realizan una verificación de una parte del mensaje, llamado campo CRC<sup>27</sup>. “Otros mecanismos de control se aplican en las unidades emisoras que monitorizan el nivel del bus, la presencia de campos de formato fijo en el mensaje (verificación de la trama),

---

<sup>27</sup> CRC: Comprobación de Redundancia Cíclica

análisis estadísticos por parte de las unidades de mando de sus propios fallos etc.” (Zapata Vaca, 2009)

**Adoptar datos.-** Si se trata de datos importantes, la unidad de control en cuestión los adopta y procesa; si no son importantes, los desprecia.

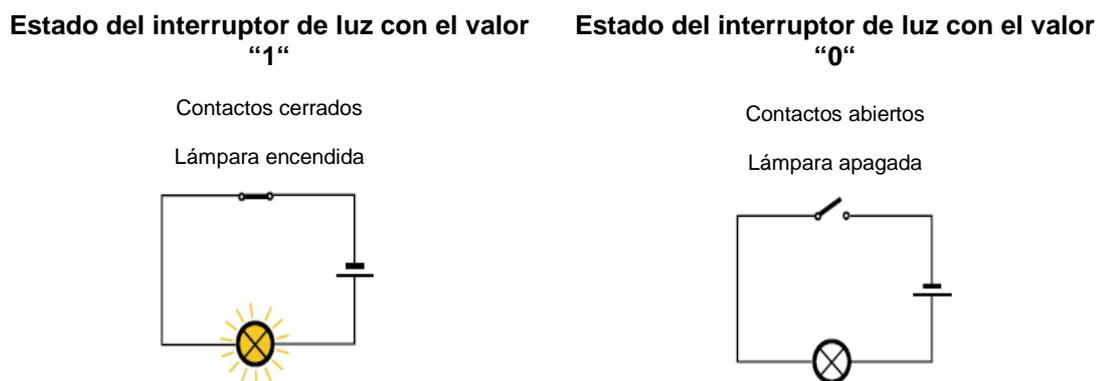


**Figura. 4.7. Ciclo de transmisión de datos**

Fuente: (Julio Cesar, 2009)

### Como se genera el mensaje

El mensaje está compuesto de “0” y “1”. Los campos del mensaje son de diferente tamaño (número de bits), que facilitan desde identificar a la unidad de mando, como indicar el principio y el final del mensaje, mostrar los datos, permitir distintos controles etc. “Los mensajes son introducidos en la línea con una cadencia que oscila entre los 7 y los 20 milisegundos dependiendo de la velocidad del área y de la unidad de mando que los introduce.” (Canbus, 2002) He aquí un ejemplo que explica la forma como se genera un estado operativo con los valores “0” o “1”: El interruptor de la luz, sirve para encender o apagar la luz. Eso significa, que puede adoptar dos diferentes estados operativos.



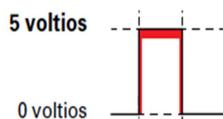
**Figura. 4.8. Estado operativo del interruptor de luz**

Fuente: (VOLKSWAGEN AG, scribd, 1997)

En el caso del CAN-Bus de datos, esto funciona básicamente de la misma forma, es decir, el transceptor también puede generar dos diferentes estados operativos de un bit.

#### **Estado del bit con el valor "1" o valor recesivo:**

- Transceptor abierto: Da 5 voltios en el área de confort, área de tracción aproximadamente 2,5 voltios.
- Tensión en el cable del bus de datos: Aproximadamente 5 voltios en el área de confort y alrededor de 2,5 voltios en el área de la tracción.

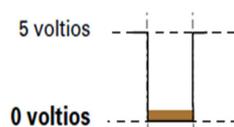


**Figura. 4.9 Valor recesivo**

Fuente: (VOLKSWAGEN AG, scribd, 1997)

### Estado del bit con el valor “0”o valor dominante:

- Transceptor cerrado; conecta a masa o tierra.
- Tensión en el cable del bus de datos: aproximadamente 0 voltios

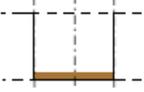
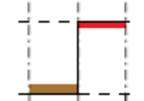


**Figura. 4.10. Valor dominante**

Fuente: (VOLKSWAGEN AG, scribd, 1997)

En la tabla 4.2 se muestra la forma en que se puede transmitir la información por medio de dos bits enlazados. Con dos bits se obtienen cuatro diferentes variantes. A cada variante se le puede asignar una información específica, con carácter formal para todas las unidades de control.

**Tabla. 4.2. Transmisión de la información por medio de dos bit enlazados**

Posible Variante	Segundo bit	Primer bit	Representación gráfica	Información Estado del eleveluna	Información Temp. líquido refrigerante
Uno	0 voltios	0 voltios		En movimiento	10°
Dos	0 voltios	5 voltios		En reposo	20°
Tres	5 voltios	0 voltios		En zona de inicio de parada	30°
Cuatro	5 voltios	5 voltios		En detección de bloque superior	40°

#### 4.4 Formato del mensaje

Existen dos tipos de mensajes CAN que se distinguen únicamente por la longitud del Identificador. En el caso del **Formato Estándar** (*Standard Message Format*) son 11 en número, cuya longitud abarca como máximo 130 bit, mientras que para el **Formato Extendido** (*Extended Message Format*) son 29 en número, cuya longitud máxima es de 150 bits. De esta forma queda asegurado que el tiempo de espera hasta la siguiente transmisión, posiblemente muy urgente, se mantenga siempre corto.

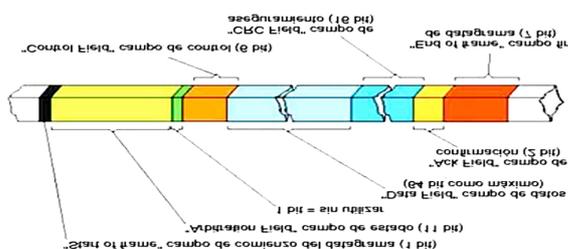


Figura. 4.11. Estructura del formato del mensaje CAN

Fuente: (meganeboy)

El **Data Frame** consta de siete campos sucesivos, tal como se muestra en la figura 4.11.

**Campo del comienzo del data grama** (*Start of Frame*) (1 bit).- Este bit avisa a los demás dispositivos que se va a iniciar un mensaje de esta forma se sincroniza. El inicio del mensaje se marca por bit dominante '0'.

**Campo de estado** (*Arbitration Field*) (11 bit).- Consta del identificador del mensaje y un bit de control adicional RTR<sup>28</sup>. Cuando más bajo sea el valor del identificador más prioridad tendrá el mensaje es decir es inversamente proporcional. En este instante en la transmisión de este campo, se comprueba si todavía está autorizado para emitir o si otro dispositivo está emitiendo otro mensaje de mayor prioridad en el emisor. El bit RTR indica si el mensaje tiene datos (RTR=0) o si se trata de una trama remota (*Remote Frame*) sin datos (RTR=1). “Una trama de datos siempre tiene prioridad más alta que una trama remota. La trama remota se emplea para solicitar datos a otras unidades o bien porque se necesita para realizar un chequeo.” (Miila Pérez, 2008)

**Campo de control** (*Control Field*) (6 bits).- Este campo informa sobre las características del “*Data Field*”, se compone por un primer bit “IDE<sup>29</sup>”, que indica que tipo de mensaje es, ‘0’ para una trama estándar y ‘1’ para una trama extendida. Después un bit reservado y los cuatro últimos contienen la longitud en Bytes del campo de datos “*Data Field*”.

**Campo de datos** (*Data Field*) (64 bit como máximo).- En este campo se encuentra la información que puede variar entre 0 y 8 Bytes. Un mensaje de longitud 0 puede emplearse para la sincronización de procesos distribuidos.

---

<sup>28</sup> RTR: Respuesta de Transmisión Remota

<sup>29</sup> IDE: Identificador de Dato

**Campo de aseguramiento (CRC Field) (16 bits).**- Es un código de 16 bits para verificar posibles errores de transmisión, está basado en una codificación *Hamming* con distancia 6, el último bit es siempre un '1' y delimita el campo CRC.

**Campo de confirmación (Ack Field) (2 bits).**- El campo ACK<sup>30</sup> está compuesto por dos bit que son siempre transmitidos como recesivos '1'. Todos los dispositivos que verifican el CRC modifican el primer bit del campo ACK por uno dominante '0', de forma que el periférico que está todavía transmitiendo reconoce que al menos algún dispositivo ha recibido el mensaje correctamente. De no ser así, el emisor interpreta que su mensaje presenta algún error.

**Campo de fin de data grama (End of Frame) (7 bits).**- Este campo EOF<sup>31</sup> indica el final del mensaje con una cadena de 7 bits recesivos '1'. Puede suceder que en algún mensaje se produzca una larga cadena de ceros o unos, ocasionando una pérdida de sincronización entre los dispositivos. CAN resuelve esta situación insertando un bit de diferente polaridad cada cinco bits iguales: cada cinco '0' se inserta un '1' y viceversa. El dispositivo que utiliza el mensaje, descarta un bit posterior a cinco bits iguales. Estos bits reciben el nombre de bit *stuffing*.

---

<sup>30</sup> ACK: Campo de Confirmación

<sup>31</sup> EOF: Campo de fin de Mensaje

Como podemos ver, el mensaje en Formato Estándar se compone de 130 bit, y es necesario un mecanismo para evitar el envío de mensajes erróneos, para este fin se encuentra el campo CRC, pero existe otro mecanismo que me ha parecido muy curioso, el propio emisor recibe también el mensaje a la vez que lo envía, y lo va comparando; si por alguna circunstancia no coincide, activa un flag de error y detiene la transmisión durante 12 bits. En este tiempo todos los demás dispositivos activan también el flag de error, el objetivo de esta ventana temporal es permitir la sincronización de todos los elementos. Una vez transcurridos los 12 bits, el emisor vuelve a enviar el mensaje. Esta situación nos puede llegar a plantear una pregunta, ¿Qué pasa si el error en la recepción del mensaje es permanente? aparentemente la respuesta sería que el sistema se bloquearía, pero no es así, CAN ha pensado en esto, y está dotado de un mecanismo capaz de distinguir entre anomalías ocasionales y anomalías permanentes mediante una evaluación estadística de las situaciones de error. (Vallejo, 2010)

## **CAPITULO 5**

### **CHIP ELM327**

#### **5.1 Introducción**

Como ya se ha explicado en capítulos anteriores, cada fabricante era el responsable de interpretar datos emitidos por los diferentes modelos de vehículos, esto producía un costo alto y la dificultad de utilizar lectores, pero a partir de 1996 se llega a estandarizar los protocolos de comunicación vehículo- humano. Todos los automóviles producidos en la actualidad necesitan una interfaz para la conexión de equipos de prueba de diagnóstico. Por eso, la empresa ELM Electronics diseño un circuito integrado capaz de interactuar con diferentes tipos de vehículos, creando un puente de comunicación entre los sistemas de Diagnóstico a Bordo (OBD) y una interfaz estándar.

En este capítulo se va a describir el funcionamiento del circuito integrado ELM327, detallando sus características, su configuración y como usarlo.

Además de proporcionar información básica sobre los protocolos que son compatibles.

## 5.2 Funcionamiento

Como ya se mencionó el ELM327 es un puente de comunicación entre OBD y el puerto estándar RS232. Además es capaz de detectar automáticamente e interpretar los doce protocolos OBD.

El circuito integrado ELM327 agrega versiones mejoradas de interfaces ELM320, ELM322, y ELM323 agregando 7 protocolos CAN de ellos.

El ELM327 también proporciona soporte para las comunicaciones de alta velocidad y de baja potencia en modo *sleep*. También es completamente personalizable, en caso de querer modificarlo para poder cubrir las necesidades que se presentan a través de parámetros programables.

La transferencia de datos en estas interfaces sigue varios estándares, de los cuales ninguno es directamente compatible con PCs o PDAs

El ELM327 espera la comunicación con una PC a través de una conexión serie RS232. Los dispositivos más comunes son adaptadores USB a RS232, pero hay muchos otros tales como tarjetas de PC, dispositivos ethernet o adaptadores Bluetooth a serie. Sin importar cómo se conecte físicamente al ELM327, necesitará una forma de enviar y recibir datos.

El ELM requiere pocos componentes externos para ser un circuito que funcione completamente y en la Figura 5.1 se muestra la configuración de sus terminales.

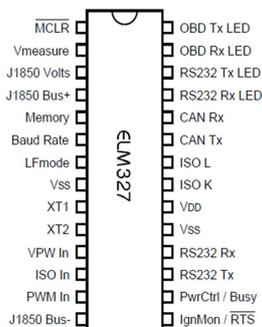
### Aplicaciones

- Lectura de código de Fallas
- Herramientas de análisis Automotriz o SCANTOOL
- Ayudas para la enseñanza

### Características

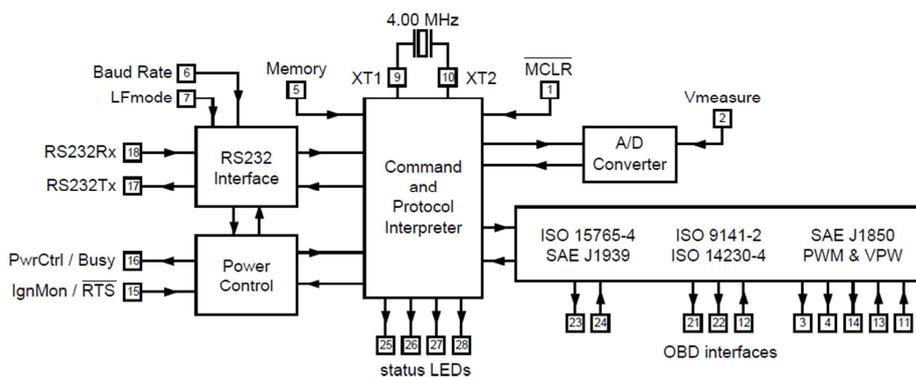
- “Soporta 12 protocolos y los busca automáticamente
- Control de energía en el modo de espera
- Velocidad de transferencia de RS232 de hasta 500 kbps
- Totalmente configurable con los comandos AT
- CMOS de baja potencia de diseño
- Tensión para monitoreo de batería” (Elm, Elmelectronics)

### Distribución de los pines



**Figura. 5.1. Diagrama de conexión**

**Fuente:** (Elm, Elmelectronics)



**Figura. 5.2. Diagrama de bloque**

Fuente: (Elm, Elmelectronics)

## Descripción de los pines

### PIN 1. MCLR

Funciona como *reset* en bajo. Si no se utiliza, este pin se debe conectar en alto ( $V_{DD}$ ).

### PIN 2. Vmeasure

Esta entrada analógica se utiliza para medir una señal de 0 a 5V que se le aplica al CI (circuito integrado)<sup>32</sup>. Se debe tener cuidado para evitar que la tensión sobrepase los niveles, porque se puede dañar. Si no se utiliza, este pin debe estar vinculado a  $V_{DD}$  o  $V_{SS}$ .

### PIN 3. - J1850

Esta salida puede ser utilizada para controlar el suministro de voltaje para la salida del bus +J1850. El pin normalmente tiene una lógica de salidas de nivel alto, de 8V nominal para J1850 VPW, y un bajo nivel de 5V

<sup>32</sup> CI: Circuito Integrado

para J1850 PWM, pero esto puede cambiar con el PP<sup>33</sup>12. Si este pin no se necesita se puede dejar en circuito abierto.

#### **PIN 4. Bus +J1850**

Esta salida está activa en alto se utiliza para conducir el bus +J1850 a un nivel activo.

#### **PIN 5. Memoria**

Esta entrada controla el estado por defecto de la opción de memoria. Si este pin se encuentra en un alto nivel durante el encendido o restablecimiento (*reset*), la función de memoria se activará por defecto. Si está en un nivel bajo, el valor por defecto será inhabilitado. La memoria siempre se puede habilitar o deshabilitar por los comandos AT con el AT M1 y AT M0.

#### **PIN 6. Velocidad de transmisión**

Esta entrada controla la velocidad de transmisión de la interfaz RS232. Si está en un nivel alto durante el encendido o *reset*, la velocidad de transmisión se ajustará a 38400 (o la tasa de que ha sido fijado por PP 0C). Si en un nivel bajo, la velocidad de transmisión siempre será 9600.

#### **PIN 7. LFmode**

Esta entrada se utiliza para seleccionar el modo de avance de línea por defecto para ser utilizado después de una activación o *reset*. Si está en un

---

<sup>33</sup> PP: Código del parámetro programable

alto nivel, por default, los mensajes enviados por el ELM327 serán terminados con un retorno de carro y un carácter de avance de línea. Si está en un nivel bajo, la línea se dará por terminada solamente con un retorno de carro. Este comportamiento siempre se puede modificar mediante la emisión de comandos AT, AT L1 o AT L0.

**PIN 8. V<sub>SS</sub>** Pin de conexión a tierra.

#### **PIN 9. XT1 y PIN 10. XT2**

Entre estos dos pines se conecta un oscilador de cristal de 4,000 MHz. Este dispositivo no ha sido configurado para operación con un oscilador externo. El uso de una fuente de reloj externa no es recomendable. Por otra parte, tenga en cuenta que este oscilador se apaga cuando está en el modo de operación *standby* o espera.

#### **PIN 11. VPW**

Esta entrada se activa en alto para la señal de datos J1850 VPW. Cuando está en reposo, este pin debe estar en un nivel lógico bajo. Esta entrada tiene un disparador de *Schmitt*, por lo que no necesita una especial amplificación.

#### **PIN 12. ISO**

Esta entrada se activa en bajo para la señal de datos de la ISO 9141 e ISO 14230. Se deriva de la Línea K y debe estar en un nivel lógico alto

cuando está en reposo. Esta entrada tiene un disparador de *Schmitt*, por lo que no necesita una especial amplificación.

### **PIN 13. PWM**

Esta entrada esta activa en bajo para la señal de datos J1850 PWM. Normalmente está en un alto nivel cuando está en reposo. Esta entrada tiene un disparador de *Schmitt*, por lo que no necesita amplificación.

### **PIN 14. Bus - J1850**

Esta salida se activa en alto, es usada para conducir la línea del Bus - J1850. Para un nivel activo de la aplicación J1850 PWM. Si no se usa, esta salida se puede dejar en circuito abierto.

### **PIN 15. IgnMon / RTS**

Esta entrada tiene dos funciones, dependiendo de cómo el *Power Control* se restablezca (PP 0E). Si el bits 7 y el bit 2 de PP 0E son "1", este pin actuará como un monitor de encendido. Esto resultará en un interruptor en modo bajo de operación, dando una señal de nivel bajo, esto sucede cuando el vehículo está apagado. Un *timer* interno es usado para asegurar que el ELM327 no permita la entrada del ruido.

Cuando el voltaje en el pin 15 es restablecido en nivel alto y pasa un tiempo de 1 o 5 segundos (PP 0E bit 1), el ELM327 desarrollara un arranque en caliente y volverá al funcionamiento normal. En la transición de alto a bajo en el pin 15, se restablecerá la operación normal, independientemente

de la configuración del PP 0E bit 2, o si el pin 15 fue la causa inicial del modo bajo de alimentación.

Esta característica permite a un sistema de control seleccionar cómo y cuándo se pondrá en operación de bajo consumo, pero todavía tienen activación automática por la tensión de encendido, o incluso por un pulsador.

Si el bit 7 o el bit 2 de PP 0E son "0", este pin funcionará como una entrada activa en bajo, es decir, solicitud de envío o respuesta.

Esto puede ser usado para interrumpir el procesamiento del OBD, en la orden de envío de un nuevo comando o anteriormente mencionado, para resaltar el hecho de que el encendido ha sido desactivado. Normalmente se mantiene en un nivel alto, sin prestarle atención y debe seguir siendo así, hasta que el pin 16 le indique al ELM327 que ya no está ocupado, o hasta que un mensaje se recibe (si el pin 16 está siendo utilizado como control de potencia).

Esta entrada tiene un disparador de *Schmitt*. Por defecto, el pin 15 activa la interrupción de entrada RTS.

### **PIN 16. PwrCtrl**

Este pin de salida tiene dos funciones, dependiendo de cómo el Power Control se restablezca (PP 0E).

Si el bit 7 del PP 0E es un "1" (por defecto), este pin funcionará como un control de potencia de salida. El estado normal del pin será según lo establecido por el PP 0E bit 6 y el pin permanecerá en ese estado hasta que el ELM327 cambia a modo bajo de operación, cuando la salida cambia a un nivel contrario. Esta salida es normalmente utilizada para controlar entradas de habilitación, pero también puede ser utilizado para los circuitos de relés, etc,

Si el bit 7 del PP 0E es un "0", el pin 16 funcionará como una salida ocupada, mostrando cuando el ELM327 está activamente procesando un comando (la salida será un nivel alto), o cuando está en reposo, listo para recibir comandos (la salida será baja).

Por defecto, el bit 7 del PP 0E es '1', por lo que el pin 16 proporciona la función de control de potencia.

#### **PIN 17. RS232Tx**

Esta es la transmisión de datos RS232 de salida. El nivel de señal es compatible con la mayoría de circuitos integrados (la salida es alto cuando está inactivo) y hay suficiente conducción de corriente para permitir la interconexión con sólo un transistor PNP, si lo desea.

#### **PIN 18 RS232Rx**

En este pin el RS232 recibe el dato de entrada. El nivel de señal es compatible con la mayoría de circuitos integrados (cuando está inactivo, el nivel debe ser alto), pero se puede utilizar con otras interfaces.

**PIN 19. V<sub>SS</sub>** Pin de conexión a tierra

**PIN 20. V<sub>DD</sub>**

Este pin es el punto más positivo en el circuito. El circuito interno conectado a este pin es usado para proporcionar el encendido o *reset* del microprocesador, por lo que una externa señal de reajuste no es necesaria.

(Elm, Elmelectronics)

**PIN 21. ISO K y PIN 22. ISO L**

Son señales de salida activas en alto que se utiliza para conducir el ISO 9141 e ISO 14230 para los buses en un nivel activo. Muchos vehículos nuevos no requieren de la línea L. Por lo que el pin 22 puede estar en circuito abierto.

**PIN 24. CAN Tx y PIN 23. CAN Rx**

Estas son las dos señales de la interfaz CAN que debe estar conectas a un transceptor CAN. Si no se usa el pin 24 se conectara a un nivel alto.

**PIN 25. RS232 Rx LED, PIN 26. RS232 Tx LED, PIN 27. OBD Rx LED y PIN 28. OBD Tx LED**

Estos cuatro pines de salida están normalmente en alto y son conducidos a niveles bajos cuando el ELM327 está transmitiendo o recibir datos. Estas salidas son adecuadas para conducir corriente a través de los LEDs limitado por resistencias, o la interconexión con otros circuitos de lógica. Si no son utilizados, estos pines se pueden dejar en circuito abierto.

Tenga en cuenta que el pin 28 también se puede utilizar para apagar todos los parámetros programables. (Elm, Elmelectronics)

### 5.3 Comandos AT

“Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre” (Bluehack) y máquina, por ejemplo a un terminal tipo modem.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de *attention*, fue desarrollado en 1977 por Dennis Hayes como una interfaz de comunicación con un modem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono, etc.

Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo. Otros servicios los toman como lenguaje de comunicación. Por ejemplo, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales.

Para el diagnóstico a bordo de automóviles (OBD), también se emplea la programación de comandos AT y cada fabricante con su protocolo, usa un sistema de *scantool* que tiene el objeto de facilitar la identificación del sistema o componente asociado con dicha falla.

Hay dos diferentes tipos de mensajes que se pueden enviar al ELM 327. El primer tipo de mensaje, se utiliza para leer o modificar datos en el mismo ELM y “que comienza con “A” seguido del carácter “T”, si los encuentra, los próximos caracteres se interpretarán como una configuración interna o comando AT y se ejecutarán al recibir un carácter de retorno de carro” “>”. (Vallejo, 2010)

El segundo tipo son códigos que se utilizan para solicitar datos de un vehículo, dichos códigos, están compuestos de un modo y un parámetro identificador (PID<sup>34</sup>). Si el comando es solo un cambio de ajuste, el circuito integrado responderá con los caracteres “OK” para decir que fue completado exitosamente. También hay que tener en cuenta que para los tipos de comandos on/off, el segundo carácter es el número 1 o el 0, los términos universales para encendido y apagado. Una de las observaciones asociadas al ELM es que el análisis de mensajes no distingue entre mayúsculas o minúsculas.

Los comandos AT se dividen a su vez en:

**Comandos generales.** Los cuales sirven para resetear el chip, poner por defecto configuraciones del chip como la velocidad de comunicación, etc.

---

<sup>34</sup> PID: Parámetro de identificación

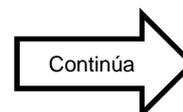
**Tabla. 5.1. Resumen de Comandos Generales AT**

COMANDOS GENERALES AT	
CR	Repita el último comando.
BRD hh	<i>Try Baud Rate divisor hh.</i> Dividir una palabra.
BRT hh	<i>Set Baud Rate Timeout.</i> Fijar Timeout.
D	<i>Set all to Defaults.</i> Selecciona todo por defecto.
E0, E1	<i>Echo Off, or On.</i> Apagado o encendido.
FE	<i>Forget Events.</i> No tomar en cuenta el evento.
I	<i>Print the version ID.</i> Imprima la versión ID.
L0, L1	<i>Linefeeds Off, or On.</i> Habilita o deshabilita las líneas de campo.
M0, M1	<i>Memory Off, or On.</i> Memoria habilitada o deshabilitada.
WS	<i>Warm Start (quick software reset).</i> Reestablecimiento rápido del sistema.
Z	<i>Reset all.</i> Reset total.
@1	<i>Display the device description.</i> Descripción del Display del dispositivo.
@2	<i>Display the device identifier.</i> Identificador del Display del dispositivo.
@3cccccccccc	<i>Store the device identifier.</i> Almacene el valor del display.
0 =	<i>Default setting.</i> Seteo por defecto.

**Comandos relacionados con OBD.** Que informan y establecen los protocolos a implementar, monitorización de mensajes continuos, etc.

**Tabla. 5.2. Comandos OBD**

COMANDOS OBD	
AL	Permite mensajes largos (>7 byte).
AR	Reciba automáticamente.
AT0,1,2	<i>Adaptive Timing Off, Auto 1, Auto 2.</i> Tiempo de adaptación apagado, Auto 1, Auto 2
BD	Realice un volcado del buffer.
B1	Saltee la secuencia de inicialización.
DP	Describa el protocolo actual.
DPN	Describa el protocolo por número.



**Tabla. 5.2. Comandos OBD**

COMANDOS OBD	
H0, H1	<i>Headers Off*, or On.</i> Cabeceras deshabilitadas, habilitadas.
MA	Monitoree todo.
MR hh	Monitoree la recepción = hh.
MT hh	Monitoree la transmisión = hh.
NL	Duración normal de mensaje.
PC	Protocolo cerrado.
R0, R1	<i>Responses Off, or On.</i> Respuestas deshabilitadas, habilitadas.
RA hh	Fije la dirección de recibo en hh.
S0, S1	<i>Printing of Spaces Off, or On.</i> Impresión de espacios deshabilitada, habilitada.
SH xyz	Fije el encabezado en xyz.
SH xxyzz	Fije el encabezado en xxyzz.
SP h	Fije el protocolo en h y guárdelo.
SP Ah	Fije el protocolo en automático y guárdelo.
SR hh	Fije la dirección de recibo en hh.
ST hh	Fije un tiempo de espera en hh de 4 milisegundos.
TP h	Pruebe el protocolo h.
TP Ah	Pruebe el protocolo h con búsqueda automática.

**Comandos específicos para ISO, J1850 y CAN.** Son comandos que sirven para configurar los diferentes protocolos de forma específica por la propia naturaleza de éstos.

**Tabla. 5.3. Comandos específicos para J1850**

COMANDOS ESPECÍFICOS PARA J1850 (PROCOLOS 1 Y 2)	
IFR0 1, 2	<i>IFRs Off, Auto, or On.</i> IFRS deshabilitado, automático, habilitado.
IFR H, S	<i>IFR value from Header or Source.</i> Establezca los valores IFR desde el encabezado o la fuente.

**Tabla. 5.4. Comandos específicos para ISO**

<b>COMANDOS ESPECÍFICOS PARA ISO (PROTOCOLOS 3 Y 5)</b>	
IB 10	Fije la velocidad ISO en 10400 Baud.
IB 96	Fije la velocidad ISO en 9600 Baud.
IIA hh	Fije la habilitación ISO (baja) en hh.
KW	Muestre las palabras clave.
KW0, KW1	Habilite o deshabilite el chequeo de las palabras clave.
SW hh..	Establezca el intervalo de activación de hh en 20 milisegundos
WM 1 - 6 bytes	Fije los mensajes de activación.

**Tabla. 5.5. Comandos específicos CAN (protocolos 6 y C)**

<b>COMANDOS ESPECÍFICOS PARA CAN (PROTOCOLOS 6 Y C)</b>	
CAF0, CAF1	Habilite, deshabilite el formateo automático.
CF hhh	Fije el filtro ID en hhh.
CF hhhhhhhh	Fije el filtro ID en hhhhhhhh.
CFC0, CFC1	Active, desactive controles de flujo.
CM hhh	Fije la máscara ID en hhh.
CM hhhhhhhh	Fije la máscara ID en hhhhhhhh.
CP hh	Fije prioridad CAN en hh (29 BIT).
CRA hhh	Fije la dirección de recepción CAN en hh.
CRA hhhhhhhh	Fije la dirección de recepción en hhhhhhhh.
CS	Muestre el estado de cuenta CAN.
D0, D1	Active, desactive la muestra de DLC.
FC SM h	Control de flujo, fije el Modo en h.
FC SH hhh	Control de flujo, fije el inicio en hhh.
FC SH hhhhhhhh	Control de flujo, fije el inicio en hhhhhhhh.
FC SD 1-5 bytes	Control de flujo, fije el dato en....
RTR	Envíe un mensaje RTR.
V0, V1	Habilite, deshabilite el uso de la variable DLC.

**Tabla. 5.6. Comandos específicos J1939 CAN**

COMANDOS ESPECÍFICOS J1939 CAN (PROTOCOLO A a C)	
DM1	<i>Monitor for DM1 messages.</i> Monitoree los mensajes DM1.
JE	<i>Use J1939 Elm data format*.</i> Use formato* de datos J1939 Elm.
JS	<i>Use J1939 SAE data format.</i> Use formato de datos J1939 SAE.
MP hhhh	<i>Monitor for PGN 0hhhh.</i> Monitoree PGN 0hhhh.
MP hhhhhh	<i>Monitor for PGN hhhhhh.</i> Monitoree PGN hhhhhh.
*=	<i>Default setting.</i> Programación o seteo por defecto..

**Comandos de Parámetros Programables.** Permiten crear o ejecutar tareas específicas dentro del programa.

**Tabla. 5.7. Comandos de Parámetros Programables.**

COMANDOS DE PARÁMETROS PROGRAMABLES	
PP xx OFF	<i>Disable Prog Parameter xx.</i> Deshabilite el parámetro de programa xx.
PP FF OFF	<i>All Prog Parameters Off.</i> Todos los parámetros de programación deshabilitados
PP xx ON	<i>Enable Prog Parameter xx.</i> Habilite el parámetro de programa xx.
PP FF ON	<i>All Prog Parameters On.</i> Todos los parámetros de programación habilitados.
PP xx SV yy	<i>For PP xx, Set the Value to yy.</i> Para el parámetro xx fije el valor yy.
PPS	<i>Print a PP Summary.</i> Imprima un resumen de parámetros.

**Comandos varios,** capaces de leer el voltaje con que se alimenta la interfaz a través de conector OBD, o la calibración del voltaje por software. (Elm, Elmelectronics)

**Tabla. 5.8. Comandos de lectura de tensión**

COMANDOS DE LECTURA DE TENSIÓN	
CV dddd	<i>Calibrate the Voltage to dd.dd volts.</i> Calibre la tensión en dd.dd volts.
RV	<i>Read the Voltage.</i> Lea la tensión.

La comunicación de comandos OBD se realiza enviando bytes en hexadecimal, tiene un máximo de 7 bytes de datos. El primer byte a continuación del encabezado o *Header* corresponde al modo de test OBD es llamado identificador de servicio y describe el tipo de datos que se pide, los siguientes bytes varían dependiendo del modo de test específico y hay 10 modos de diagnóstico:

### **(1º Byte)**

**Modo \$01:** Solicitar Diagnóstico de Datos del Tren de Poder.- Este modo da acceso a la emisión de datos actuales, incluyendo entradas y salidas tanto análogas como digitales, así como información del estado del sistema. Además en este modo, PID 00 debe ser soportado por todos los vehículos

**Modo \$02:** Solicitar Diagnóstico de Datos *FreezeFrame*<sup>35</sup> del Tren de Poder.- Este modo da acceso a información de la emisión de datos actuales en FreezeFrame. Un FreezeFrame consiste en la entrega de datos colectados en un evento específico como por ejemplo alguna falla en el motor.

**Modo \$03:** Solicitar Diagnóstico de Códigos de Error.- El propósito de este servicio es de habilitar un accesorio externo para obtener los códigos de error confirmados.

---

<sup>35</sup> Data FreezeFrame.- Datos de cuadro congelado

**Modo \$04:** Limpiar- Eliminar Información sobre los Códigos de Error.- El propósito de este servicio es proveer los medios para un equipo externo de análisis para poder eliminar la información relacionada con los Códigos de Error de la ECU del Vehículo.

**Modo \$05:** Solicitar los Resultados del Monitoreo de los Sensores de Oxígeno

**Modo \$06:** Solicitar Resultados No Continuamente monitoreados.- Este servicio da acceso a los resultados para los Monitoreos Abordo de Componentes o Sistemas que no son monitoreados constantemente. Por ejemplo, el monitoreo del Catalizador o el sistema de Emanación de Gases.

**Modo \$07:** Mostrar códigos de fallas pendientes.- A través de este servicio, el equipo de diagnóstico externo, puede obtener los resultados para los Componentes o Sistemas del Tren de Poder que son constantemente monitoreados durante la conducción en condiciones normales.

**Modo \$08:** Realiza prueba con actuadores.- Con esta función el personal autorizado puede activar o desactivar actuadores como bombas de combustibles bombas de ralentí, entre otros actuadores del sistema automotriz.

**Modo \$09:** Solicitar Información del Vehículo – Este servicio da acceso a información específica del Vehículo como el Número de Identificación del Vehículo e ID de Calibración.

**Modo \$0A:** Permanente de DTC – Para la norma ISO 15765-4 (CAN). Este modo se usa para códigos de fallas permanentes. (Vallejo, 2010)

Los fabricantes de vehículos no están obligados a apoyar a todos los modos, cada fabricante puede definir los modos adicionales por encima del número 9 para otro tipo de información, por ejemplo, el voltaje de la batería de tracción.

El segundo byte y posiblemente un tercero o más, especifica la información que se requiere. Los bytes que siguen al byte de modo se conocen como identificación de parámetro o bytes de número PID.

En la norma SAE J1979 se establecen todas las regulaciones sobre OBD. Así por ejemplo, en la siguiente Tabla 5.9 se detalla el PID 05.

**Tabla. 5.9. PID Para obtener el valor real de la temperatura**

MODO	PID	BYTES DEV	VALOR MIN	VALOR MAX	FORMULA
01	05	1	-40°C	215°C	A-40

De la tabla se deduce que: Se encuentra en el modo 1, con la petición de la temperatura del refrigerante del motor (05), dando el rango de temperatura

que puede tener el motor y la formula con la que se puede calcular el valor real, así por ejemplo:

Si la respuesta recibida es 7B, se transforma a su valor decimal que es 123 entonces tenemos el valor A de la formula, entonces:

$$\text{Temperatura motor} = A - 40 = 123 - 40 = 83^{\circ}\text{C}.$$

En el Anexo 5 se muestra la tabla de PID completo, con lo que se puede aplicar las fórmulas para realizar cálculos de variables respectivas.

#### **5.4 Interpretación del código de falla**

Los códigos de falla están regulados por la norma SAE J1979 y es el estándar que, hoy en día, usan los fabricantes de vehículos. Los DTC son códigos alfanuméricos que se utilizan para identificar un problema que esté presente en cualquiera de los sistemas monitoreados por la computadora a bordo. Cada código de problema tiene asignado un mensaje que identifica el circuito, el componente o el área del sistema donde se encontró el problema.

Los códigos de falla constan de 5 caracteres, que son una letra seguida de cuatro números y son los siguientes:

El **primer carácter** es una letra. Ésta identifica el "sistema principal" donde ocurrió el fallo.

P	Tren motriz o motor y transmisión ( <i>Powertrain</i> )
B	Carrocería ( <i>Body</i> )
C	Chasis ( <i>Chassis</i> )
U	Red (Conexiones entre computadores)

El primer dígito que se recibe es transformado dependiendo del número a dos caracteres, a continuación se muestra la tabla 5.10 con los valores equivalentes al primer dígito.

**Tabla. 5.10. Valores equivalentes al primer dígito enviado por la ECU.**

INTERPRETACIÓN DEL PRIMER DÍGITO DEL MENSAJE			
Valor hexadecimal	Valor reemplazado	Sistema principal	
0	P0	Códigos del tren de potencia	Definido por SAE
1	P1		Definido por el fabricante
2	P2		Definido por SAE
3	P3		Definido conjuntamente
4	C0	Códigos de chasis	Definido por SAE
5	C1		Definido por el fabricante
6	C2		Definido por el fabricante
7	C3		Reservados para el futuro
8	B0	Códigos de la carrocería	Definido por SAE
9	B1		Definido por el fabricante
A	B2		Definido por el fabricante
B	B3		Reservados para el futuro
C	U0	Códigos de red	Definido por SAE
D	U1		Definido por el fabricante
E	U2		Definido por el fabricante
F	U3		Reservados para el futuro

El **segundo carácter** es un dígito numérico. Éste identifica el "tipo" de código (genérico o específico del fabricante).

- |   |   |
|---|---|
| 0 | Genérico para todas las marcas y definido por SAE.  |
| 1 | Específico definido por el fabricante del vehículo, el código generalmente es diferente para cada fabricante. |

“Los códigos del 0001 al 0999 son definidos completamente por SAE. Los códigos del 1000 al 1999 son definidos por el fabricante y solo siguen la norma SAE en el formato”. (e-auto)

Los DTC genéricos son códigos que utilizan todos los fabricantes de vehículos. La *Society of Automotive Engineers* (SAE) establece los estándares para DTC genéricos y sus definiciones.

Los DTC Específicos de Fabricante son códigos controlados por el fabricante del vehículo. El Gobierno Federal no exige que los fabricantes del vehículo sobrepasen los DTC estándar genéricos con el objeto de cumplir con las nuevas normas de emisión OBD2. Sin embargo, los fabricantes están en libertad de expandir sus diagnósticos más allá de los estándares para facilitar el uso de su sistema.

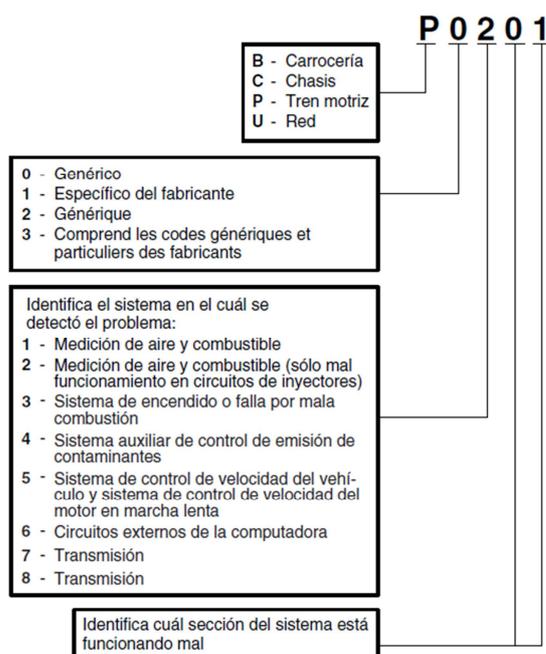
El **tercer carácter** es un dígito numérico. Éste identifica el sistema o subsistema específico donde está localizado el problema.

- |       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| 0     | El sistema electrónico completo |
| 1 y 2 | Control combustión              |
| 3     | Sistema de encendido            |
| 4     | Control de emisión auxiliar     |
| 5     | Control de velocidad y ralentí  |

6	ECU y entradas y salidas
7 y 8	Transmisión
9	Reservado

El **cuarto y quinto** caracteres. Estos identifican la sección del sistema que está funcionando con desperfectos es decir indican la falla. (Ver Anexo 6 Códigos de falla)

**EJEMPLO:** P0201 - Mal funcionamiento en circuito del inyector, cilindro 1



**Figura. 5.3. Ejemplo de código DTC de OBDII**

**Fuente:** (Innova, 2010)

Existen dos tipos de DTC utilizados para los fallos relacionados con las emisiones: Los códigos Tipo "A" y Tipo "B". Los códigos Tipo "A" son códigos de "Un viaje de prueba"; los DTC Tipo "B" usualmente son DTC de dos viajes de prueba.

Al encontrar un DTC **Tipo “A”** en el primer viaje de prueba, ocurren los siguientes eventos:

La computadora enciende la luz indicadora MIL o *check engine* al encontrar el fallo. Si el fallo causa un fallo grave de encendido que pueda causar daño al convertidor catalítico, la luz indicadora MIL parpadea una vez por segundo. La luz indicadora MIL continuará parpadeando mientras exista la condición. Si la condición que causó que la luz indicadora MIL parpadeará deja de existir, la luz indicadora MIL se iluminará de manera “continua”.

Se almacena un DTC en la memoria de la computadora para su recuperación posterior.

En la memoria de la computadora se guarda una “Imagen fija” de las condiciones presentes en el motor o sistema de emisiones cuando se indicó el encendido de la luz indicadora MIL para su recuperación posterior. Esta información muestra el estado del sistema de combustible (bucle cerrado o bucle abierto), carga del motor, temperatura del refrigerante, valor de ajuste de combustible, vacío MAP, RPM del motor y prioridad del DTC.

Al encontrar un DTC **Tipo “B”** en el primer viaje de prueba, ocurren los siguientes eventos:

La computadora establece un DTC pendiente, pero no se enciende la luz indicadora MIL. “El Congelado de Datos” puede o puede no registrarse en

este momento, dependiendo del fabricante. Se almacena un DTC pendiente en la memoria de la computadora para su recuperación posterior.

Actualmente, quince monitores son compatibles con los sistemas OBD2. Se puede agregar monitores adicionales como resultado de las normativas gubernamentales a medida que el sistema OBD2 crece y madura. No todos los vehículos son compatibles con los quince monitores. Además, algunos monitores son compatibles solamente con vehículos de “encendido por chispa”, mientras que otros son compatibles solamente con vehículos de “encendido por compresión”. (Elm, Elmelectronics)

### **5.1 Monitoreo del bus**

Durante funcionamiento normal del vehículo se usa el sistema OBD para la transferencia de información. Para ver cómo usa el bus OBD el vehículo, se puede ingresar al modo “*Monitor All*” del ELM327 enviando el comando AT MA desde *Hiper Terminal de la PC*. Esto hará que el CI muestre cualquier información, sin importar las direcciones del transmisor o receptor. Hay que notar que el ELM327 permanece en silencio mientras monitorea, de modo que no se envían mensajes periódicos de “despertar”, y el módulo CAN no reconoce mensajes. (Rodríguez, 2010)

El modo de monitoreo puede detenerse poniendo un 0 lógico en el pin RTS, o enviando un solo carácter por el RS232 al ELM 327. Se puede usar cualquier carácter conveniente para interrumpir al CI y no hay restricciones

acerca de si es imprimible, etc. Cabe recalcar que el carácter que se envía será descartado, y no tendrá ningún efecto en cualquier comando subsiguiente. El tiempo que le lleva responder a este carácter de interrupción dependerá de lo que esté haciendo el CI cuando se recibe el carácter. El CI siempre terminará una tarea que esté en progreso antes de volver a esperar una entrada, de modo que siempre debe esperar el “*prompt*” (“>”) o que la línea ocupada pase a bajo, antes de comenzar a enviar un comando.

Puede ocurrir un resultado inesperado si hace que se habilite la característica de búsqueda automática de protocolo y se le dice al ELM 327 que comience a monitorear. Si el bus está quieto, el CI comenzará a buscar un protocolo activo que puede no ser lo que estaba esperando. Hay que tomar en cuenta también que los protocolos ISO 9141 e ISO 14230 aparentan ser idénticos cuando se monitorea, de modo que el CI parará de buscar con el ISO 9141 aunque el protocolo real sea ISO 14230. Con la habilitación de la búsqueda automática, debería autocorregirse cuando se haga un pedido OBD más tarde. (Rodríguez, 2010)

Si el comando “*Monitor All*” proporciona demasiada información (realmente lo hace para la mayoría de los sistemas CAN), entonces se puede restringir el rango de datos que se ha de mostrar. Para ver los mensajes que están siendo transmitidos por el ECU con dirección 10 se ingresará el siguiente código:

> **AT MT 10** mostrando los mensajes que contengan 10 en el 3º byte del encabezamiento.

El mensaje CAN ID de 11 bits realmente se almacena como los 11 bits menos significativos en la posición “almacenamiento de encabezamiento” de 3 bytes. Se almacenará con 3 bits en la ubicación de la dirección del receptor y los 8 bits restantes en la ubicación de la dirección del transmisor.

El otro comando de monitoreo que es muy útil es el comando AT MR, que busca direcciones específicas en el byte del medio del encabezamiento. Usando este comando se puede buscar todos los mensajes que se envían a una dirección particular. Por ejemplo, para usarlo para buscar mensajes que se envíen al ECU con dirección 10, simplemente envíe (Rodríguez, 2010)

> **AT MR 10** mostrara todos los mensajes que contengan 10 en el 2º byte del encabezamiento.

Es útil ver al número hexadecimal “10” como binario “0001 0000”. Cuando se compara el CAN ID recibido con la dirección que se suministra con el comando MR, sólo los 3 bits más a la derecha de su dirección MR son los que se consideran y los otros bits se ignoran. En este ejemplo, el AT MR 10 efectivamente se convierte en AT MR 0 para sistemas CAN de 11 bits y realmente se mostrarán todos los mensajes que comiencen con “0” como primer dígito.

A fin de usar el comando AT MR con identificadores CAN de 11 bits, siempre se debe tratar de usar el formato "AT MR 0x", donde "x" es el dígito con el que se quiere que comiencen los identificadores. Para buscar todos los 2xx's, se usa el comando "AT MR 02", y para ver todos los 7xx's, se debe usar "AT MR 07".

El ELM327 se puede poner para que envíe automáticamente el comando *Monitor All* a sí mismo después del encendido, si PP 00 se pone en 0 y se habilita. (Rodríguez, 2010)

Si se desea realizar la comprobación del intercambio de datos se la puede hacer utilizando el programa Hiper Terminal, los comandos para esta acción se encuentran en el Anexo 7

## **CAPITULO 6**

### **HARDWARE Y SOFTWARE**

#### **6.1. Diseño del hardware**

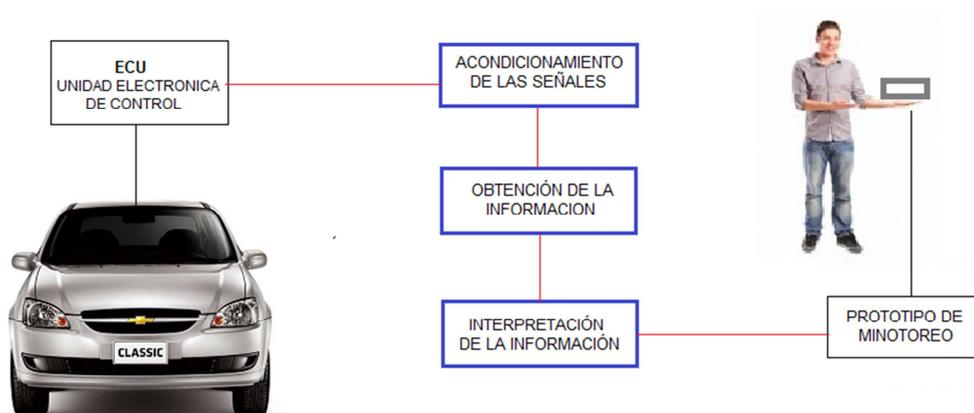
Las ECUs de los automóviles actuales están diseñadas para controlar las funciones mecánicas y eléctricas, llevando un control de sensores que informen sobre el estado de cierto módulo del mismo, por lo tanto es necesario el uso de un dispositivo que revise el correcto funcionamiento y diagnostique el problema físico que ocurre en él, con el objeto de realizar un mantenimiento correctivo.

Por lo anterior descrito se construyó un prototipo de monitoreo de automóviles que tiene como objetivo principal la comunicación con el vehículo, para la adquisición de códigos de averías relacionados con desperfectos en los sistemas electrónicos y de emisiones en el vehículo. El diálogo del mismo está orientado con los protocolos definidos por cada

fabricante, el almacenamiento de los datos provenientes del vehículo serán en la memoria interna de un microcontrolador, para posteriormente desplegarlo por medio de una pantalla gráfica. Este prototipo mostrará en pantalla el menú principal que ofrecerá distintas funciones que serán utilizadas para la lectura de los valores instantáneos y de los códigos de fallas del vehículo.

Permitiendo al usuario del prototipo una correcta interpretación de los datos de manera legible, una manipulación sencilla, de bajo costo y segura.

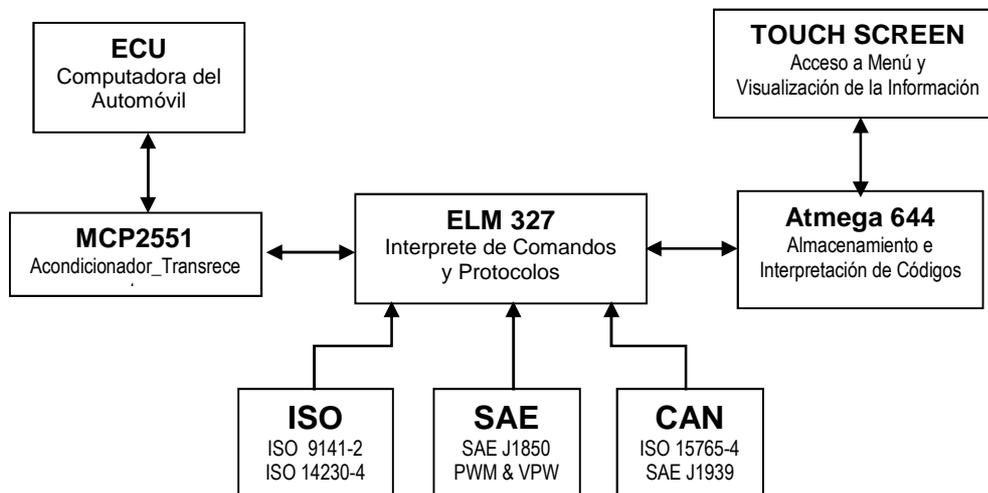
Se propone realizar el monitoreo basado en el esquema electrónico que aconseja el fabricante del chip ELM 327, el mismo que es capaz de acoplar tensiones de salida y entrada a los distintos protocolos, dando así la primera parte del proyecto que sería la comunicación con el auto, la segunda será la obtención de la información necesaria, la tercera es la interpretación de la datos adquiridos del vehículo.



**Figura 6.1. Interpretación gráfica del proyecto**

Fuente: (autoría propia)

Para mejor comprensión del flujo de información y del hardware utilizado se procede a realizar el diagrama de bloques.



**Figura. 6.2. Diagrama de bloques del prototipo**

**Fuente:** (autoría propia)

La ECU es el cerebro central electrónico del vehículo que almacena la información dada por los sensores y que se ejecuta en los actuadores.

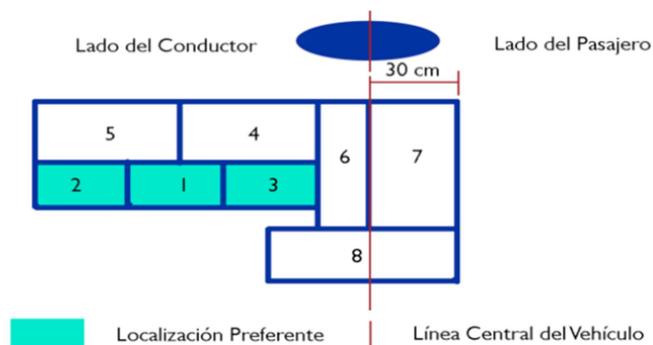
Para tener acceso a la información de la ECU, los automóviles están provistos de un puerto DB16 hembra llamado OBDII, encontrando en el mercado internacional el cable OBDII para dicha conexión.

### 6.1.1. El Conector OBDII

Las normativas gubernamentales estipulan que los vehículos que cumplen las especificaciones OBD deben tener un conector de dieciséis

pinos para enlace de datos DLC<sup>36</sup> (*Data Link Connector*) o comúnmente llamado conector OBDII.

**Ubicación del conector de enlace de datos OBDII.** En la figura 6.3 podemos ver un mapa de la ubicación del conector OBDII, donde se divide el tablero del vehículo en áreas enumeradas para su mejor entendimiento. Cada área enumerada representa un lugar específico donde los distintos fabricantes instalan el Conector de Datos. Éste debe ser accesible fácilmente y visible desde una posición de rodillas fuera del vehículo y con la puerta abierta. Si no se puede localizar el OBDII, consulte el manual de servicio del vehículo para determinar la ubicación.



**Figura. 6.3. Ubicación del conector OBDII en el panel del vehículo**

**Fuente:** (Vallejo, 2010)

Las ubicaciones 1, 2 y 3 se caracterizan por ser las áreas preferidas para la instalación del OBDII, mientras que las restantes 4, 5, 6, 7 y 8 se encuentran en otras ubicaciones de acuerdo a los requerimientos de la EPA. Cuando el conector se encuentra en las ubicaciones 4 hasta 8, los

<sup>36</sup> DLC Conector de enlace de datos

fabricantes deben indicar con una etiqueta en las ubicaciones 1, 2 o 3 que el conector se encuentra en otro lado.

**Ubicación #1:** En esta posición, el conector de datos se encuentra justo debajo de la columna de dirección (o aproximadamente 150mm a la derecha o a la izquierda de ésta).

**Ubicación #2:** Esta posición es la que se encuentra bajo el tablero del vehículo, entre la puerta del conductor y la columna de dirección.

**Ubicación #3:** Esta ubicación es la que se encuentra bajo el tablero del vehículo, entre la columna de dirección y la consola central.

**Ubicación #4:** La posición del conector de datos en esta ubicación está en la parte superior del tablero del vehículo, entre la columna de dirección y la consola central.

**Ubicación #5:** La posición del conector de datos en esta ubicación está en la parte superior del tablero del vehículo, entre la columna de dirección y la puerta del conductor.

**Ubicación #6:** Esta ubicación presenta el conector de datos en el lado izquierdo de la consola central del vehículo.

**Ubicación #7:** Esta ubicación presenta el conector de datos del vehículo 300mm a la derecha de la línea central del vehículo, en la consola central del mismo, hacia el lado del acompañante.

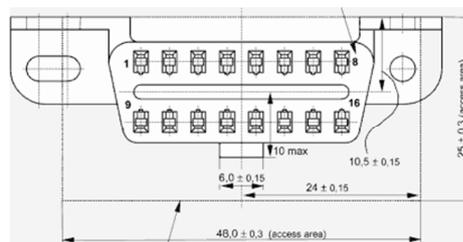
**Ubicación #8:** Acá se puede encontrar el conector de datos del vehículo en la parte inferior de la consola central del vehículo, esto puede ser en el lado derecho o izquierdo sin especificarse. Esto no incluye la parte de la consola central que se extiende hacia la parte trasera del Vehículo.

**Ubicación #9:** Esta ubicación no se muestra en el diagrama y representa cualquier otra posición que se pueda dar en un vehículo, la cual es menos frecuente pero sin embargo algún fabricante la puede utilizar. Por ejemplo, el conector se puede encontrar también en el área de pasajeros de la parte trasera del vehículo, o en el descansa brazos del conductor. (Vallejo, 2010)

En el vehículo se encontrara el Conector hembra de la interfaz OBD2, como se muestra en la figura 6.4.



(a)



(b)

**Figura. 6.4. a) Conector hembra en el vehículo, b) vista conector DLC u OBD2**

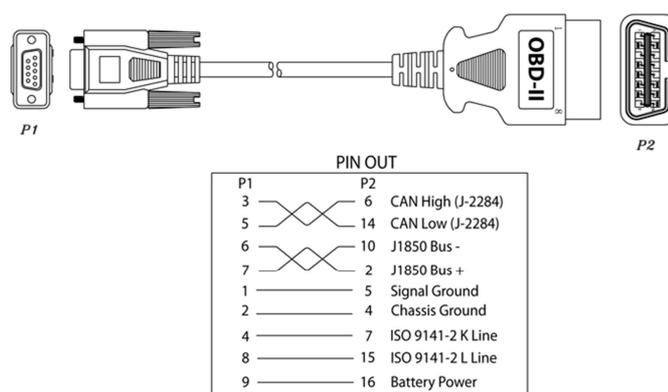
**Fuente:** figura (a) (meganeboy), figura (b) (OBDtester, 2009)

También se puede saber que protocolo se utiliza en un automóvil examinando el conector. Si el conector tiene un pin en la posición # 7 y no tiene pin en la posición # 2 o # 10, entonces el coche tiene el protocolo ISO 9141. Si el pin no está presente en la posición # 7, el coche utiliza un protocolo SAE. Si hay pines en posiciones # 7, # 2 y # 10, el automóvil puede usar el protocolo ISO.

### 6.1.2. Cable de interfaz OBDII.

Para poder comunicarnos con la computadora del vehículo es necesario de un cable especial. La Sociedad de Ingenieros de América SAE<sup>37</sup>, establece la normativa sobre la terminal del vehículo y establece un conector generalizado para el sistema OBD II, el conector J1962.

Mientras que hay tres protocolos de conexión eléctrica de OBDII, el conjunto de comandos se fija según el estándar SAE J1979.



**Figura. 6.5. Conector OBD2 a RS232**

**Fuente:** (autochekeengine)

<sup>37</sup> SAE. Sociedad de Ingenieros de América

Este conector contiene las terminales que hacen posible acceder a dicha computadora o ECU (ver figura 6.5) y transformarla a señales seriales. El prototipo a implementarse tendrá una comunicación RS232 denominada serial, por lo que a continuación se realiza el análisis de los pines.

Hay tres protocolos básicos, cada uno con variaciones de pequeña importancia en el patrón de la comunicación con la unidad de mando y con el equipo de diagnóstico. En general, los productos europeos, muchos asiáticos y Chrysler aplican el protocolo ISO 9141. General Motors utiliza el SAE J1850 VPW (modulación de anchura de pulso variable), y Ford aplica patrones de la comunicación del SAE J1850 PWM (modulación de anchura de pulso)

### **Protocolo CAN**

Si los pines 5, 6, 14 y 16 están presentes, el vehículo soporta CAN.

Pin 5 – MASA

Pin 6 – DATOS

Pin 14 – DATOS

Pin 16 - ALIMENTACION

### **Protocolos ISO y KWP**

Si los pines 5, 7, 16 y opcionalmente el 15 están presentes, el vehículo soporta ISO o KWP.

Pin 5 – MASA

Pin 7 – DATOS

Pin 15 - DATOS (Este pin es opcional, a veces no está presente)

Pin 16 - ALIMENTACION

### **Protocolo VPW**

Si los pines 2, 5 y 16 están presentes, el vehículo soporta VPW.

Pin 2 – DATOS

Pin 5 – MASA

Pin 16 - ALIMENTACION

### **Protocolo PWM**

Si los pines 2, 5, 10 y 16 son presentes, el vehículo soporta PWM.

(mundomotor)

Pin 2 – DATOS

Pin 5 – MASA

Pin 10 – DATOS

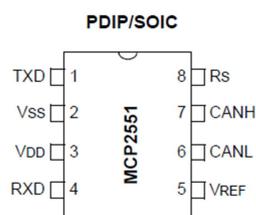
Pin 16 – ALIMENTACION

#### **6.1.3. Transmisor - Receptor de alta velocidad MCP2551**

En el proyecto se usa el integrado MCP2551 que es un transmisor-receptor de alta velocidad CAN, es el encargado de convertir las señales lógicas de nivel de tensión adecuados (TTL/CMOS), es decir, 0=0V. y 1=5V., que provienen del controlador de CAN y el bus físico. Este integrado tiene las siguientes características:

- Opera a 1 Mbps
- Implementa la norma ISO-11898 con los requerimientos de la capa física.
- Apto para sistemas de 12V y 24V
- Extremadamente controlado por la pendiente de reducción de emisiones RFI
- Detección de falla a tierra, en la entrada TXD
- Restablecimiento de encendido y protección contra caída de voltaje.
- Un nodo sin voltaje o protección contra caída de voltaje no perturba el bus CAN
- Bajo nivel de operación actual en espera
- Protección contra daños provocados por corto circuito (negativo o positivo de la batería de tensión)
- Protección contra transitorios de alto voltaje
- Protección automática de apagado térmico
- Se pueden conectar hasta 112 nodos
- Alta inmunidad al ruido.
- Rangos de temperatura:
  - Industriales (I): -40° C a +85° C
  - Extendido (E): -40° C a +125° C

## Distribución de pines



**Figura. 6.6. Distribución de pines MCP2551**

Fuente: (Datasheet, datasheetcatalog)

**Tabla. 6.1. Descripción de pines del MCP 2551**

NUMERO DE PIN	NOMBRE DEL PIN	FUNCIÓN
1	TXD	Transmisión de datos de entrada
2	V <sub>SS</sub>	Tierra
3	V <sub>DD</sub>	Voltaje de alimentación
4	RXD	Recepción de salida de datos
5	V <sub>REF</sub>	Referencia del voltaje de salida
6	CANL	CAN-Nivel de baja tensión de E / S
7	CANH	CAN-Nivel alta tensión de E / S
8	R <sub>S</sub>	Pendiente de Control de entrada

Para la **transmisión** el bus CAN tiene dos estados: dominantes y recesivos, corresponden al estado alto y bajo del pin de entrada TXD. Un estado dominante se produce cuando la tensión diferencial entre CANH y CANL es mayor que un voltaje definido (por ejemplo 1,2V.). Un estado recesivo se produce cuando la tensión diferencial es menos que un voltaje definido (normalmente 0V.). En la **recepción**, el pin de salida RXD refleja la tensión diferencial entre el CANH y CANL. Los estados de alto y bajo de el pin corresponden al estado dominante y estados recesivo del bus CAN, respectivamente.

**Protección Interna**, CANH y CANL están protegidos contra cortocircuito en la batería. Esta característica previene la destrucción de la etapa de salida del transmisor durante una condición de falla.

El dispositivo está protegido de la corriente excesiva de carga por el circuito de apagado térmico, que deshabilita la salida cuando la temperatura sea superior a 165°C. Esta protección es esencial para proteger la línea del bus contra cortocircuito.

**Modos de funcionamiento**, El pin  $R_S$  tiene tres modos de operación, que son:

- a) ALTA VELOCIDAD.- Este modo se consigue por la conexión del pin  $R_S$  a tierra, con lo que el transmisor de salida controla una salida rápida y los tiempos de caída de la alta tasa de velocidad CAN bus.
- b) PENDIENTE DE CONTROL.- Este modo reduce las emisiones electromagnéticas, disminuyendo los tiempos de subida y caída de CANH y CANL. Este modo se obtiene colocando una resistencia externa ( $R_{EXT}$ ) entre  $R_S$  y  $V_{OL}$  (generalmente de tierra).
- c) MODO DE ESPERA.- El dispositivo se puede colocar en modo de "espera" mediante la aplicación de un alto nivel de  $R_S$ . En el modo *SLEEP*, el transmisor se apaga y el receptor funciona a una corriente más baja. (Datasheet, datasheetcatalog)

## **Conexión MCP2551- ELM327**

El MCP2551 se conecta con el pin 1 TXD y 4 RXD con el ELM327 en el pin 23 CANTX y el 24 CANRX, con lo que se logra la comunicación al bus CAN. (Ver figura 6.7)

### **6.1.4. ELM 327**

El integrado ELM 327, que es un microcontrolador PIC programado y diseñado para la interpretación de códigos y no de evaluar mensajes. Su principal función es específicamente la configuración interna o entablar una comunicación directa con la ECU. Los comandos de configuración interna ya mencionados, siempre empezaran con la letra "A", mientras que para establecer la comunicación con la ECU utiliza caracteres ASCII, para dígitos hexadecimales.

En la figura 6.7 se indica el diagrama esquemático de la aplicación típica de CI ELM327, pero en esta aplicación se efectuarán cambios, que se explicarán para comprender de mejor manera las diferentes partes del hardware, el tipo de señales y tensiones con las que se operará.

La alimentación del circuito se obtiene del puerto del vehículo a través del pin 16 que es la batería y 5 que es tierra, por medio del cable OBD2 se

transforma a una comunicación RS232, siendo los pines de alimentación del circuito los puntos 9 y 1. Esta parte nos emite una tensión de 12V.

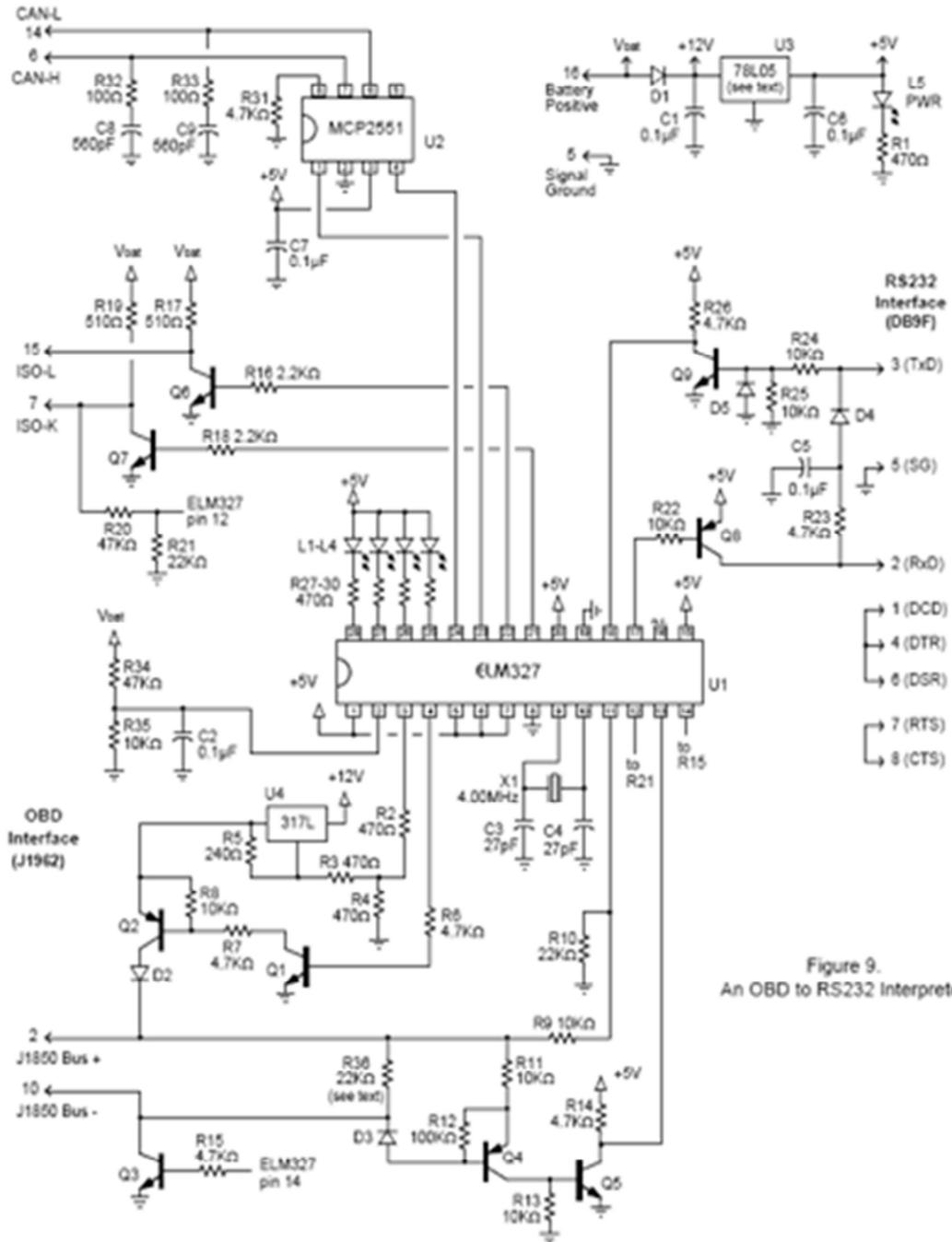


Figure 9.  
An OBD to RS232 Interpreter

Figura. 6.7. Circuito esquemático de aplicación típica del ELM 327

Fuente: (Elm, Elmelectronics)

Por medio de un circuito de protección conformado por un diodo y un capacitor que cumplirá la función de rectificación y filtrado, la señal ingresa a un regulador KA7805 que limita la corriente a 1A y que regula el voltaje a 5V, que es el voltaje que se necesita para la alimentación en el ELM327 y otras partes del circuito, en la figura 6.7, para la confirmación visual de que está presente la potencia se le coloca un led, pero en el diseño se omitirá la colocación de este elemento. Además el regulador tiene que ir con un disipador, porque así fluirá el calor hacia el ambiente, manteniendo un flujo térmico suficiente y para evitar su destrucción.

En la esquina izquierda superior del circuito de la figura 6.7 se muestra el circuito de interfaz CAN, que es un circuito de baja impedancia y si se hacen transmisiones constantes en CAN.

Los buses CAN pueden tener un sin número de información crítica en ellos y se puede hacer más daño que bien si se falla. Por eso es que se use un chip transceptor como es el MCP 2551 en el circuito.

En las conexiones para los protocolos ISO 9141 e ISO 14250, provee dos líneas de salida como lo requieren las normas. El ELM 327 controla ambas salidas ISO a través de los transistores NPN Q6 y Q7 como se muestra. Estos transistores tienen resistores *PULL-UP* de 510 ohm conectados a sus colectores, y la fuente de alimentación para la polarización de los mismos.

Los datos se reciben de la línea K del bus OBD y se conectan al pin 12 después de ser reducidos por el divisor de tensión  $R_{20}/R_{21}$ .

La interfaz OBD2 también contempla las 2 normas J1850. La norma VPW J1850 necesita una fuente de alimentación positiva de hasta 8V mientras que el PWM J1850 necesita 5V, por lo que se requiere una doble fuente de alimentación, que usa un regulador ajustable NTE1900 de 100mA, controlada por el pin 3 de salida. Con los valores dados de resistencia, las tensiones seleccionadas serán de 7,5V y 5V, que funcionan bien para la mayoría de los vehículos. Las dos salidas J1850 están excitadas por la combinación  $Q_1 - Q_2$  para el Bus + y  $Q_3$  para el Bus -.

La entrada VPW J1850 usa un divisor como en la entrada ISO. Las tensiones umbrales típicas con los resistores mostrados serán de 4,2V (subida) y 2,2V (caída). La entrada PWM J1850 es un poco diferente en el sentido que debe convertir una entrada diferencial a una de terminación única para el uso del ELM327. En funcionamiento,  $Q_4$  en realidad se usa como amplificador diferencial. El circuito serie  $Q_4 - D_3$  establece una tensión de 1V (para la inmunidad contra el ruido) mientras que  $R_{11}$  limita el flujo de corriente y  $R_{12}$  mantiene cortado a  $Q_4$  cuando la entrada se deja abierta. La resistencia  $R_{36}$  está en el circuito de la figura 6.7 para ayudar a cortar al transistor  $Q_4$  rápidamente en ciertas circunstancias. No es imprescindible, pero es útil si está conectado a una capacidad muy alta como la del modo PWM J1850 y sufre algunos falsos BUS Error.

El circuito de monitoreo de tensión para el comando AT RV se muestra en la conexión al pin 2 del ELM 327. Los dos resistores simplemente dividen la tensión de batería a un nivel seguro para el ELM 327 y el capacitor filtra el ruido. Cuando se lo envía, el ELM 327 espera un divisor resistivo como el que se muestra y establece constantes nominales de calibración.

Los 4 leds mostrados (en los pines 25 a 28) han sido suministrados como medio visual de confirmación de la actividad circuital, no son esenciales, pero en el diseño de este circuito se colocó los led en los pines 27 y 28 correspondientes a OBDRX y OBCTX. El cristal mostrado conectado entre los pines 9 y 10 es un cristal normal de 4MHz. Los capacitores de carga del cristal son típicos, de valor 27pF. La frecuencia del cristal es crítica para la operación del circuito y no debe alterarse.

Se muestra una interfaz RS 232 muy básica conectada entre los pines 17 y 18 del ELM 327. El circuito toma la tensión de alimentación de la computadora de abordo para proveer una variación de las tensiones RS 232 sin la necesidad de una fuente de alimentación negativa. Las conexiones mostradas en los pines de la interfaz RS 232 son para un conector normalizado de 9 pines para la conexión con una PC en caso de requerirlo. Para el prototipo se optó por realizar dos opciones de conexión, la primera es la utilización de una interfaz con MAX232, la que serviría si se necesitara la conexión a una Computadora y la segunda es la más importante porque es la relacionada con la conexión al microcontrolador Atmega en la que se

realizara la programación requerida para la visualización de la información. Para poder optar por una de estas opciones se colocará dos jumpers.

El microprocesador ATMEGA 644 está encaminado a aplicaciones concretas que trabaja con un mínimo número de componentes y en unión con la aplicación desarrollada en lenguaje C será capaz de almacenar en la memoria la información proveniente de la ECU y desplegarle en la pantalla gráfica para la visualización de la información de los sensores y de los códigos de error. Para integrar la pantalla gráfica y el touch panel se seguirá las recomendaciones de sus datasheet, Las funciones desarrolladas en la programación van relacionadas con un menú de selección de acciones en la pantalla, permitiendo la navegación en los diferentes sub menús.

#### **6.1.5. Atmega 644-20PU**

El microcontrolador AVR o Atmega fue diseñado para la ejecución de programas escritos en código C compilado. La familia de microcontroladores AVR es bastante extensa y todas comparten el mismo núcleo AVR, pero tienen distintas cantidades de RAM y ROM/EPROM/EEPROM/Flash, así como también líneas de E/S y bloques de apoyo que flexibilizan aún más su uso, tales como: Módulos para el control de periféricos: temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.

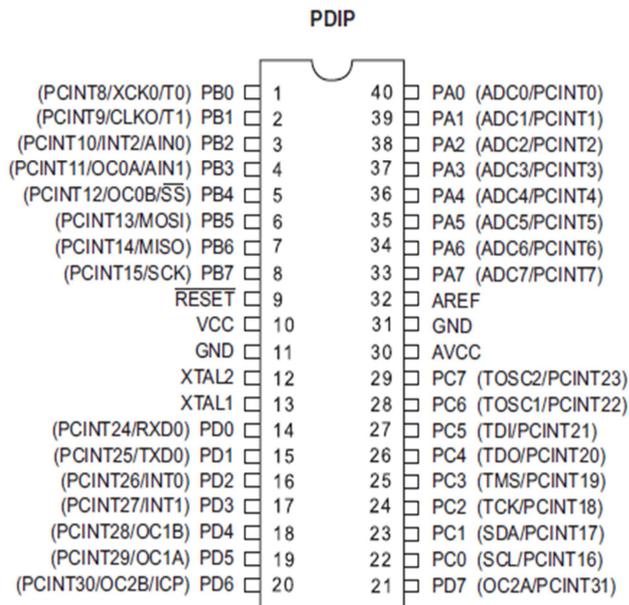
Los microcontroladores AVR permiten la ejecución de instrucciones mediante la metodología 'pipeline' con dos etapas (cargar y ejecutar), que les permite ejecutar la mayoría de las instrucciones en un ciclo de reloj, lo que los hace relativamente rápidos entre los microcontroladores. En estos procesadores el repertorio de instrucciones de máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y generalmente se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

Posee la arquitectura Harvard, dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de control y de direcciones, es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. Los productos ATMEL son utilizados en control automotriz entre otras áreas, siendo líderes a nivel mundial por su trayectoria.

### **Características específicas del ATMEGA 644-20PU**

- Alto desarrollo, consumo de baja potencia, ancho del bus de datos de 8bits
  - Arquitectura RISC
  - 131 instrucciones, ejecución en un ciclo de reloj
  - 32x8 registros de trabajo general

- Operación totalmente estática
- Alta resistencia, segmentos de memoria no volátil
  - 64kbytes de memoria flash
  - 2 Kbytes EEPROM
  - 4 Kbytes de SRAM interna
- Ciclos de escritura y borrado: 10,000 en Flash y 100,000 en EEPROM
- Retención de datos: 20 años a 85°C y 100 años a 25°C
- Frecuencia de reloj máxima de 20MHz
- Tensión de alimentación máxima 5,5V
- Tensión de alimentación mínima 2,7V (Atmel)



**Figura. 6.8. Distribución de pines**

**Fuente:** (Datasheet, datasheetcatalog)

**Tabla. 6.2. Descripción de pines del ATMEGA 644-20PU**

NÚMERO DE PIN	NOMBRE DEL PIN	DESCRIPCIÓN
1-8	PB0-PB7	Puerto de E/S de 8bits bidireccional, con resistencias Pull-up internas
9	RESET	Reset
10 y 30	Vcc	Voltaje de alimentación
11 y 31	GND	Tierra
12	XTAL2	Salida para el oscilador
13	XTAL1	Entrada para el oscilador
14-21	PD0-PD7	Puerto de E/S de 8bits bidireccional, con resistencias Pull-up internas
22-29	PC0-PC7	Puerto de E/S de 8bits bidireccional, con resistencias Pull-up internas
32	AREF	Pin de referencia análogo para la conversión analógica digital
33-40	PA7-PA0	Entrada analógica para conversión análoga digital Puerto de E/S de 8bits bidireccional, con resistencias Pull-up internas

#### 6.1.6. Glcd 128x64 pixeles (LCD matricial)

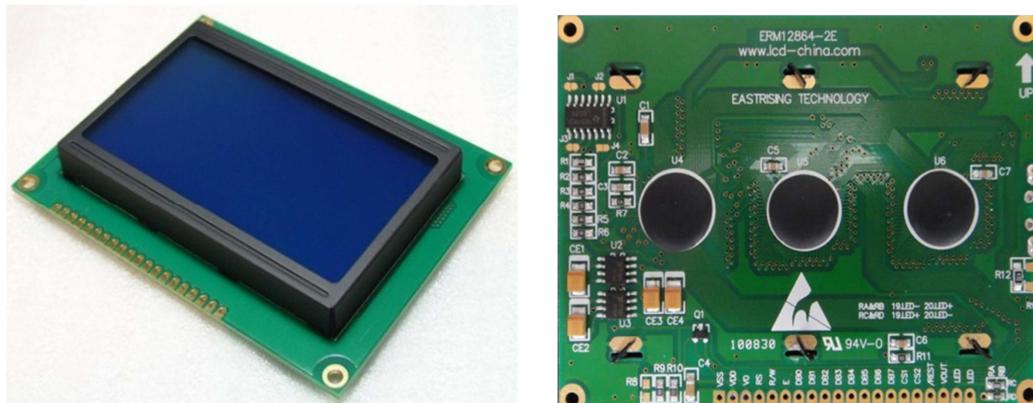
La pantalla Glcd de 128x64 posee un Backlight que no necesita ningún circuito externo, en cambio su posicionamiento para el envío de datos se lo realiza mediante filas, columnas y páginas.

Para el manejo de la pantalla hay que tener en cuenta que está dividida en dos partes comandadas por sus respectivos controladores (CS1y CS2).

Para ingresar los datos que se van a visualizar en el Lcd se tiene que hacerlo en forma hexadecimal y luego ingresarlo en un matriz de 128x8 bytes.

Esta permitirá almacenar los datos, para que en cualquier momento del programa se pueda visualizar en forma de imagen en el Lcd.

Al igual que un Lcd de caracteres, se tienen bits de manejo como el dato/instrucción, o el *enable* que permite realizar la distribución de los datos para visualizarlos.



**Figura. 6.9. Pantalla GLCD**

Fuente: (fotografías, autoría propia)

### Características

- Construcción de la pantalla 128x64 puntos.
- Modo de visualización STN / Blanco Azul
- Tipo de pantalla Positiva Transflectiva
- Tipo COB(Chip On Board)
- Número de línea de datos 8 bits en paralelo
- Construido por controlador KS108
- Fuente de alimentación +5V. (Datasheet, fullcustom, 2003)

**Tabla. 6.3. Descripción de pines de la pantalla gráfica**

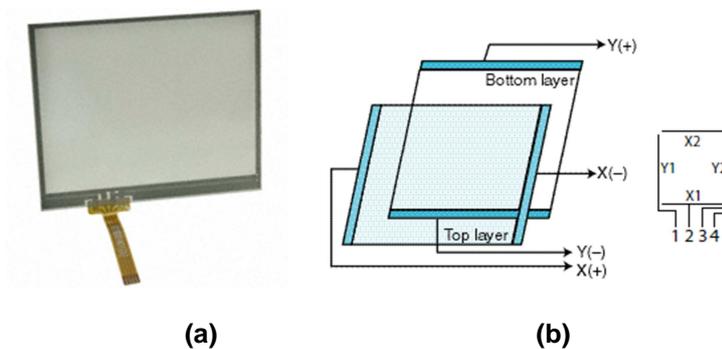
NÚMERO DE PIN	NOMBRE DEL PIN	NIVEL	I/O	FUNCIÓN
1	V <sub>SS</sub>	-	-	Tierra (GND)
2	V <sub>DD</sub>	-	-	+5V
3	V <sub>ee</sub> =V <sub>c</sub> =V <sub>o</sub>	-	-	Ajuste de contraste
4	R <sub>s</sub>	0/1	I	0 = escribir en el módulo Lcd 1 = leer modulo
5	R/W	0/1	I	0 = entrada de una instrucción 1= entrada de un dato
6	E	1	I	Habilitación del módulo Lcd
7	DB0	0/1	I/O	Bus de datos línea 1 (LSB)
8	DB1	0/1	I/O	Bus de datos línea 2
9	DB2	0/1	I/O	Bus de datos línea 3
10	DB3	0/1	I/O	Bus de datos línea 4
11	DB4	0/1	I/O	Bus de datos línea 5
12	DB5	0/1	I/O	Bus de datos línea 6
13	DB6	0/1	I/O	Bus de datos línea 7
14	DB7	0/1	I/O	Bus de datos línea 8 (MSB)
15	CS1	0/1	I	Chip se selección
16	CS2	0/1	I	Chip de selección
17	RST	1	I	Reset
18	V <sub>EE</sub>	-	O	Voltaje +5
19	BL	-	-	Led (+) backlight(4.2V) R <sub>a</sub> =10Ω
20	K	-	-	Led (-) backlight(0V)

### 6.1.7. Pantalla táctil

Una pantalla táctil es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo; actuando como periférico de entrada y periférico de salida de datos. Este contacto también se puede realizar por medio de un lápiz óptico u otras herramientas similares. En el prototipo se usa la pantalla **Resistiva**, que son baratas y no les afectan el polvo ni el agua.

## Características

- Espesor del vidrio: 0.7mm
- Temperatura de operación: -10°C a + 60°C
- Temperatura de almacenamiento: -20°C a +70°C
- Linealidad:  $\pm 1.5\%$
- Transmitancia: >75%
- Resistencia del circuito en: X: 200 $\Omega$  a 900 $\Omega$  y en Y: 200 $\Omega$  a 900 $\Omega$
- Dureza superficial:  $\geq 3H$
- Durabilidad: >1, 000, 000 de toques
- ROHS libre de plomo (Newhaven Display, 2010)

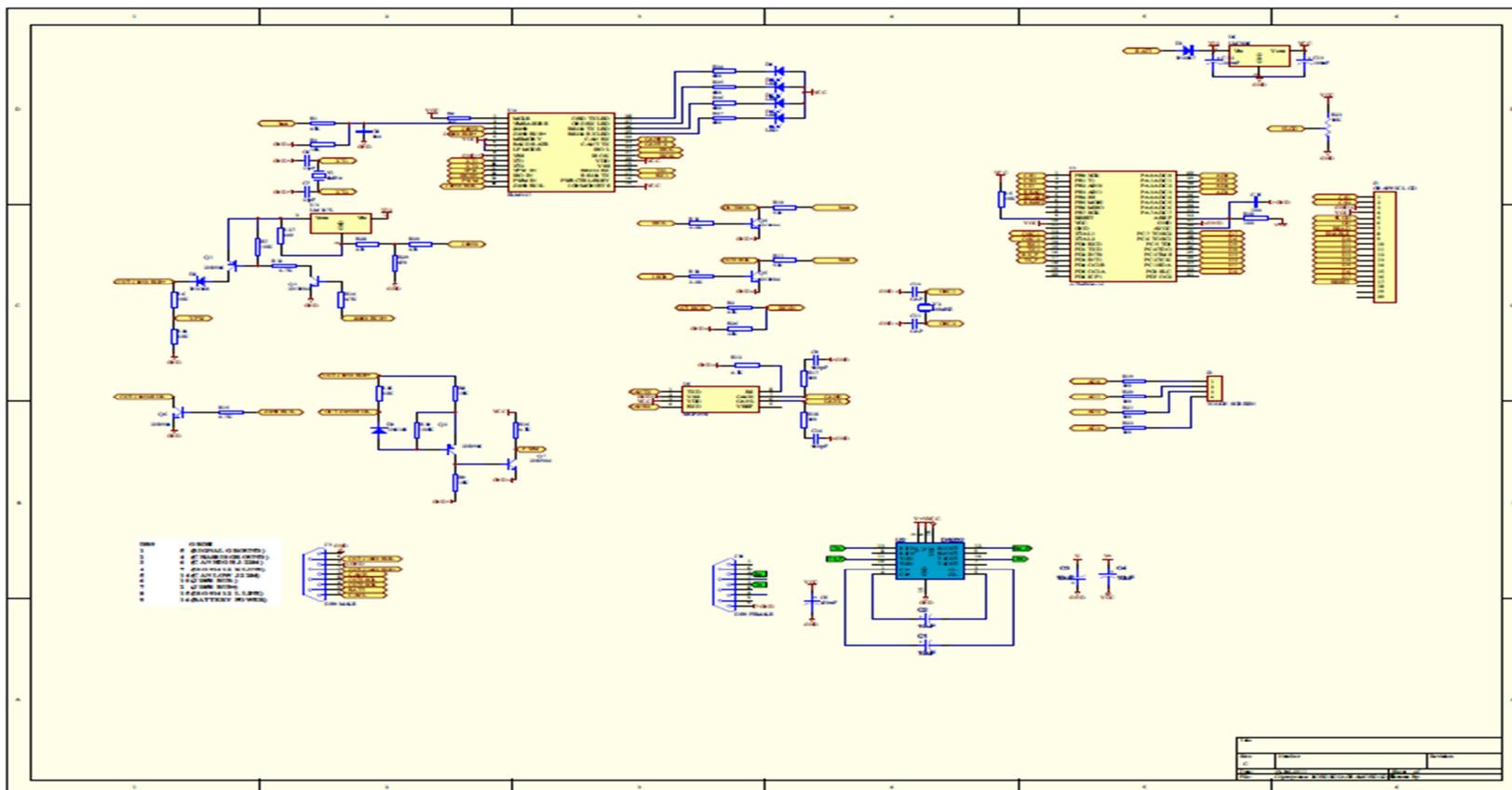


**Figura. 6.10. (a) Touch panel, (b) distribución de pines**

Fuente: (Newhaven Display, 2010)

## 6.2. Implementación del hardware

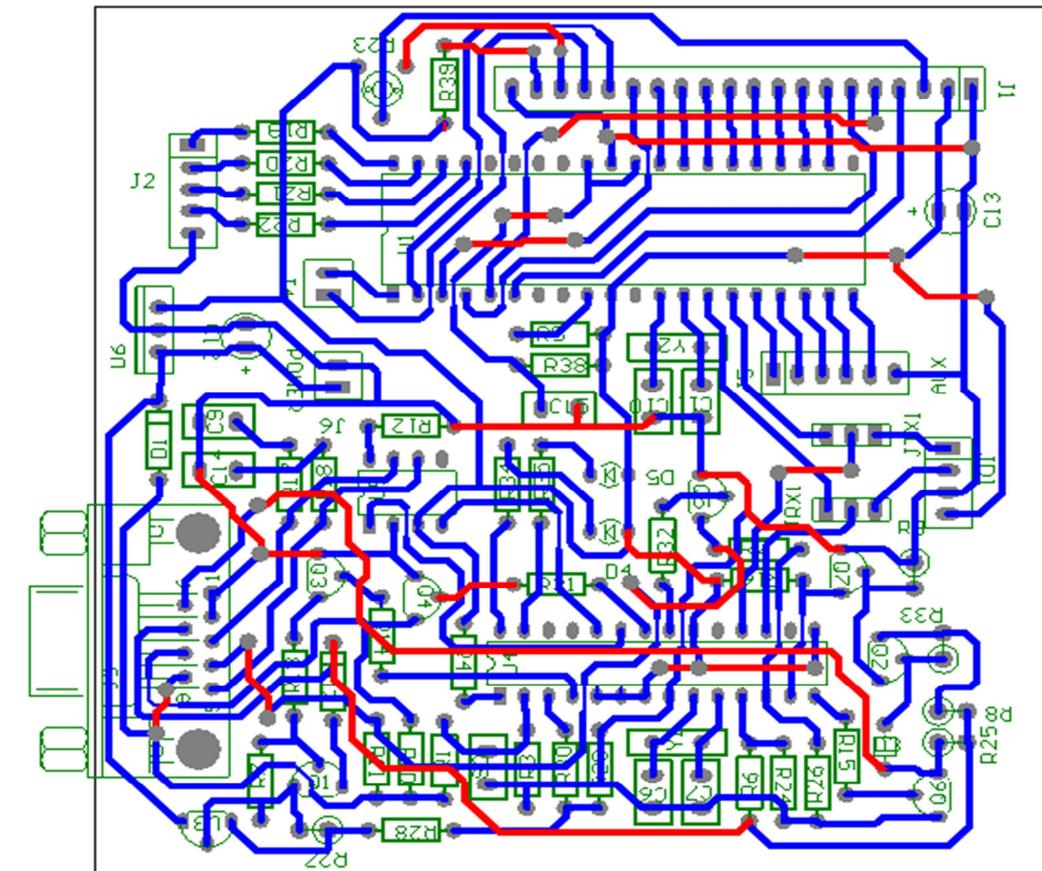
Como se mencionó en la parte anterior se realizaron cambios en ciertas partes del diagrama de la figura 6.7, los cambios y los nuevos elementos se observan en el siguiente diagrama circuital (figura 6.11)



**Figura. 6.11. Diagrama circuital**

Fuente: (autoría propia)

A continuación se indica el esquema interno de ruteado de la interfaz, las líneas azules indican la parte inferior de la placa, las rojas la indican las pistas de la parte superior, además se observa la conexión con cada elemento según el diagrama circuital de la figura 6.12.

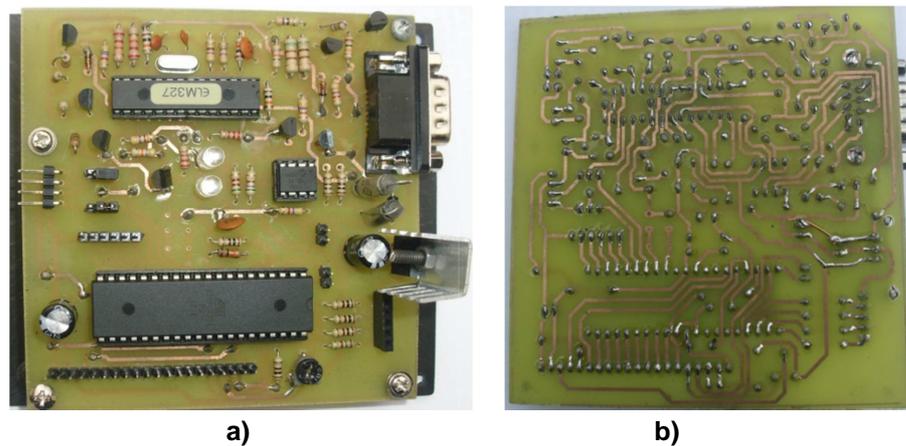


**Figura. 6. 12. Diagramas de ruteado**

Fuente: (autoría propia)

### **Placa final del prototipo**

Las siguientes fotografías muestran la placa con sus elementos y se observa las pistas de conexión.



**Figura. 6.13. Fotografías del proyecto a) placa superior b) placa inferior**

Fuente: (fotografías, autoría propia)

En la figura 6.14 se observa como estaría conectado el prototipo y con qué tipo de cables, es así que el cable OBDII se conecta con el puerto de acceso a la ECU, la información adquirida se procesa en la placa de interfaz y será mostrado en la pantalla los datos instantáneos y los códigos de erros. En la placa se dejó la opción de conexión con la PC pero con una interfaz basada en el MAX232 y conectada a través de un cable serie a USB, con lo que se podrá realizar la verificación de conexión por medio del programa hipertextual que maneja comandos AT y para probar con el software libre existente en el mercado.



**Figura. 6.14. Diagrama de conexión**

Fuente: (autoría propia)

La lista de componentes del circuito de aplicación es:

**Tabla. 6.4. Lista de Materiales de la Interfaz con ELM327**

PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MCU	ATMEGA644PU	1
Cristal 4 MHz	Oscilador para ELM327	1
ELM327	Interprete OBDII a RS232	1
MAX232	Controlador UART	1
OBDII Cable	J1962M a DB9	1
MCP2551	Transceptor CAN	1
KA7805	Regulador de voltaje (5v) de 1A	1
RS232 Conector	DB9 Macho	1
NTE1900	Regulador ajustable de 100mA	1
JHD12864LCD	Pantalla grafica 128x64	1
Touch panel	Pantalla táctil	1
Led	Leds indicadores	2
1N4007	Diodos	1
1N4148	Diodos	2
2N3904	Transistores NPN	4
2N3906	Transistores PNP	3
Potenciómetro 10k $\Omega$	Para regular contraste GLCD	1
100 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	6
240 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1
470 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	3
510 $\Omega$	Resistencias 1/2W	2
2.2k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1
4.7k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	5
10k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	7
22k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	2
47k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	3
100k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1
0.1 $\mu$ F	Capacitores cerámicos	2
27pF	Capacitores cerámicos	2
560pF	Capacitores	2
10 $\mu$ F	Capacitor electrolítico	1
330 $\mu$ F	Capacitor electrolítico	1
Socket 40 pines	Para ATMEGA644	1
Socket 8 pines	Para MCP2551	1
Socket 28 pines	Para ELM327	1
Jumpers	Para selección	2
Regleta	Para conexión GLCD Y Touch panel	1
THM6025	Disipador	1
Baquelita electrónica	Para ruteado de pistas doble lado	1
Estaño	Para soldar elementos	1

### 6.3. Programación de los chips

La programación de este proyecto fue realizada en el software Bascom AVR, que fue elegido por su flexibilidad, manuales de ayuda, y relativa facilidad de diseño de la interfaz, donde se realiza las respectivas configuraciones y subrutinas realizadas en los diagramas correspondientes, ofreciendo múltiples opciones, que permitirán el entendimiento y operatividad del prototipo, además de obtención de datos en tiempo real y almacenados.

#### Diagrama de flujo

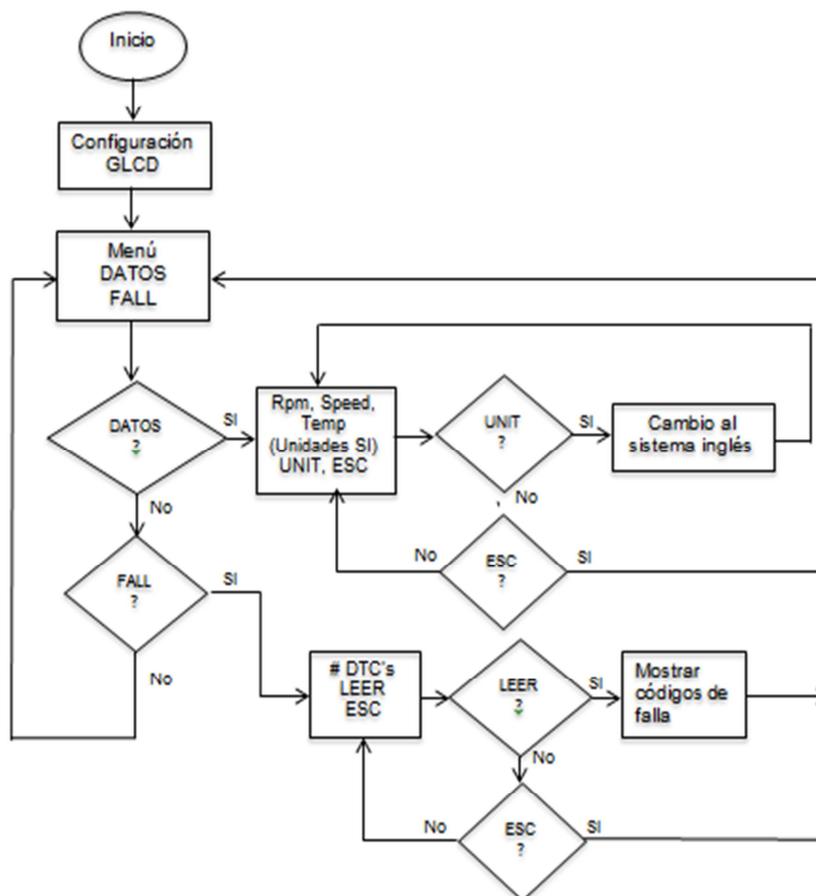


Figura. 6.15. Diagrama de flujo

Fuente: (autoría propia)

El objetivo del programa es que a través de la interfaz de visualización se permita realizar las siguientes funciones:

- Observar el menú principal donde se mostrarán botones para elegir la acción que se requiera realizar datos instantáneos y código de fallas.
- Pulsar **SET** para realizar la petición de información para el ELM327.
- **DATOS** para obtener los datos en tiempo real.
- Selección del botón **FALL** para leer códigos de falla que pueda tener almacenados en la ECU.

El software que se implementará para este proyecto se describe a continuación.

Para poder utilizar la pantalla GLCD se necesita agregar la correspondiente librería para el controlador del mismo: `$lib "glcdKS108.lib"`

En la configuración de la pantalla gráfica se procede con las siguientes instrucciones que programan los pines:

```
Config Graphlcd = 128 * 64sed, Dataport = Portc, Controlport = Portb, Ce1 = 1, Ce2 = 2, Cd = 5, Rd = 4, Reset = 0, Enable = 3
```

*dataport* es el Puerto de datos que está conectado al bus de datos de la pantalla LCD

*controlport* es el puerto de control utilizado para controlar la pantalla LCD

CE = CS1 Chip select	CE2 = CS2 Segundo Chip select
CD = Datos/instrucción	RD = leer
RESET = reinicio	ENABLE = Chip Enable

## Constantes para la identificación de comandos AT usadas en el programa

```

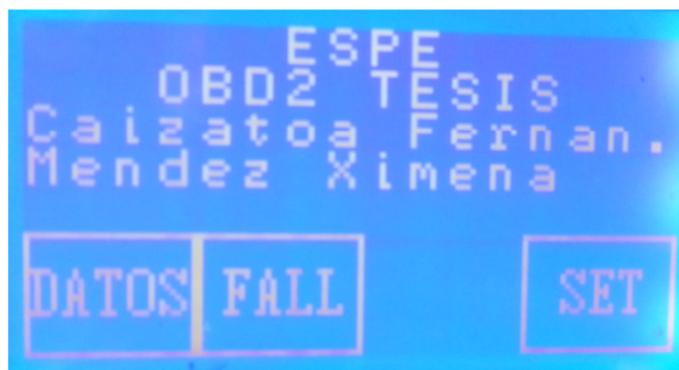
Const Atreset = "ATZ{013}"      ' reset IC ELM327
Const Atechooff = "ATE0{013}"  ' confirma si se enviaron correctamente los caracteres RS23
                                0=Apagado
Const Atspeed = "010D{013}"    ' comando OBD PID para obtener la velocidad
Const Atrpm = "010C{013}"      ' comando OBD PID para petición de rpm del motor
Const Atvolt = "ATRV{013}"     ' lee voltaje batería
Const Atmaf = "01102{013}"     ' nivel del aire
Const Atinfo = "ATI{013}"      ' imprime la versión del chip ID
Const Atserial = "AT@2{013}"   ' identificador del display del dispositivo
Const Atvin = "09025{013}"     ' numero de identificación vehicular
Const Atenginemp = "0105{013}" ' temperatura del refrigerante del motor
Const Atcheck = "03{013}"     ' define el modo 03 para obtener códigos de falla
Const Atdtc = "0101{013}"     ' obtiene los códigos de diagnostico
Const Atsp = "ATSP0{013}"     ' obtiene descripción del protocolo automáticamente
Const Attest = "0100{013}"    ' busca el tipo de protocolo

```

En esta parte del programa se declara una constante simbólica para identificar los comandos AT, el compilador remplazara todas las apariciones del símbolo con el valor asignado.

## Visualización de la información

Para la visualización de la información obtenida del vehículo se presenta en la pantalla touch screem y programada con menús, siendo las siguientes:



**Figura. 6. 16. Fotografía de la pantalla principal**

**Fuente:** (autoría propia)

### **Fotografía de la inicialización del ELM 327**

Esta fotografía muestra la inicialización automática del Chip ELM 327, dada al momento de la energización, mostrando OK y la versión del chip. En caso de no existir la respuesta automática de la comunicación se ha programado la siguiente función, con la cual se comprueba la conexión scanner-auto:

```

Sub Testconnection()
  Local Temp1 As Byte
  Temp1 = Instr(atdecode , "UNABLE")
  If Temp1 > 1 Then
    Lcdat 2 , 1 , "Error Conexión"
    Fconnection = 0
  Else
    Fconnection = 1
  End If
End Sub

```

Y si existe un error en la conexión las siguientes líneas están programadas para indicar el error en la inicialización del ELM327:

```

If Frxerror = 1 Then
  Lcdat 1, 1, "ERROR ELM327"
Else
  Call Processdata
  Waitms 1000
End If

```

Al terminar esta inicialización se mostrará el menú principal donde aparecen las opciones para ingresar a los datos, fallas y set. Las líneas de código son:

```

Sub Mainmenu()
  Lcdat 1, 1, "  ESPE  "
  Lcdat 2, 1, "  OBD2 TESIS"
  Lcdat 3, 1, "Caizatoa Fernan."
  Lcdat 4, 1, "Mendez Ximena"
  Showpic 0, 40, Datos
  Showpic 32, 40, Fallas
  Showpic 96, 40, Seta
End Sub

```

Al elegir cada una de las opciones mostradas en la pantalla se procede a programar dentro de un CASE:

```

Select Case Menu
  Case 0
    Call Mainmenu
    ' retorna menu principal
    'muestra menu principal

```

Si se elige la opción de DATOS se observará los datos en tiempo real, que son RPM, VELOCIDAD, TEMPERATURA DEL MOTOR, las unidades serán por defecto las del Sistema Internacional de Unidades (SI), y en caso de querer los datos en el Sistema Ingles se presionara el botón UNIT.

```

Case 1                                     ' menu datos
  If Fconnection = 1 Then
    If Menu1 = 0 Then Call Senddata(atrpm , Cmdatrpm)           ' Obtiene las RPM
    If Menu1 = 1 Then Call Senddata(atspeed , Cmdatspeed)      ' Obtiene la velocidad
    If Menu1 = 2 Then Call Senddata(atenginotemp , Cmdatenginotemp) ' Obtiene la temp
del motor
    Call Waitresponse                                         ' Espera respuesta
    Call Processdata
  End If
  If Frxerror = 0 Then                                       'Recepcion Ok
    Lcdat 1 , 1 , "Rpm=" ; Rpm ; " "
    If Funitmode = 0 Then
      Lcdat 2 , 1 , "Speed=" ; Kph ; "kph "
      Lcdat 3 , 1 , "Temp.=" ; Temperaturec ; "{248}C  "
    Else
      Lcdat 2 , 1 , "Speed=" ; Mph ; "mph "
      Lcdat 3 , 1 , "Temp=" ; Temperaturef ; "{248}f  "
    End If
  End If
  End If
  Incr Menu1
  If Menu1 > 2 Then
    Menu1 = 0
  End If
  Fnewmenu = 1

```

Obtenido el dato se trata dentro de una función de detectar si es un código AT o un código OBD, también se transforman las variables en tiempo

real, con lo que se logra los valores exactos de la temperatura, RPM y velocidad, aplicando las formulas del PID del Anexo 5.

```
Sub Processdata()
```

```
  If Frxready = 1 Then
```

```
    Frxready = 0
```

```
    Select Case Cmdstatus
```

```
      Case 0
```

```
        Call Showstring
```

```
      Case Cmdatsp
```

```
        Call Showstring
```

```
      Case Cmdatinfo
```

```
        Call Showstring
```

```
      Case Cmdatreset
```

```
        Call Showstring
```

```
      Case Cmdatechooff
```

```
        Call Showstring
```

```
    Case Cmdatspeed
```

```
      Kph = Hexconverter(0 , 0 , Rxbuffer(5) , Rxbuffer(6))
```

```
      Mph = Kph * 5
```

```
      Mph = Mph / 8
```

```
    Case Cmdatrpm
```

```
      Rpm = Hexconverter(rxbuffer(5) , Rxbuffer(6) , Rxbuffer(7) , Rxbuffer(8))
```

```
      Rpm = Rpm / 4
```

```
    Case Cmdatenginemp
```

```
      Temp = Hexconverter(0 , 0 , Rxbuffer(5) , Rxbuffer(6))
```

```
      Temperaturec = Temp
```

```
      Temperaturec = Temperaturec - 40
```

```
      Temperaturef = Temperaturec * 9
```

```
      Temperaturef = Temperaturef / 5
```

```
      Temperaturef = Temperaturef + 32
```

```
    Case Cmdatdtc
```

```
      Temp = Hexconverter(0 , 0 , Rxbuffer(5) , Rxbuffer(6)) ' lee el num de dtc si existen
```

```
      Dtcnumber = Dtcnumber
```

```
    Case Cmdatcheck
```

```
      Temp = Hexconverter(rxbuffer(3) , Rxbuffer(4) , Rxbuffer(5) , Rxbuffer(6)) ' lee error #1
```

```

    Dtcerror1 = Temp
Temp = Hexconverter(rxbuffer(7) , Rxbuffer(8) , Rxbuffer(9) , Rxbuffer(10)) ' lee error #2
    Dtcerror2 = Temp
Temp = Hexconverter(rxbuffer(11) , Rxbuffer(12) , Rxbuffer(13) , Rxbuffer(14)) ' lee error #3
    Dtcerror3 = Temp
Case Cmdatclear
Case Cmdatatest
    Call Testconection
Case Else
    Cmdstatus = 0
End Select
End If
End Sub

```

Si se presiona el botón de FALLAS se obtendrá el número de fallas o códigos de error almacenados en la ECU, para esto se programa las siguientes líneas:

```

Case 2                                ' menu fallas
If Menu1 = 1 Then
    If Fconection = 1 Then
        Call Senddata(atdtc , Cmdatdtc)      ' Lee el numero de DTC (códigos de error)
        Call Waitresponse
        Call Processdata
        Call Senddata(atcheck , Cmdatcheck)
        Call Waitresponse
        Call Processdata
        Lcdat 1 , 1 , "#Err " ; Dtcnumber ; " "      ' número de errores presentes
        Dtcerror = Errordecode(dtcerror1)
        Lcdat 2 , 1 , "Cod. " ; Dtcerror            ' error 1
        Dtcerror = Errordecode(dtcerror2)
        Lcdat 3 , 1 , "Cod. " ; Dtcerror            ' error 2
        Dtcerror = Errordecode(dtcerror3)
        Lcdat 4 , 1 , "Cod. " ; Dtcerror            ' error 3
    End If
End If

```

```

If Menu1 = 2 Then
  If Fconnection = 1 Then
    Call Senddata(atclear , Cmdatclear)
    Call Waitresponse
    Call Processdata
  End If
End If

```

La opción SET permite verificar que los datos fueron enviados y procesados correctamente, además hará un reset a nivel de software sin necesidad de tener un medio físico.

```

Case 3                                'menu set
  Call Senddata(atteest , Cmdatteest)
  Call Waitresponse
  Call Processdata
End Select

```

Como se utiliza una pantalla touch screen se requiere obtener las coordenadas de los botones presionados, así como también una validación de si el botón es o no presionado, para proceder a realizar una búsqueda de la tecla elegida y ejecutar su programación. Esta lectura, búsqueda y verificación está dada por las siguientes subrutinas:

```

Readbutton:                            'Lee el valor de X y Y del Touch si es presionada
If Key > 0 Then
  If Key = 11 Then
    Button = 0
    Fkeyrelease = 1
  End If
  If Key = 21 Then
    Button = 1
    Fkeyrelease = 1
  End If
End If

```

```

End If
If Key = 31 Then
  Button = 2
  Fkeyrelease = 1
End If
If Key = 41 Then
  Button = 3
  Fkeyrelease = 1
End If
Else
  If Fkeyrelease = 1 Then
    Fnewbutton = 1
    Fkeyrelease = 0
    Waitms 300
  End If
End If
Return

```

Searchkey:	'Busca el valor de X y Y
KeyPressed = 0	'Determina que se pulsa una tecla
Select Case X	'Para el valor de X
Case 630 To 670 : Col = 10	'Coordenadas para el touch screen que se determina con la tecla
presionada	
Case 690 To 702 : Col = 20	
Case 705 To 725 : Col = 30	
Case 730 To 750 : Col = 40	
Case Else Col = 0	
End Select	
Select Case Y	
Case 512 To 780 : Row = 1	' Coordenadas para el touch screen que se determina con la tecla
presionada	
Case Else Row = 0	' Para el valor de Y
End Select	
Key = Col + Row	' Agrega la fila y la columna para obtener el valor de la
tecla	
If Key > 0 Then	' si hay una tecla presionada
Keyarray(keylus) = Key	'Leer la misma tecla 3 veces en una fila para evitar el
rebote	
Incr Keylus	

```

If Keylus > 3 Then Keylus = 1
  If Keyarray(1) = Keyarray(2) Then
    If Keyarray(2) = Keyarray(3) Then      ' tecla correcta despues de leer 3 veces
      Keypressed = Key
    End If
  End If
End If
Return

```

```

Readtouch:                                ' Lee el boton presionado
Config Porta.0 = Output                    ' port A.0 output
Config Porta.1 = Output                    ' port A.1 output
Set Porta.0                                ' Configura el port A.0 en alto
Reset Porta.1                              ' Configura el port A.1 en bajo
Ddra.2 = 0                                 ' Configura el ddrA.2 como input
Ddra.3 = 0                                 ' Configura el ddrA.3 como input
Waitms 10                                  ' Espera hasta que el puerto se establezca
X = Getadc(3)                              ' Lee el valor de AD para Y
X = 1024 - X                                ' invierte la lectura
Config Porta.2 = Output                    ' port A.2 output
Config Porta.3 = Output                    ' port A.3 output
Reset Porta.2                              ' Configura port A.2 en bajo
Set Porta.3                                ' Configura port A.3 en alto
Ddra.0 = 0                                 ' Configura ddrA.0 como input
Ddra.1 = 0                                 ' Configura ddrA.1 como input
Waitms 10                                  ' Espera hasta que el puerto se establezca
Y = Getadc(0)                              ' Lee el valor de AD para X
Y = 1024 - Y                                ' invierte la lectura
Return

```

Como se dijo en capítulos anteriores que el ELM327 proporciona datos en código ASCII, para poder interpretar estos caracteres se procede a convertir los caracteres ASCII en caracteres hexadecimales para un manejo apropiado del dato obtenido. La función encargada de esta conversión es:

```

Function Hexconverter(byval Byte4 As Byte , Byval Byte3 As Byte , Byval Byte2 As Byte ,
Byval Byte1 As Byte) As Word
    Local Tempx As String * 1
    Tempx = Chr(byte4) : Byte4 = Hexval(tempx)
    Tempx = Chr(byte3) : Byte3 = Hexval(tempx)
    Tempx = Chr(byte2) : Byte2 = Hexval(tempx)
    Tempx = Chr(byte1) : Byte1 = Hexval(tempx)
    Byte4 = Byte4 * &H10
    Byte4 = Byte4 + Byte3
    Byte2 = Byte2 * &H10
    Byte2 = Byte2 + Byte1
    Hexconverter = Makeint(byte2 , Byte4)
End Function

```

Para una mejor interpretación de los códigos de error se convierte los caracteres hexadecimales a letras y números, de acuerdo a la Tabla. 5.11 de valores equivalentes al primer dígito, para la visualización en pantalla y su posterior búsqueda en la lista de errores.

```

Function Errordecode(byval Temperror As Word) As String
    Local Tempx As Word
    Local Tempx1 As String * 5
    If Temperror > 0 Then
        Tempx = Temperror And &HF000
        If Tempx = &H0000 Then Tempx1 = "P0"
        If Tempx = &H1000 Then Tempx1 = "P1"
        If Tempx = &H2000 Then Tempx1 = "P2"
        If Tempx = &H3000 Then Tempx1 = "P3"
        If Tempx = &H4000 Then Tempx1 = "C0"
        If Tempx = &H5000 Then Tempx1 = "C1"
        If Tempx = &H6000 Then Tempx1 = "C2"
        If Tempx = &H7000 Then Tempx1 = "C3"
        If Tempx = &H8000 Then Tempx1 = "B0"
        If Tempx = &H9000 Then Tempx1 = "B1"
        If Tempx = &HA000 Then Tempx1 = "B2"
        If Tempx = &HB000 Then Tempx1 = "B3"
        If Tempx = &HC000 Then Tempx1 = "U0"
    End If
End Function

```

```
If Tempx = &HD000 Then Tempx1 = "U1"  
If Tempx = &HE000 Then Tempx1 = "U2"  
If Tempx = &HF000 Then Tempx1 = "U3"  
End If  
End Function
```

## **CAPITULO 7**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **7.1. Pruebas realizadas**

En las siguientes hojas de prueba realizadas se observa el muestreo de 11 vehículos, recolectando información básica como datos del propietario, datos generales del automotor, el estado del funcionamiento del motor, ubicación del conector, datos instantáneos en el encendido, así como también el funcionamiento del prototipo.

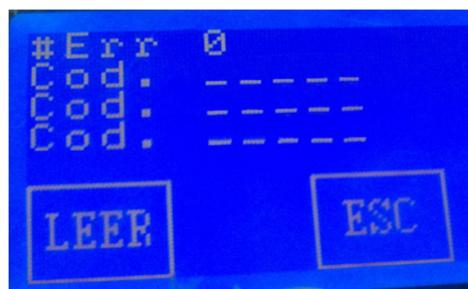
El muestreo se realizó en vehículos de diferentes marcas, modelos y años, dando el siguiente resultado que se observan a continuación:

## HOJAS DE PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO OBDII

CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: RAPIFRENOS		FECHA: 24 - 07 - 2012	
PLACA #: PSX-854		AÑO DE FABRICACIÓN: 1997	
MARCA: FORD		# PASAJEROS: 5	
MODELO: SRS CONTOUR LX		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: 142607 Km			
CILINDRAJE: 2500			
TRANSMISIÓN	Automática: X	Manual:	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (CHECK ENGINE)			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	
<input type="checkbox"/> Nunca se enciende			
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
2	RPM: 735	# errores: 3	
	VELOCIDAD: 0	Cod 1: P0113	Sensor temperatura aire admisión - circuito alto - entrada
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 97°C	Cod 2: P0420	Sistema catalizador (bloque 1) - eficiencia por debajo del umbral (banco 1)
		Cod 3: P1131	Interruptor de sensor de falta de oxígeno calentado de subida - sensor indica pobre - banco 1



CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>SR. CASTRO</b>		FECHA: 30 - 08 - 2012	
PLACA #: <b>TCP-421</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 1999	
MARCA: <b>FORD</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: <b>RANGER XLT 4X4</b>		# PUERTAS: 4	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>170919 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>3000</b>			
TRANSMISIÓN		Automática:	Manual: X
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
1	RPM: 0	# errores: 0	El vehículo posee el conector OBDII pero internamente este modelo se comunica con protocolo OBDI y tiene fallas en el tren de potencia, según indicaciones del señor mecánico.
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 0°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



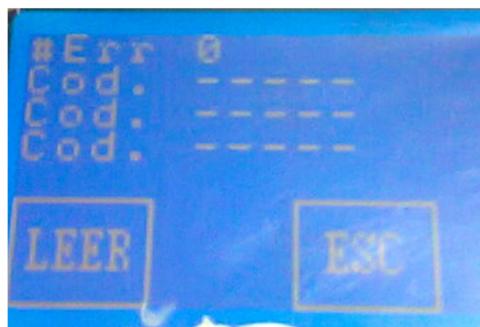
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>SR. FAUSTO GONZAGA</b>		FECHA: 21- 07 – 2012	
PLACA #: <b>PTI-696</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2001	
MARCA: <b>RENAULT</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO:		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>170919 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>3000</b>			
TRANSMISIÓN		Automática:	Manual: X
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
1	RPM: 761	# errores: 0	El vehículo posee el conector OBDII pero no posee fallas
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 97°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



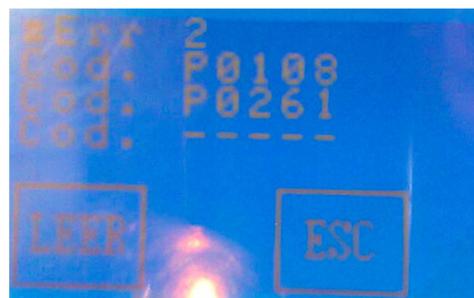
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: YAM AUTOS		FECHA: 24 - 05 - 20012	
PLACA #: TDG-149		AÑO DE FABRICACIÓN: 2005	
MARCA: CHEVROLET		# PASAJEROS: 5	
MODELO: CORSA EVOLUTION		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: 110000 Km			
CILINDRAJE: 1400			
TRANSMISIÓN	Automática:	Manual: X	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (CHECK ENGINE)			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	
<input type="checkbox"/> Nunca se enciende			
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
1	RPM: 774	# errores: 0	El vehículo posee el conector OBDII pero no posee fallas
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 94°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



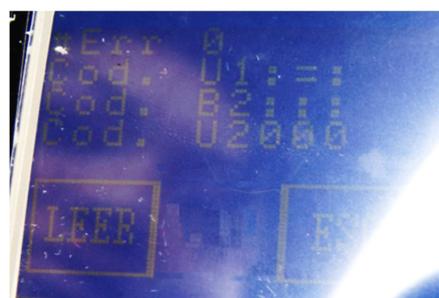
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>YAM AUTOS</b>		FECHA: 24 - 05 - 2012	
PLACA #: <b>PQV-342</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2007	
MARCA: <b>CHEVROLET</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: <b>AVEO GT5</b>		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>89000 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>1600</b>			
TRANSMISIÓN	Automática:	Manual: X	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	
<input type="checkbox"/> Nunca se enciende			
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
1	RPM: 976	# errores: 0	El vehículo posee el conector OBDII pero no posee fallas
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 26°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



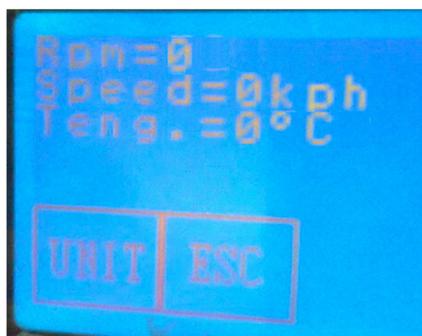
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE:		FECHA: 05 - 09 - 2012	
PLACA #: PQN-259		AÑO DE FABRICACIÓN: 2007	
MARCA: HYUNDAI		# PASAJEROS: 5	
MODELO: ATOS PRIME		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: 80000 Km			
CILINDRAJE: 1100			
TRANSMISIÓN		Automática:	Manual: X
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (CHECK ENGINE)			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input checked="" type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
2	RPM: 10896	# errores: 2	
	VELOCIDAD: 170 kph	Cod 1: P0108	Sensor presión absoluta colector/presión barométrica - circuito alto - entrada
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 130°C	Cod 2: P0261	Inyector cilindro 1 - circuito bajo
		Cod 3:	



CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>POLICÍA NACIONAL</b>		FECHA: 13 - 03 - 2012	
PLACA #: <b>LEA-1028</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2008	
MARCA: <b>CHEVROLET</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: <b>D-MAX</b>		# PUERTAS: 4	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>28740 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>3500</b>			
TRANSMISIÓN	Automática:	Manual: X	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input checked="" type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
1	RPM: 1366	# errores: 0	Códigos sin especificación numérica adicional.
	VELOCIDAD: 0 kph	Cod 1:U1	Código de red definido por el fabricante
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 74°C	Cod 2:B2	Código de la carrocería definido por el fabricante
		Cod 3:U2000	General Motors – BFC(tipo de motor) no válido de transmisión de datos con interfaz seriales para periféricos



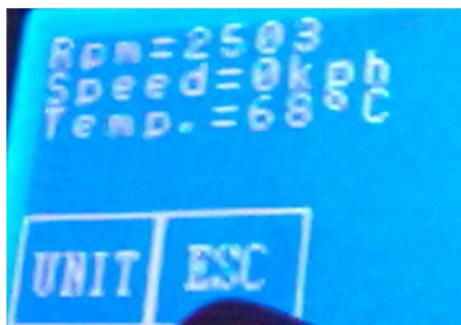
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE:		FECHA: 05 - 08 - 2012	
PLACA #: Sin placa		AÑO DE FABRICACIÓN: 2009	
MARCA: LIFAN 4x2		# PASAJEROS: 5	
MODELO: 520 SEDAN		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: 12580 Km			
CILINDRAJE: 1600			
TRANSMISIÓN		Automática:	Manual: X
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR (CHECK ENGINE)			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input checked="" type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
2	RPM: 0	# errores: 0	El vehículo posee el conector OBDII pero internamente este modelo se comunica con protocolo OBDI, no tiene fallas y la placa en proceso de fabricación por robo
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 0°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



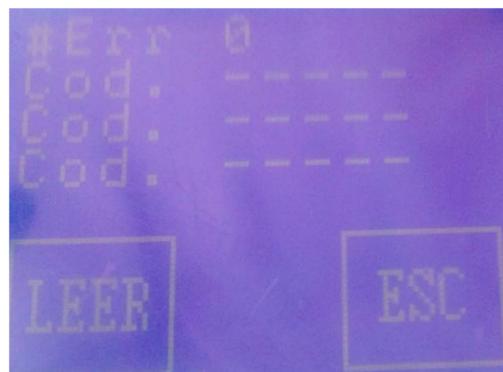
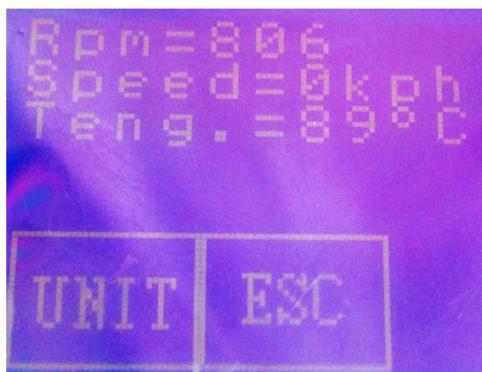
CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>JAM AUTOS</b>		FECHA: 01 - 04 – 2012	
PLACA #: <b>PBH-9636</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2010	
MARCA: <b>SUZUKI</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: <b>GRAND VITARA SZ</b>		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>40324 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>2700</b>			
TRANSMISIÓN	Automática:	Manual: X	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input type="checkbox"/> Siempre está encendida	
		<input checked="" type="checkbox"/> Nunca se enciende	
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
En el motor	RPM: 0	# errores: 0	El conector OBDII se encuentra junto a la caja de fusibles, pero posee protocolo OBDI
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 0°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>SR. PLUTARCO CABASCANGO</b>		FECHA: 12 - 07 - 2012	
PLACA #: <b>PBV-4495</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2010	
MARCA: <b>CHEVROLET</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: SAIL		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>7078 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>1400</b>			
TRANSMISIÓN		Automática:	Manual: X
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input type="checkbox"/> Siempre está encendida	<input checked="" type="checkbox"/> Nunca se enciende
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
En el motor	RPM: 2503	# errores: 0	A este vehículo no se le puede provocar fallas porque posee el servicio Chevystar Connect
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 68°C	Cod 2:	
		Cod 3:	

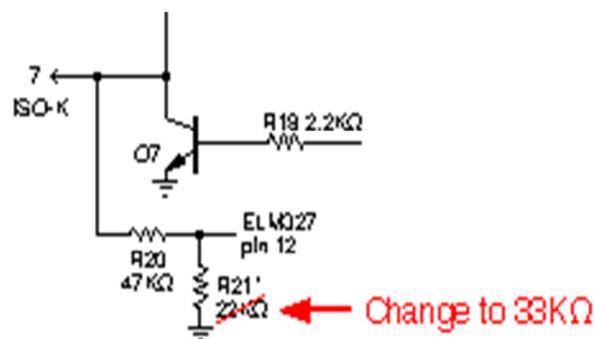


CUADRO DE DATOS			
NOMBRE: <b>SRA. JULIA VERÓNICA ALTUNA CAPEDA</b>		FECHA: 12 - 07 - 2012	
PLACA #: <b>PCA-8140</b>		AÑO DE FABRICACIÓN: 2012	
MARCA: <b>CHEVROLET</b>		# PASAJEROS: 5	
MODELO: SAIL		# PUERTAS: 5	
MILLAJE DEL VEHÍCULO: <b>5000 Km</b>			
CILINDRAJE: <b>1400</b>			
TRANSMISIÓN	Automática:	Manual: X	
LUZ DE MAL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ( <i>CHECK ENGINE</i> )			
<input type="checkbox"/> A veces se enciende		<input type="checkbox"/> Siempre está encendida	
		<input checked="" type="checkbox"/> Nunca se enciende	
UBICACIÓN CONECTOR	DATOS INSTANTÁNEOS	FALLAS	OBSERVACIONES
En el motor	RPM: 806	# errores: 0	A este vehículo no se le puede provocar fallas porque posee el servicio Chevystar Connect
	VELOCIDAD: 0	Cod 1:	
	TEMPERATURA REFRIGERANTE: 89°C	Cod 2:	
		Cod 3:	



## 7.2. Ajustes realizados

Al iniciar con las pruebas del prototipo se presentaron inconvenientes en la comunicación con diferentes marcas y modelos de vehículos que poseen protocolos distintos, el mensaje que se observó fue “NO CONEXION”, esto se debe a que la señal de datos de algunos vehículos está a una tensión ligeramente inferior a los demás. La señal no siempre es vista por el ELM327, por lo que muchas de las respuestas aparecen como errores. Para aumentar la señal, el fabricante recomienda cambiar la resistencia R21 a 33 KΩ: (Elm, obdtips)



**Figura. 7.1. Cambio de la resistencia R21**

Fuente: (Elm, obdtips)

Además se debe introducir la siguiente configuración:

>at pp 13 sv C0

OK

>at pp 13 on

OK

Que agrega un retraso para que exista la comunicación del vehículo con el escáner.

La ubicación del conector OBDII es diferente para ciertas marcas y modelos, que se puede verificar en los cuadros de datos de las pruebas realizadas.

La marca NISSAN no posee el conector OBDII por lo que se necesita un adaptador para realizar la comunicación con el escáner.

En el diseño que el fabricante sugiere se realizaron cambios para el óptimo funcionamiento del prototipo, estos son:

- El regulador de voltaje (78L05), se necesitó uno que funcione a 1 A para una mejor distribución de corriente al circuito este regulador es el KA7805.
- Se colocó un regulador ajustable de 100 mA cuya numeración es NTE1900 se optó por esta pieza ya que las electrónicas no disponen del 317L que se recomienda.
- Las revoluciones por minuto al conectar el escáner oscila entre 700 rpm y 900 rpm que es cuando el vehículo está en contacto y sin movimiento, este valor varía cuando se acelera el motor o se pone en marcha.

### **7.3. Investigación de la producción del prototipo**

Para la producción del prototipo se realizará una estrategia de marketing, el cual deberá cumplir con los requerimientos del usuario.

#### **7.3.1 Plan de negocio**

El plan de negocio tiene etapas como constituir la idea y tipo de negocio, realizar un análisis del mercado y de la competencia, ver las ventajas y desventajas del negocio, tener en cuenta la parte económica ya que para iniciar una empresa se necesita de capital, colocar al producto a un nivel competitivo con otros similares. (CIDE, 2012)

#### **Descripción clara del negocio**

La fabricación, producción y venta de un prototipo electrónico para diagnosticar el estado de vehículos. Destinado a los propietarios de vehículos, profesionales de la mecánica automotriz y demás personas involucradas a esta rama dentro del Ecuador.

Con este prototipo se pretende satisfacer la necesidad actual de diagnosticar correctamente los vehículos que vienen con tecnología electrónicas y por otro lado dada la situación económica del país se requiere productos de bajo costo por lo que estará diseñado para cumplir con los

estándares internacionales, que sea confiable, de fácil manejo, de fácil transportación y a un precio accesible a los ecuatorianos.

### **Productos y servicios del negocio**

El negocio se centrara en un solo producto inicialmente que es el prototipo de diagnóstico vehicular denominado AUTO TESTER, será fabricado, producido, distribuido y vendido a nivel nacional, pero la meta es producir productos electrónicos que satisfagan las necesidades populares bajo el lema “La tecnología al servicio del pueblo”. Después de seleccionar la idea del negocio se identificará su misión, visión y cuáles son las ventajas competitivas que tiene el negocio seleccionado.

### **Misión**

Satisfacer las necesidades sociales utilizando la tecnología electrónica, en especial a la población ecuatoriana, produciendo prototipos electrónicos de bajo costo, confiables de fácil manipulación, transportación y que para su manejo no se requiera altos conocimientos sino el de saber leer y escribir.

### **Visión**

Ser la mejor empresa productora de prototipos electrónicos para la humanidad, generando estabilidad laboral, económica, emocional y fraternas

relaciones internas y externas que aseguren la vida de la empresa y de las familias de quienes trabajen y se relacionen con la empresa

### **Ventajas competitivas**

- Anatómicamente diseñado para sostenerlo en una mano y manipular con los dedos.
- Fácil de manejar.
- Funciona automáticamente cuando se conecta al vehículo.
- Su lenguaje es en español para facilitar la comprensión.
- Económico.
- Se dará el servicio de mantenimiento del prototipo.
- Se proporcionará un manual de usuario para la identificación y comprensión de los códigos de falla.
- El empaque proporciona los números de telefónicos de la empresa ya sea para reclamos, recomendaciones o pedidos del producto.

### **7.3.2 El producto**

En Marketing el producto es mucho más que el producto físico, se realiza un análisis desde la perspectiva del consumidor. Los consumidores no compran productos. Compran satisfacciones para sus motivaciones o soluciones para sus problemas por lo que se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Recordación
- Percepción
- Experimentación
- Aspiración

Como componentes básicos del producto se tiene:

- El logotipo



**Fuente:** (autoría propia)

- La marca

**X&F CORP**

**Fuente:** (autoría propia)

- El empaque



**Fuente:** (fotografía, autoría propia)

- El slogan

**“La tecnología al servicio del pueblo”**

### 7.3.3 El precio

Se debe tener en cuenta los costos de producción así como los precios vigentes en el mercado. Para fijar el precio adecuado se debe realizar una investigación de mercados tanto a los competidores como a los consumidores.

Es fundamental determinar el costo del producto para poder establecer un precio accesible y competitivo.

Se realizará una inversión en muebles como inmuebles cuya vida útil es superior a la de un año y están destinados para las actividades presentes o futuras del negocio y no para la venta.

Estos sirven de apoyo en las operaciones normales que realiza la empresa. Para la creación de una empresa productora y comercializadora de sistemas de monitoreo de sensores automotrices en el Ecuador, se tiene:

**Tabla. 7.1. Muebles e inmuebles**

MAQUINARIA	MUEBLES Y ENSERES	EQUIPOS DE OFICINA
Cautín	Escritorio	Computador e impresora
Taladros	Mesa	Calculadora
Sierras	Escritorio computadora	Fax / teléfono
Multi-brazos	Archivador	
Destornilladores	Sillas	
Grabador AVR	Basureros	
	Extintidor de 5lbs.	
	Botiquín primeros auxilios	

### **Materia prima**

La materia prima necesaria para la fabricación del prototipo es detallada en la tabla 7.2, donde se observa la cantidad, precio unitario y el costo total en la fabricación del prototipo.

Tabla. 7.2. Descripción y costos de materiales

DESCRIPCIÓN	DETALLE	CANT	COSTO UNIT	TOTAL
MCU	ATMEGA644PU	1	16,00	16,00
Cristal 4 MHz	Oscilador para ELM327	1	1,00	1,00
ELM327	Interprete OBDII a RS232	1	32,00	50,00
MAX232	Controlador UART	1	0,50	0,50
OBDII Cable	J1962M a DB9	1	20,00	20,00
MCP2551	Transceptor CAN	1	1,50	1,50
KA7805	Regulador de voltaje (5v) de 1 A	1	0,75	0,75
RS232 Conector	DB9 Macho	1	0,85	0,85
NTE1900	Regulador ajustable de 100mA	1	3,50	3,50
JHD12864LCD	Pantalla grafica 128x64	1	29,00	29,00
Touch panel	Pantalla táctil	1	18,00	18,00
Led	leds indicadores	2	0,20	0,40
1N4007	Diodos	1	0,10	0,10
1N4148	Diodos	2	0,10	0,20
2N3904	Transistores NPN	4	0,35	1,40
2N3906	Transistores PNP	3	0,35	1,05
Potenciómetro 10k $\Omega$	Para regular contraste GLCD	1	0,45	0,45
100 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	6	0,01	0,06
240 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1	0,01	0,01
470 $\Omega$	Resistencias 1/4 W	3	0,01	0,03
510 $\Omega$	Resistencias 1/2W	2	0,01	0,02
2.2k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1	0,01	0,01
4.7k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	5	0,01	0,05
10k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	7	0,01	0,07
22k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	2	0,01	0,02
47k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	3	0,01	0,03
100k $\Omega$	Resistencias 1/4 W	1	0,01	0,01
0.1 $\mu$ F	Capacitores cerámicos	2	0,02	0,04
27pF	Capacitores cerámicos	2	0,02	0,04
560pF	Capacitores	2	0,10	0,20
10 $\mu$ F	Capacitor electrolítico	1	0,05	0,05
330 $\mu$ F	Capacitor electrolítico	1	0,05	0,05
Socket 40 pines	Para ATMEGA644	1	0,50	0,50
Socket 8 pines	Para MCP2551	1	0,50	0,50
Socket 28 pines	Para ELM327	1	0,25	0,25
Jumpers	Para selección	2	0,10	0,20
Regleta	Para conexión GLCD Y Touch panel	1	0,40	0,40
THM6025	Disipador	1	0,60	0,60
Baquelita electrónica	Para ruteado de pistas doble lado	1	2,00	2,00
Estaño	Para soldar elementos	1	2,00	2,00
Caja	Caja para exhibir	1	5,00	5,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>156,80</b>

Es fundamental determinar el costo del producto para poder establecer un precio accesible y competitivo.

**Costos fijos** (CF<sup>38</sup>), es decir, aquellos que no sufren cambios en el monto total.

**Costos Variables** (CV<sup>39</sup>), es decir, aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. (Monografías)

**Tabla. 7.3. Costos fijos y variables para la producción del prototipo**

COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES	
Descripción	Costo total (\$)	Descripción	Costo total (\$)
Agua		Materia prima	156.80
Luz	33.00	Suministro de oficina	25.00
Teléfono	30.00	Implementos de limpieza	25.00
Internet	20.00	Gastos varios	25.00
Sueldos de empleados	25.00		
Maquinaria	2,800.00		
Publicidad	600.00		
Muebles y enseres	471.00		
Equipos de oficina	1,489.00		
<b>TOTAL:</b>	<b>6,968.00</b>	<b>TOTAL:</b>	<b>231.80</b>

En base a los costos se realizará el cálculo para obtener el precio total del producto.

<sup>38</sup> CF Costo fijo

<sup>39</sup> CV Costo variable

Costo total del producto es:

$$\begin{aligned} \text{CV} + (\text{CF} / \text{producción esperada}) &= \text{Costo total} \\ \$ 231.80 + (\$ 6,968.00 / 60 \text{ unidades}) &= \$ 347.43 \end{aligned}$$

El precio del prototipo que se ofrecerá al mercado es de 350 dólares, que es una cantidad accesible para el usuario, además es un precio competitivo con mercados similares.

## **CAPITULO 8**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1. Conclusiones**

El armado previo del prototipo fue realizado en el protoboard, generando problemas de comunicación con el CI. ELM 327, debido a la presencia de corrientes parásitas o ruido en los cables de conexión. Dado esto se procedió a realizar el circuito impreso de la placa electrónica.

El prototipo diseñado cumple con las especificaciones para OBDII, ya que se comunica con vehículos que poseen este protocolo. Sin embargo, en el Ecuador y Latinoamérica existen automóviles modernos que tienen el conector universal OBDII pero con protocolos de comunicación OBDI o protocolos de fabricante que no se ajustan con la norma OBDII.

Algunos vehículos nacionales e importados tienen normas dispuestas por el fabricante que no es precisamente OBDII pues para ellos es más

económico utilizar otras normas que la americana que requiere de una mayor implementación.

El prototipo monitorea los sensores instalados en el vehículo realizando un barrido por ellos, pero no detecta ni tiene códigos para avisar de grietas en el motor o en una bujía así como también no informará la existencia de contaminación en el aceite o gasolina.

Se debe tomar en cuenta que los resistores son de  $\frac{1}{2}$  w dado que un corto a 13,8 v produce una disipación de 0,4 w. (Vallejo, 2010)

Los costos de fabricación del prototipo son bajos en relación a los desarrollados por empresas dedicadas a la implementación de escáner.

Como conclusión final se puede decir que las expectativas del diseño fueron logradas exitosamente. Tanto en los datos reales como en los códigos de fallas.

En el cuadro de datos se coloca la información de mayor relevancia y los resultados obtenidos al realizar el monitoreo del vehículo, al final de cada hoja se agrega las fotografías correspondientes a los datos reales y códigos de averías dados por el prototipo y una fotografía que nos indica el número de la placa. En el caso de existir códigos de averías, en las observaciones se pondrá la interpretación correspondiente a dicho código, adicionalmente

se verificara la información obtenida sobre el conector con respecto a su ubicación.

## **8.2. Recomendaciones**

En ciertos vehículos con protocolos OBDII no existía la comunicación por lo que se mostró el mensaje “NO CONEXION” en pantalla, para solucionar este problema se procedió a cambiar la resistencia R21 de 22 K $\Omega$  por una de 33 K $\Omega$  para aumentar la señal de entrada, esto recomienda el fabricante del chip ELM327.

Se recomienda agregar al diseño del circuito la posibilidad de conexión con fuentes externas de 5 v y 12 v con lo cual se puede realizar una verificación en la inicialización del ELM327 y la alimentación para comprobar el funcionamiento del microcontrolador en conjunto con la pantalla gráfica.

En la aplicación se deja la posibilidad de tener una comunicación con una computadora por medio de un circuito típico del uso del max232 para comparar con un software destinado para monitoreo de vehículos que los datos obtenidos son congruentes.

El touch panel debe acoplarse perfectamente al GLCD para evitar que por la manipulación se parta, también tener cuidado en el momento de

adaptar a la caja ya que la presión ejercida en ella puede causar lecturas erróneas en la coordenadas.

Los usuarios de vehículos deberían tener conocimiento de la mecánica básico para poder manipular en caso de avería intempestiva y que no tenga cerca un mecánico y así podrá llegar a un sitio seguro. Por lo tanto el prototipo será de ayuda para localizar la falla y poder actuar más adecuadamente y no dañar más los sistemas del auto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apsal. (s.f.). Recuperado el 26 de Julio de 2011, de <http://www.apsanl.org.mx/obdii.htm>
- Atmel. (s.f.). *Atmel*. Recuperado el 16 de Marzo de 2011, de <http://www.atmel.com/Images/doc2593.pdf>
- autocheckengine. (s.f.). *autocheckengine*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2011, de [http://autocheckengine.com/products/obdii\\_cable.htm](http://autocheckengine.com/products/obdii_cable.htm)
- Autotronica. (Enero de 2011). *Blogspot*. Recuperado el 29 de Junio de 2011, de <Http://autotronicaseneiva.blogspot.com/2011/01/sensores-y-actuadores-en-el-automovil.html>
- Blasco, V. (s.f.). Recuperado el 3 de Marzo de 2011
- Blasco, V. (s.f.). *Shared*. Recuperado el 23 de Mayo de 2011, de [https://www.4shared.com/office/CNgTqG00/articulo\\_obdii.html](https://www.4shared.com/office/CNgTqG00/articulo_obdii.html)
- Bluehack. (s.f.). *elhaker*. Recuperado el 5 de Mayo de 2011, de <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>
- Canbus. (2002). *Galeon*. Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de <http://canbus.galeon.com/electronica/electronica1.htm>

- CIDE. (Noviembre de 2012). Curso de planificación y puesta en marcha de negocios. *Concurso de innovación científica, tecnológica y desarrollo empresarial innovate2012*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- científicos, T. (2 de Octubre de 2006). Recuperado el 5 de Mayo de 2011, de <http://www.textoscientificos.com/redes/tcp-ip/comparacion-modelo-osi>
- Datasheet. (10 de Diciembre de 2003). *fullcustom*. Recuperado el 30 de Mayo de 2011, de <http://www.fullcustom.es/guias/conexion-pc-pantalla-lcd-grafico-crystalfontz-cfag12864b-tmi-v>
- Datasheet. (s.f.). *datasheetcatalog*. Recuperado el 16 de Marzo de 2011, de <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/microchip/21667d.pdf>
- e-auto. (s.f.). Recuperado el 17 de Abril de 2011, de [http://e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=119](http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=119)
- Elm. (s.f.). *Elmelectronics*. Recuperado el 16 de Marzo de 2011, de <http://www.elmelectronics.com/DSheets/ELM327DSF.pdf>
- Elm. (s.f.). *obdtips*. Recuperado el 28 de Febrero de 2012, de <http://elmelectronics.com/obdtips.html>
- Epa. (s.f.). Recuperado el 27 de Junio de 2011, de [http://www.epa.gov/ttnca1/cica/airq\\_s.html](http://www.epa.gov/ttnca1/cica/airq_s.html)

- Europasobreruedas. (s.f.). Recuperado el 28 de Julio de 2011, de <http://www.europasobreruedas.com/faq/emisiones-co2.html>
- Gamarra Tolentino, J. (17 de Marzo de 2010). *atmospherazero*. Recuperado el 25 de Marzo de 2011, de <http://atmospherazero.blogspot.com>
- Gonzáles Esparza, J. (16 de Enero de 2006). *autoprecision*. Recuperado el 3 de Marzo de 2011, de [www.autoprecision.com.mx/doctos/CAN-16Ene06.doc](http://www.autoprecision.com.mx/doctos/CAN-16Ene06.doc)
- González Melis, P. (23 de Mayo de 2008). *upc*. Recuperado el 15 de Marzo de 2011, de <http://tec.upc.es/eau/OBDII.pdf>
- Google. (s.f.). *books.google*. Recuperado el 23 de Mayo de 2011, de [http://books.google.com.ec/books?id=fHfqXQb6tvEC&pg=SA1-PA25&lpg=SA1-PA25&dq=acceso+a+la+informacion+del+obd2&source=bl&ots=L\\_evTRdFwL&sig=\\_D7KBa7OJ2UOc-3-flsSBs1oQfY&hl=es&sa=X&ei=BDF7T8v-Homm9ASLstSFBQ&ved=0CF8Q6AEwCA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=fHfqXQb6tvEC&pg=SA1-PA25&lpg=SA1-PA25&dq=acceso+a+la+informacion+del+obd2&source=bl&ots=L_evTRdFwL&sig=_D7KBa7OJ2UOc-3-flsSBs1oQfY&hl=es&sa=X&ei=BDF7T8v-Homm9ASLstSFBQ&ved=0CF8Q6AEwCA#v=onepage&q&f=false)
- Google. (s.f.). *laelectricidad*. Recuperado el 1 de Febrero de 2012, de <https://sites.google.com/site/laelectricidadyelautomovil/actuadores.html>
- Huertas, E., & Véliz, F. (13 de Octubre de 2006). Sistema Monitor Remoto Interactivo de Vehículos.

- Innova, E. (2010). *innova*. Recuperado el 13 de Octubre de 2011, de [http://www.innova.com/Content/Support/Manual/Manual\\_3160\\_S.pdf](http://www.innova.com/Content/Support/Manual/Manual_3160_S.pdf)
- Julio Cesar. (2 de Agosto de 2009). *electriauto*. Recuperado el 29 de Junio de 2011, de <http://www.electriauto.com/electronica/can-bus/el-can-bus-de-datos/>
- López Pérez, J. (Mayo de 2008). *Scribd*. Recuperado el 31 de Enero de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/36582953/Sistema-de-diagnostico-de-vehiculos-OBD2.pdf>
- Mazo Quintas, M., Espinoza Zapata, F., Gardel Vicente , A., & M. H. Awawdeh, A. (s.f.). *Espacioseguro*. Recuperado el 9 de Junio de 2011, de [https://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/\\_fitsa/archivos/publicaciones/0000034/libro%20diagnosis%20electronica.pdf](https://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/publicaciones/0000034/libro%20diagnosis%20electronica.pdf)
- Mecanicoweb. (s.f.). *Oocities*. Recuperado el 9 de Junio de 2011, de [www.oocities.org/mecanicoweb/12.html](http://www.oocities.org/mecanicoweb/12.html)
- meganeboy, D. (s.f.). *Aficionados a la Mecánica*. Recuperado el 26 de Marzo de 2011, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-inyector7.htm>
- Miila Pérez, R. (2 de Diciembre de 2008). *itzamna*. Recuperado el 3 de Febrero de 2012, de <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/6289/1/SCANNERAUTO.pdf>

- Monografías. (s.f.). *trabajos88*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012, de <http://www.monografias.com/trabajos88/costos-fijos-y-variables/costos-fijos-y-variables.shtml>
- mundomotor. (s.f.). *mundomotor*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de [www.mundomotor.net/obd2.html](http://www.mundomotor.net/obd2.html)
- Navarro Criado, A. (Junio de 2009). *e-archivo*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2012, de [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/6975/1/Analisis\\_de\\_los\\_accionadores\\_del\\_RH-2.pdf](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/6975/1/Analisis_de_los_accionadores_del_RH-2.pdf)
- Newhaven Display, I. (31 de Marzo de 2010). *newhavendisplay*. Recuperado el 28 de Febrero de 2012, de <http://www.newhavendisplay.com/specs/TSTFT3.5Z.pdf>
- OBDtester. (2009). *obdtester*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2011, de [http://www.obdtester.com/obd2\\_connector](http://www.obdtester.com/obd2_connector)
- Pina, I. (16 de Febrero de 2011). *Unizar*. Recuperado el 2 de Febrero de 2012, de <http://zaguan.unizar.es/TAZ/EUITIZ/2011/5851/TAZ-PFC-2011-216.pdf>
- Rodríguez, L. H. (2010). Descripción de una interface OBDII con ELM327. *saber Electrónica*, 68-79.
- Vago, E. R. (1998). Recuperado el 12 de Marzo de 2011, de <http://html.rincondelvago.com/sensores-en-el-automovil.html>

- Vallejo, H. (2010). Uso de un scanner automotriz con programas de diagnóstico. *Saber Electrónica*, 65, 6,7,8,9,26,30,67,73.
- virtual, M. (s.f.). Obtenido de <http://www.mecanicavirtual.org>
- VOLKSWAGEN AG, W. (Diciembre de 1997). *scribd*. Recuperado el 17 de Junio de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/7044049/CAN-Bus>
- VOLKSWAGEN AG, W. (Marzo de 1999). *Electronicar*. Recuperado el 29 de Mayo de 2011, de [http://www.electronicar.net/IMG/OBDII\\_Beetle\\_espanol.pdf](http://www.electronicar.net/IMG/OBDII_Beetle_espanol.pdf)
- Wikipedia. (s.f.). Recuperado el 25 de Julio de 2001, de [http://en.wikipedia.org/wiki/on-board\\_diagnostics](http://en.wikipedia.org/wiki/on-board_diagnostics)
- Zapata Vaca, A. M. (Marzo de 2009). *espe*. Recuperado el 1 de Febrero de 2012, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2895/1/T-ESPEL-0595.pdf>

## ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, desde:

Sangolquí, 7 DE ABRIL del 2014

ELABORADO POR:

Maria Fernanda Caizatoa

María Fernanda Caizatoa Chulca

171762971-9

Ximena del Rosario Méndez Flores

Ximena del Rosario Méndez Flores

100258623-6

AUTORIDAD:

Luis Orozco  
Ing. Luis Orozco MSc.



DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL