



UNIVERSIDAD MODELO CAMPUS MÉRIDA

Quinto Semestre: Proyectos V.

Integrantes:

Borges Díaz Santiago.

Carrillo Cervera Raúl Humberto.

Jiménez Sosa Genaro Antonio.

López Gallardo Montserrat Daniela.

Parra León Eduardo Francisco.

Docente: Ing. Pascual Gabriel Pech Borges.

“Identificación de entradas y salidas de computadora para el sistema de inyección

IBIZA.”

08 de noviembre de 2024, Mérida. Yucatán.

Problemática.

El Seat Ibiza 2004, al igual que otros vehículos de su época, cuenta con una ECU (Unidad de Control Electrónico) específica que gestiona las funciones esenciales del motor y otros sistemas del vehículo. La necesidad de adaptar o reemplazar la ECU surge cuando la original presenta fallas, se busca mejorar el rendimiento del vehículo o se realiza una modificación que requiere ajustes en la gestión electrónica.

La adaptación de una nueva computadora automotriz a un Seat Ibiza 2004 presenta varios desafíos, como la compatibilidad del sistema eléctrico y de los sensores, la necesidad de reprogramar y calibrar la ECU para que funcione correctamente con el motor, y la correcta interacción con otros sistemas del vehículo, como el ABS o el inmovilizador. Además, existe el riesgo de que estas modificaciones afecten el cumplimiento de normativas de emisiones y seguridad, lo que implica una inversión significativa en tiempo y recursos técnicos.

Justificación.

La adaptación de una nueva computadora automotriz en un Seat Ibiza 2004 es necesaria debido a la importancia que tiene la ECU en la gestión eficiente del motor y otros sistemas esenciales del vehículo. Con el paso del tiempo, las ECUs originales pueden presentar fallas o quedar desactualizadas frente a los avances tecnológicos. Este proyecto busca no solo solucionar problemas de mal funcionamiento, sino también optimizar el rendimiento del vehículo, mejorar su eficiencia y asegurar que cumpla con las normativas actuales de emisiones y seguridad. Además, la correcta integración de una nueva ECU prolonga la vida útil del automóvil, lo que es fundamental para los propietarios que desean mantener sus vehículos en buen estado sin incurrir en costos elevados de reparación o reemplazo total del coche.

Objetivo General.

Adaptar y configurar una nueva computadora automotriz (ECU) en un Seat Ibiza 2004, asegurando su compatibilidad con los sistemas eléctricos y mecánicos del vehículo, optimizando el rendimiento del motor y garantizando el cumplimiento de las normativas de seguridad y emisiones, a fin de mejorar la funcionalidad y prolongar la vida útil del automóvil.

Objetivos específicos.

1. Identificar las entradas y salidas de un sistema informático, incluyendo la computadora, PCM y ECM.
2. Comprender el proceso de vincular una computadora a un sistema de inyección.
3. Aplicar los conocimientos adquiridos en el curso “Sensores y Actuadores”

Fundamento Teórico.

Introducción a los Sistemas Electrónicos Automotrices.

Evolución de la Electrónica en Vehículos:

Con base en las necesidades y especificaciones técnicas de la aplicación automotriz fabricar, en este caso un dispositivo electrónico, se debe analizar las condiciones de funcionamiento de la pieza, tanto de manera individual como en su conjunto; para ello se toma en cuenta aspectos técnicos de diseño y fabricación. Como todo elemento de uso automotriz debe pasar por rigurosos métodos de evaluación y pruebas para cumplir con las especificaciones requeridas (Parera, 2000).

El fabricante, en función de las especificaciones requeridas, diseña y fabrica un vehículo que asegure cumplir con los requisitos sociales y legales, utilizando las tecnologías disponibles, que den como resultado un producto de alta calidad y al costo más apropiado (Fernández, 2017).

La electrónica en la automoción desempeña un papel muy importante. Los productos electrónicos incorporados en un vehículo, en la actualidad, superan la tercera parte del valor de este.

Desde la década del sesenta, con los primeros encendidos con transistores, la industria electrónica ha ocupado un campo cada vez más amplio y variado en la industria automotriz.

Millones de sensores, de elementos electromecánicos y micromecánicas se fabrican cada año para cubrir las necesidades crecientes de la industria automotriz. Cada vehículo incorpora múltiples dispositivos electromecánicos para actuar en las áreas de eficiencia energética, operación, asistencia a la conducción, seguridad, confort y disminución de la polución.

Durante los últimos años gran parte de las innovaciones incorporadas a los vehículos automotores están relacionadas con la electrónica. Y la tendencia es que estas proyecciones continúen ya que la tecnología electrónica provee el medio más eficiente y, en algunos casos, el único disponible para el logro de las mejoras funcionales que se planea incorporar a los vehículos en el futuro cercano (Schöner, 2004).

La ECU y su Rol en la Modernización Automotriz

Una ECU está hecho básicamente de hardware y software (firmware). El hardware, como se muestra en la figura 1, está hecho de varios componentes electrónicos en una placa de circuito impreso (PCB). El componente más importante es un chip microcontrolador junto con un EPROM o un chip de memoria Flash. El software (firmware) es un juego de códigos de menor nivel que se ejecuta en el microcontrolador (Manual de reparación y reprogramación de la ECU., 2014). Sus principales características son:

1. Líneas de entrada y salida (E/S), tanto analógicas como digitales.
2. Dispositivo de interfaz/control de potencia.
3. Protocolos de comunicación (CAN, KWP-2000, entre otros).
4. Reconocimiento automático de equipo y habilitar secuencia de software.

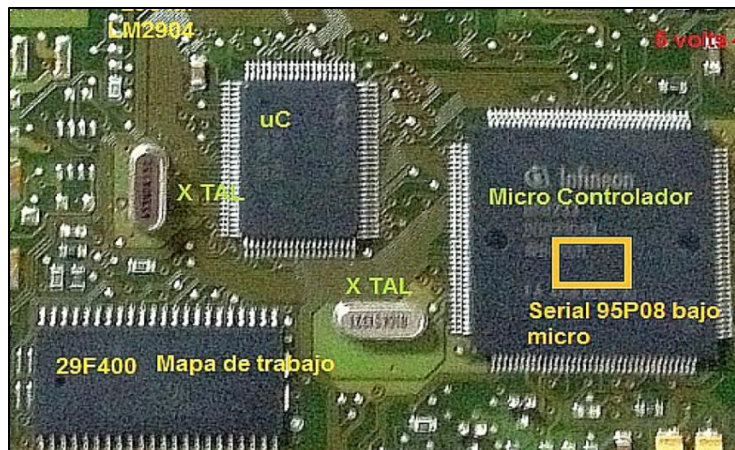


Figura 1 - Componentes electrónicos en una placa de circuito impreso.

Unidad de Control Electrónico del Motor (ECU)

Definición y Funciones.

La ECU es responsable de controlar diversos aspectos del motor y otros sistemas del vehículo. Se encarga de regular la mezcla de combustible, la inyección, el encendido y el control de emisiones. El vertiginoso avance de la tecnología en los últimos años ha catapultado a las Unidades de Control del Motor, también conocidas como ECU (Engine Control Unit), a un papel de protagonismo indisputable dentro del ecosistema automotriz.

Estos dispositivos se han convertido en el cerebro electrónico de los vehículos modernos, procesando datos a velocidades asombrosas para tomar decisiones cruciales que afectan el rendimiento, la eficiencia y, lo más importante, la seguridad de los vehículos y sus ocupantes.

La Unidad de Control del Motor, también conocida como ECU (Engine Control Unit), es esencial en los vehículos modernos, Montero y Paguay (2021) indican que la

función principal de la unidad es procesar las señales provenientes de varios sensores; esto permite evaluar, calcular y transmitir una señal de respuesta para activar diversos actuadores. Para Rodríguez (2019) una ECU está creada esencialmente de hardware y software, el primero de estos lo conforman diversos componentes de origen electrónico en una placa de circuito con un principal elemento denominado chip microcontrolador junto a un EPROM o una memoria flash (chip) y el segundo lo conforman una serie de códigos de menor nivel que son ejecutados en el microcontrolador.

Componentes Principales.

Se describen los sensores (entrada), actuadores (salida) y la relación con otras unidades de control como el PCM (Powertrain Control Module) y el ICM (Ignition Control Module).

De acuerdo con la Figura 2. El OBD-II posee un puerto de diagnóstico o DLC (conector de enlace de diagnóstico) que tiene forma de trapecioide y sirve como una interfaz de acceso y para recuperar la información de la ECU a los dispositivos de diagnóstico. Los enchufes o conectores tipo OBD-II tienen 16 pines, pero hay que recalcar que no se utilizan todos. De hecho, estrictamente hablando, solo uno o dos de los dieciséis pines se utilizan para transmitir datos. En la mayoría de los casos, los pines 4 y 16 son utilizados para energizar o alimentar al escáner; excluyendo los pines número 4, 5 y 16, se considera al resto de pines para diagnóstico.

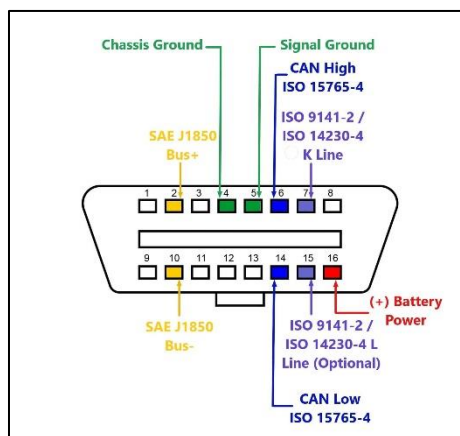


Figura 2 - Conector de Enlace de Diagnóstico.

Como menciona Olga Weis en su artículo en FlexiHub. Hay dos tipos de conectores OBD2: con cable e inalámbricos. Como su nombre indica, el conector con cable debe estar conectado físicamente a la herramienta de escaneo a través del cable. Por otro lado, los conectores OBD2 inalámbricos interactúan con la herramienta de escaneo a través de Bluetooth o WiFi.

El conector OBD2 está diseñado para leer y traducir la información de diagnóstico en tiempo real de la Unidad de Control Electrónico (ECU). De este modo, se puede saber cuál es el problema de los vehículos a partir de los códigos de error recibidos a través del conector. Además, permite utilizar herramientas de escaneo para reprogramar y reparar los diversos subsistemas del vehículo. Los sistemas de diagnóstico a distancia se han hecho cada vez más populares.

Existen dos tipos principales de conectores OBD2:

1. **Conectores tipo A:** Se encuentran en vehículos pequeños como los coches. Tienen una tensión de salida de 12 V y una velocidad de transmisión de aproximadamente 500.000 baudios.
2. **Conectores tipo B:** Se encuentran en vehículos medianos y pesados. Tienen una tensión de salida de 24 V y una velocidad máxima de 250.000 baudios.

Cuanto mayor sea la velocidad de transmisión, menor será la longitud del cable adaptador. Por ello, no es raro encontrar conectores de tipo B con cables más largos que los de tipo A. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este no es un método fiable para distinguir entre los dos tipos de cable.

Explicación del Conector OBD2.

Los conectores OBD2 suelen ser puertos de 16 pines, cada uno de los cuales tiene una función distinta. Algunas utilizan protocolos estándar definidos por la Sociedad de Ingenieros de Automoción y la Organización Internacional de Normalización. Otros pines se dejan a discreción del fabricante.

La tabla siguiente ofrece una visión general rápida de cada pin en un conector OBD2 genérico.

Nº	de Pin Nombre	Descripción
1	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
2	SAE J1850 Bus+	Pin positivo del bus del protocolo. Usa el protocolo de Ancho de Pulso Variable y se encuentra normalmente en los vehículos de General Motors.
3	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
4	Tierra del Chasis	La toma de tierra del sistema del Automóvil (incluido el chasis).
5	Señal Tierra	La toma de tierra del sistema del Automóvil (incluido el chasis).
6	CAN High ISO 15765-4, SAE J2284	CAN High Pin. Sigue un protocolo CAN de 2 hilos a 1 Mbps de velocidad.
7	ISO 9141-2 / ISO 14230-4 K Line	Pin de línea K. Sigue un protocolo asíncrono de comunicación serie.
8	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
9	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.

10	SAE J1850 Bus-	Pin negativo del bus del protocolo. Sigue el protocolo de Ancho de Pulso Variable.
11	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
12	Discrecional del fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
13	Discrecional del Fabricante	Este pin no es estándar y depende del fabricante del vehículo. No es necesario para la comunicación normal.
14	CAN Low ISO 15765-4, SAE J2284	CAN Low Pin. Usa un protocolo CAN de 2 hilos a 1 Mbps de velocidad.
15	ISO 9141-2 / ISO 14230-4 L Line (Opcional)	Pin de línea K. Sigue un protocolo asíncrono de comunicación serie.
16	Alimentación de la Batería del Vehículo	Se conecta a la batería del vehículo para alimentar las herramientas de escaneo. Tipo "A"12V/4A; Tipo "B"24V/2A

Tabla 1 – Uso de cada pin en un conector OBD II Genérico.

Pines del Conector OBD2 de Volkswagen.

En este caso, se necesita saber el diagrama de los pines del conector OBD II específico de la marca, Seat pertenece a Grupo Volkswagen, debido a esto la Figura 3 representa el diagrama de dicho conector. Para una mayor comprensión con apoyo de la Tabla 2, contextualiza de manera ordenada la función de cada pin, ya que, en conectores específicos, queda a criterio del fabricante el uso y dicha posición de cada pin.

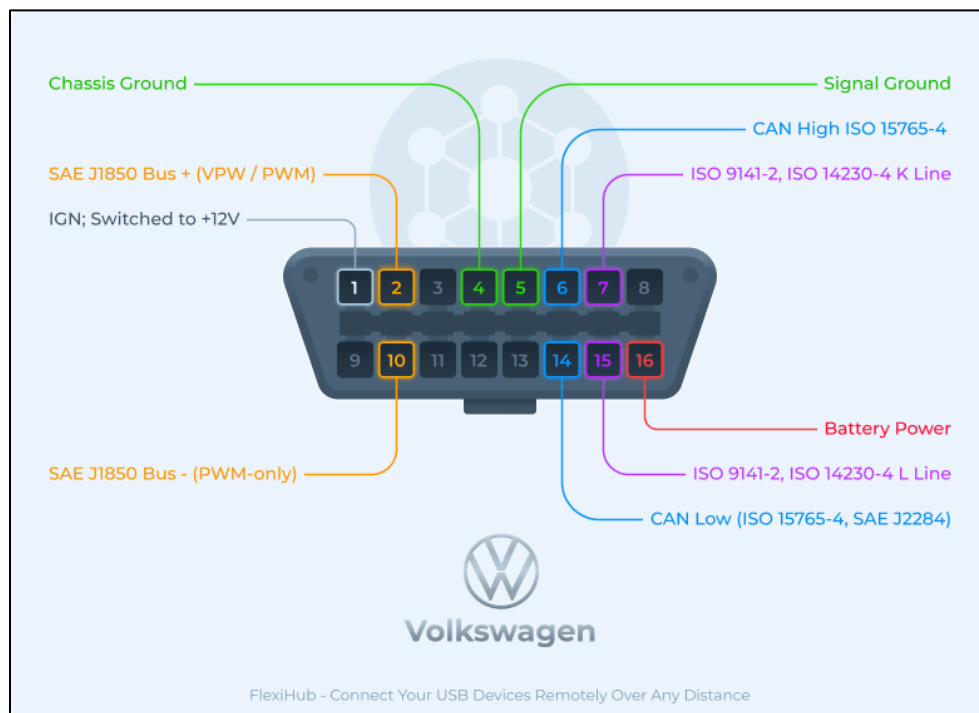


Figura 3 – Conector específico “Grupo Volkswagen”

Nº Pin	Descripción
1	IGN; Conectado a +12V cuando el encendido está activado
2	SAE J1850 Bus + (VPW / PWM)
3	Discrecional del Fabricante
4	Tierra del Chasis
5	Señal Tierra
6	CAN High (ISO 15765-4 y SAE J2284)
7	SO 9141-2 / ISO 14230-4 K Line
8	Discrecional del Fabricante
9	Discrecional del Fabricante
10	SAE J1850 Bus - (Solo PWM)
11	Discrecional del Fabricante
12	Discrecional del Fabricante
13	Discrecional del Fabricante
14	CAN Low (ISO 15765-4 y SAE J2284)
15	ISO 9141-2 / ISO 14230-4 L Line (Opcional)

16	Alimentación de la Batería del Vehículo: Tipo "A" 12V/4A, Tipo "B" 24V/2A
----	---

Tabla 2 – Descripción de la función de cada pin en el conector específico.

Entradas y Salidas de la ECU.

Sensores (Entradas):

Sensor de Oxígeno (Lambda). El sensor de O₂ identifica la cantidad de oxígeno sin combinarse encontrado en la salida del escape, para establecer una diferencia entre mezcla rica o mezcla pobre, en función de esta información la computadora decide cómo debe inyectarse el combustible para obtener una mezcla estequiométrica, en la figura 4 se muestra un fragmento de una muestra aleatoria de la señal que está comprendida entre 0 y 1V se observa su comportamiento a ralentí y a diferentes regímenes, se tiene que el valor se encuentra en los 0.45V por lo que siempre se encontrará fluctuando ante este valor, lo que indica que se encuentra en funcionamiento normal.

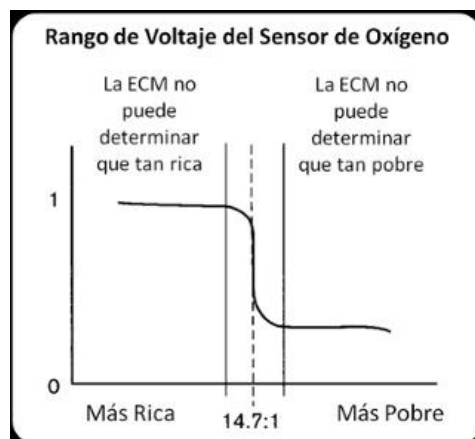


Figura 4 – Parámetros de Funcionamiento del Sensor de Oxígeno.

Sensor de Flujo de Aire. MAF es el acrónimo en inglés de sensor de flujo de masa de aire. Se trata de un dispositivo que, por lo general, se enrosca al bloque del motor, entre el filtro de aire y el colector de admisión.

Consta de tres piezas principales. La primera es el termistor, que se encarga de medir la temperatura del aire. Otra pieza importante es el alambre de platino, que deberá mantenerse a una temperatura más o menos constante. Por último, está la Unidad de Control Electrónica (ECU, por sus siglas en inglés), cuya función es monitorear el flujo de la corriente y enviar una señal en consecuencia. (Guerrero, 2022)

Por otro lado, el caudalímetro, como también se le conoce a este sensor, dispone de tres cables: uno de alimentación, otro que comunica al sensor con la computadora, y uno más que se fija al chasis y actúa como tierra física.



Figura 5 – Apoyo Visual del Sensor de Flujo de Aire.

Sensor de Posición del Cigüeñal. Como su nombre lo dice, este sensor identifica la posición y velocidad de giro del cigüeñal en el motor. Es importante mencionar que, este sensor en conjunto con el sensor CMP (del cual se habló en otro artículo) identifican la posición del pistón número 1.

¿Y por qué es importante identificar la posición del pistón número 1?

Conociendo la posición del pistón número 1 en el motor, el módulo de control puede activar la(s) bobina(s), inyectores y demás actuadores que generan la ignición de la mezcla aire-combustible dentro del motor, y con esto ponerlo en marcha. (2022; MTE-THOMSON, 2022)

Cabe mencionar que el sensor CKP (Figura 6) genera una señal eléctrica (como todos los sensores) que es interpretada por la unidad de mando para que esta active actuadores (bomba de combustible, inyectores, bobinas etc.) y que no siempre los mismos actuadores serán activados debido a la señal generada por el sensor CKP, los actuadores que serán activados cambian en función del motor fabricante.



Figura 6 – Apoyo Visual del Sensor de Posición de Cigüeñal.

Proceso de Adaptación de una Nueva ECU.

Mediante la consulta del especialista José Martínez Rodríguez, recalca los apartados principales del proceso de adaptación y como estos presentan distintas dificultades a la hora de realizar el proceso, las cuales las clasifica de la siguiente manera:

Compatibilidad de Señales Eléctricas.

Voltajes y Protocolo de Comunicación. La nueva ECU debe operar bajo los mismos voltajes y protocolos de comunicación que la ECU original. Si la ECU nueva utiliza un protocolo diferente (como CAN, LIN o FlexRay), esto podría resultar en una incapacidad para comunicarse adecuadamente con otros módulos, lo que puede causar fallos en el funcionamiento del vehículo.

Niveles de Señal. Es esencial que los niveles de señal de los sensores (por ejemplo, temperatura, presión, posición del acelerador) sean compatibles. La nueva ECU puede requerir señales en diferentes niveles, lo que puede demandar la implementación de convertidores de señal o ajustes en el cableado.

Integración con Sensores y Actuadores.

Configuración de Sensores. La nueva ECU debe estar configurada para interpretar correctamente los datos de los sensores existentes. Esto implica asegurarse de que la ECU reconozca y procese las señales de entrada adecuadamente.

Compatibilidad de Actuadores. Los actuadores del vehículo, que controlan elementos como inyectores de combustible, válvulas de vacío y motores de pasos, deben ser compatibles con la nueva ECU. Puede ser necesario diseñar adaptadores o modificar el cableado para garantizar una correcta conexión y funcionamiento.

Reprogramación y Calibración.

Ajustes de Parámetros. Se deben recalibrar todos los parámetros de funcionamiento de la ECU para optimizar el rendimiento del motor. Esto puede incluir la reprogramación de mapas de inyección, encendido y otros ajustes específicos que son críticos para el rendimiento.

Carga de Mapas. La instalación de una nueva ECU normalmente requiere cargar nuevos mapas de control del motor. Esto implica utilizar software especializado para garantizar que la ECU maneje adecuadamente los parámetros de operación en función de la configuración del motor y los requisitos del vehículo.

Diagnóstico y Resolución de Errores.

Herramientas de Diagnóstico. Es crucial que la nueva ECU sea compatible con las herramientas de diagnóstico del vehículo, como escáneres OBD-II. Esto es esencial para identificar y solucionar problemas durante y después de la instalación.

Códigos de Error. La adaptación de la ECU puede generar códigos de error en el sistema de diagnóstico a bordo. Manejar estos códigos es fundamental para asegurar que todos los sistemas funcionen de manera óptima y para evitar problemas en el futuro.

Impacto en Sistemas Adicionales.

Interacción con Sistemas de Control. La nueva ECU puede afectar otros sistemas críticos del vehículo, como el ABS, el control de tracción y la gestión del clima. Es importante realizar pruebas para verificar que no haya conflictos entre estos sistemas y la nueva ECU, ya que esto podría comprometer la seguridad y el rendimiento del vehículo.

Actualizaciones y Soporte. La nueva ECU puede requerir actualizaciones de software regulares para mantener su compatibilidad y rendimiento. Es importante planificar el mantenimiento y la actualización de software para evitar problemas en el futuro.

Pruebas y Validación.

Pruebas en Ruta. Después de la instalación y en caso de que el motor sea capaz de arrancar, lo recomendado en un caso real sobre el cambio de ECU, es realizar pruebas en condiciones reales para evaluar el rendimiento de la nueva ECU y asegurarse de que todos los sistemas del vehículo funcionen correctamente, con el objetivo de priorizar la seguridad de la o del ocupante del vehículo.

Optimización del rendimiento del motor.

Relación aire-combustible.

La relación aire-combustible (AFR) es una medida crítica en el ajuste del motor. Representa la proporción de aire a combustible en la cámara de combustión. Esta relación es fundamental porque determina la eficiencia de la combustión y, en consecuencia, el rendimiento del motor, el ahorro de combustible y las emisiones. (Tuners, 2024)

Se utilizan un sensor y un medidor de banda ancha para leer el AFR midiendo la cantidad de aire en la corriente de escape. Esta lectura a menudo se malinterpreta; muchos creen que mide el contenido de combustible, pero en realidad mide el contenido de aire. El AFR es crucial para determinar si el motor está funcionando "rico" o "pobre".

- **Mezcla rica:** Una mezcla rica tiene un mayor contenido de combustible en relación con el aire. Por ejemplo, un AFR de gasolina de 9:1 indica una condición rica, lo que significa que hay mucho combustible y poco aire en el flujo de escape.
- **Mezcla magra:** Por el contrario, una mezcla pobre tiene más aire que combustible. Una gasolina AFR de 20:1 se considera pobre, con un alto contenido de aire y un bajo contenido de combustible en el escape.

Encontrar el AFR óptimo es esencial para equilibrar el rendimiento y la economía de combustible. Para la gasolina pura, la relación estequiométrica ideal es 14.7:1. Esta relación proporciona el mejor compromiso entre rendimiento, economía de combustible y emisiones. Es importante tener en cuenta que no debe centrarse demasiado en este número ideal; a menudo, el mejor rendimiento y equilibrio de capacidad de conducción se

encuentra en una amplia gama de valores. Esta es la razón por la que el registro de datos y el ajuste del banco de pruebas son importantes para determinar qué proporción funciona mejor para su aplicación dentro de ciertas condiciones.

La estequiometría.

Es la ciencia que calcula las cantidades exactas de reactivos y productos en reacciones químicas. En el contexto de la puesta a punto del motor, se refiere al AFR ideal donde se produce la combustión completa del combustible. Para gasolina pura, esta proporción ideal es 14.7:1. Logrando una mejor combustión como se muestra en la Figura 7.

En condiciones estequiométricas, el motor alcanza:

- **Rendimiento óptimo y economía de combustible:** En teoría, funcionar a 14.7:1 debería proporcionar el mejor equilibrio entre potencia y eficiencia.
- **Emisiones limpias:** La combustión completa en esta proporción minimiza las emisiones nocivas.



Figura 7 – Relación Estequiométrica en la Cámara de Combustión.

Introducción a lambda.

Lambda (λ) es una constante universal que simplifica el ajuste entre diferentes combustibles. Se define como el AFR medido dividido por el AFR estequiométrico para un combustible determinado. Lambda proporciona una forma estandarizada de comparar y ajustar los AFR independientemente del tipo de combustible.

- **Lambda = 1.0:** Representa el punto estequiométrico.
- **Lambda < 1.0:** Indica una mezcla rica.
- **Lambda > 1.0:** Indica una mezcla magra.

Por ejemplo, si mide un AFR de 14.7 con gasolina pura (el AFR estequiométrico es 14.7), Lambda es 1.0. Esta estandarización es útil al realizar ajustes con diferentes combustibles, ya que le permite apuntar al mismo valor Lambda (1.0) para lograr la estequiometría. (TTKIN, 2023)

Normativas de Seguridad y Emisiones.

Como lo indica la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su sitio web, el Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM) permite identificar las principales fuentes de emisión para establecer y proyectar las emisiones de México, utilizando herramientas que calculan las emisiones de contaminantes de diversas fuentes en una región específica, a nivel municipal o estatal, durante un año en concreto, conocido como año base.

Existen diversos tipos de inventarios según los contaminantes, como contaminantes criterio, gases de efecto invernadero, según su propósito, como indicadores, programas de gestión de calidad del aire, normativas o modelado.

Estos inventarios ayudan a identificar las principales fuentes de contaminación, medir las emisiones y evaluar su impacto en la salud pública y el medio ambiente. Esta información permite a las autoridades y organizaciones diseñar estrategias efectivas para reducir las emisiones y cumplir con las normativas ambientales, además, los inventarios de emisiones son esenciales para la investigación científica y el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.

El Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM), integrado por la SEMARNAT, recopila datos sobre las emisiones liberadas en la atmósfera. Estos incluyen monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), partículas con diámetro menor a 10 y 2.5 micrómetros (PM10 y PM2.5), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amonio (NH3), provenientes de diversas fuentes. (SEMARNAT, 2023)

Desarrollo de Conclusiones.

Sostenibilidad y Tecnología.

Como es mencionado en el sitio web Reprobd “Las primeras ECU aparecieron en los años 80, con funciones bastante limitadas. Con el avance de la tecnología, su capacidad y complejidad han aumentado significativamente. Hoy en día, las ECU modernas pueden gestionar una multitud de tareas simultáneamente, gracias a la integración de microprocesadores avanzados y software sofisticado.” (REPROBD, 2024)

El mantener un desarrollo constante en las ECU's no ha permitido que las modernas utilicen microprocesadores avanzados que permiten una mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento. Esto mejora la precisión y rapidez en la gestión de las funciones del vehículo, optimizando el rendimiento general del motor y otros sistemas críticos.

Integración de Inteligencia Artificial en las ECU.

La incorporación de Inteligencia Artificial (IA) en las ECU está revolucionando la industria automotriz. Las ECU con IA pueden aprender y adaptarse a los hábitos de conducción del usuario, optimizando automáticamente los parámetros del motor para mejorar la eficiencia y reducir el desgaste. Esta adaptabilidad también permite una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes de la carretera y del vehículo.

Mejora del rendimiento del motor.

Las ECU avanzadas permiten una gestión más precisa de la inyección de combustible y del encendido, lo que resulta en un mejor rendimiento del motor. Esto se traduce en una aceleración más suave, mayor potencia y mejor respuesta del vehículo.

Aumento de la eficiencia energética

Las nuevas ECU optimizan el uso de combustible ajustando continuamente los parámetros del motor para minimizar el consumo. Esto no solo reduce los costos de combustible, sino que también disminuye las emisiones de gases contaminantes, contribuyendo a una conducción más ecológica.

Mejora en la seguridad del vehículo

Las ECU avanzadas también juegan un papel crucial en la mejora de la seguridad del vehículo. Gestionan sistemas críticos como los frenos antibloqueo (ABS), el control de tracción, y los sistemas de asistencia al conductor (ADAS). Estas funciones aumentan la estabilidad y el control del vehículo, reduciendo el riesgo de accidentes.

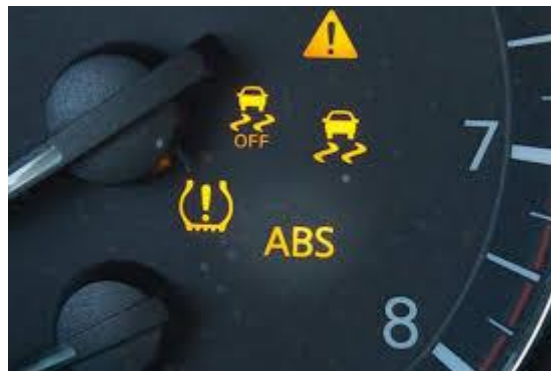


Figura 8 – Testigos prendidas de ABS y sistema de control de tracción.

Capítulo II: Selección de Elementos.

Tecnología de Montaje Superficial.

La tecnología de montaje superficial, también conocida por la sigla SMT del inglés *surface-mount technology*, es el método de construcción de dispositivos electrónicos más utilizado actualmente.

Se usa tanto para componentes activos como pasivos, y se basa en los componentes de montaje superficial (SMC, del inglés *surface-mounted component*) sobre la superficie del circuito impreso. Tanto los equipos así contruidos como los componentes de montaje superficial pueden ser llamados dispositivos de montaje superficial o SMD (del inglés *surface-mount device*).

Mientras que los componentes de tecnología de agujeros pasantes atraviesan la placa de circuito impreso de un lado a otro, los análogos SMD que son muchas veces más pequeños, no la atraviesan, como se muestra en la Figura 9, las conexiones se realizan mediante contactos planos, una matriz de esferas en la parte inferior del encapsulado, o terminaciones metálicas en los bordes del componente.

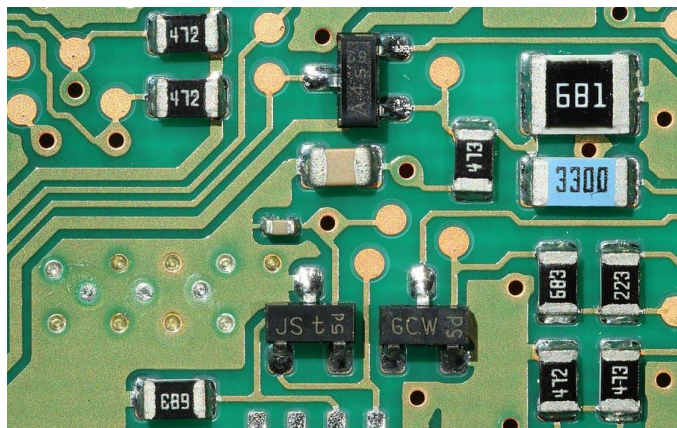


Figura 9 – Componentes SMD montados.

Este tipo de tecnología ha superado y remplazado ampliamente a la de agujeros pasantes en aplicaciones de producción masiva (por encima de los miles de unidades), de bajo consumo de energía (como dispositivos portátiles), de baja temperatura o de multiplicaciones en tamaño reducido (como equipo de cómputo, medición e instrumentación). Sin embargo, debido a su reducido tamaño, el ensamblado manual de las piezas se dificulta, por lo que se necesita mayor automatización en las líneas de producción, y también se requiere la implementación de técnicas más avanzadas de diseño para que los SMD funcionen adecuadamente aún en ambientes con altos índices de interferencia electromagnética (EMI). (Surtel Electrónica , 2019)

Componentes SMD.

1. Condensadores Cerámicos.

Usan diversos tipos de cerámica como elemento dieléctrico y pueden estar formados por una sola lámina de dieléctrico o por láminas apiladas, como se muestra en la Figura 10. Según sus características, pueden funcionar a distintas frecuencias, incluso las microondas. Gracias a las propiedades específicas de la cerámica, tienen muy pocas pérdidas. (Quartux, 2020)

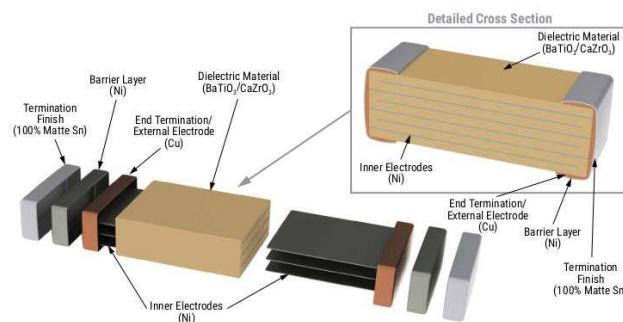


Figura 10 – Cerámico SMD.

2. Condensadores Electrolítico.

Los capacitores electrolíticos de montaje superficial (Figura 11) son componentes electrónicos utilizados para almacenar y liberar energía eléctrica en circuitos, diseñado específicamente para montarse en la superficie de una placa de circuito impreso (PCB). Estos capacitores son conocidos por su alta capacidad y su diseño compacto, lo que los hace ideales para aplicaciones donde el espacio es limitado.

Son dispositivos polarizados, lo que significa que deben conectarse en la dirección correcta. Se utilizan comúnmente en dispositivos electrónicos modernos, como teléfonos móviles y computadoras. Su versatilidad y rendimiento los convierten en una elección popular en el diseño de circuitos de montaje superficial. (AV Electronics , 2024)



Figura 11 – Condensador Electrolítico

3. Condensadores de Tantalio.

Usa tántalo como ánodo y tiene mejor capacidad por volumen que un capacitor electrolítico de aluminio, ya que utilizar este elemento químico hace que la capa dieléctrica sea muy delgada. La franja de color indica la polaridad +, tal como se identifica en la Figura 12.



Figura 12 – Condensador de Tantalio.

Resistencias SMD.

Una resistencia SMD es un tipo de resistencia que ha sido diseñada para montarse en la superficie. Estas resistencias SMD (Figura 13) suelen ser mucho más pequeñas que las tradicionales, por lo que ocupan mucho menos espacio en una placa de circuito.

La tecnología de montaje en superficie se inventó tanto para reducir el tamaño de los componentes como para reducir significativamente el tiempo que lleva fabricar un circuito.

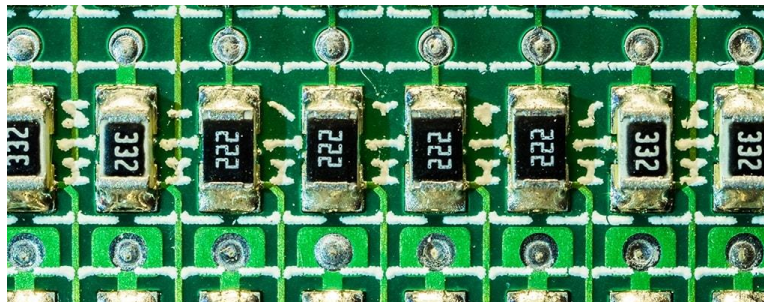


Figura 13 – Resistencias SMD.

Cristal Oscilador de cuarzo SMD.

Los osciladores de cristal basados en el cuarzo son el componente principal responsable de la precisión de la frecuencia/temporización y del rendimiento en casi todos los circuitos electrónicos (Figura 14). Por ello, se les exige precisión y exactitud en el tiempo. Por supuesto, el oscilador "perfecto" solo existe en teoría, así que el problema para los diseñadores es el oscilador adecuado para cumplir los objetivos del diseño. No es una tarea fácil.



Figura 14 – Cristales SMD.

Los osciladores de cristal proporcionan el ritmo del reloj para los procesadores, la temporización de los bits para los enlaces de datos, el tiempo de muestreo para las conversiones de datos y la frecuencia maestra en sintonizadores y sintetizadores. En términos simplificados, el elemento de cuarzo del oscilador de cristal actúa como un elemento resonante de muy alta calidad dentro de la red de retroalimentación de un circuito oscilador (Figura 15). Debido a la importancia de los cristales y sus osciladores, se ha investigado y analizado ampliamente la física fundamental del material de cuarzo, así como su rendimiento eléctrico y mecánico, junto con los diversos circuitos osciladores.

(Schweber, 2021)

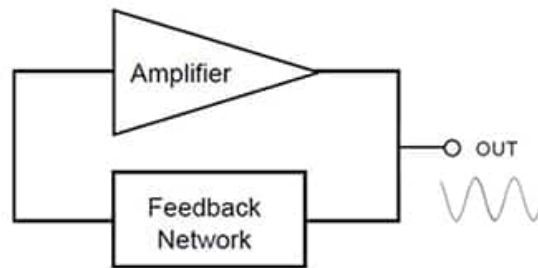


Figura 15 – Empleando el efecto piezoeléctrico, un cristal funciona como un elemento resonante de alta calidad, estable y preciso en el bucle de retroalimentación de un circuito oscilador.

Microprocesadores y Microcontroladores

Los microprocesadores y microcontroladores son los componentes internos de los dispositivos electrónicos. Un microprocesador (Figura 16) es una unidad de procesamiento muy pequeña dentro de una CPU. Es un circuito integrado único en un chip de computadora que realiza diversas funciones aritméticas y lógicas en señales digitales. Varias docenas de microprocesadores trabajan juntos dentro de servidores de alto rendimiento para el procesamiento y el análisis de datos.

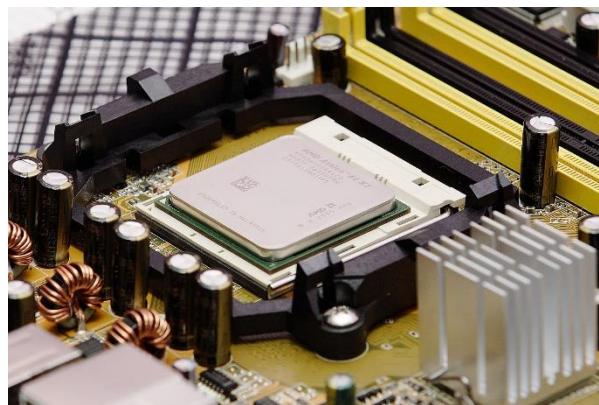


Figura 16 – Microprocesador SMD.

Por otro lado, un microcontrolador (Figura 17) es la unidad de computación básica dentro de los dispositivos electrónicos inteligentes, como las lavadoras y los termostatos. Es una computadora muy pequeña con sus propios sistemas de RAM, ROM y E/S, todos integrados en un solo chip. Puede procesar señales digitales y responder a las entradas del usuario, pero su capacidad de computación es limitada. (AWS, 2024)

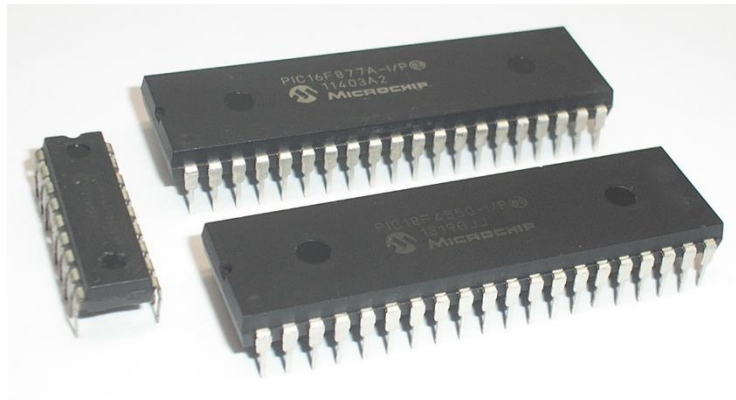


Figura 17 – Microcontrolador SMD.

Diferencias entre los Microcontroladores y Microprocesadores.

	Microprocesador	Microcontrolador
Memoria	Requiere memoria externa y almacenamiento de datos.	Módulos de chips de memoria (ROM, RAM).
Periféricos	Necesita piezas adicionales. Se conecta con el bus externo.	Periféricos integrados en el chip (temporizadores, puertos de E/S, conversor de señal).
Capacidad computacional	Capaz de realizar tareas de computación complejas.	Limitado a la lógica de la aplicación específica.
Velocidad del reloj	Muy rápido. Rango de GHz.	Rápido pero más lento que los microprocesadores. Rango de kHz a MHz.
Consumo de energía	Alto consumo de energía. Sin modo de ahorro de energía.	Consume una cantidad mínima de energía. Modos de ahorro de energía integrados.
Sistema operativo	Requiere sistemas operativos.	El sistema operativo es opcional para algunos microcontroladores.
Conectividad	Gestiona la transferencia de datos a alta velocidad. Soporta USB 3.0 y Gigabit Ethernet.	Soporta comunicaciones de baja a moderada velocidad. Interfaz periférica serial (SPI) e I ² C. Receptor-transmisor asíncrono universal (UART).
Costo	Caro debido a los componentes adicionales.	Más económico porque un solo circuito integrado proporciona múltiples funcionalidades.
Caso de uso	Para computación genérica o sistemas que requieren una capacidad computacional sólida.	Para sistemas compactos, dispositivos alimentados por baterías o de procesamiento lógico.

Tabla 3 – Tabla Comparativa de ambos componentes SMD.

Memorias EPROM.

La memoria EPROM (Figura 18) es un sistema de almacenamiento ROM editable, lo cual significa que es posible escribir información sobre su programación, borrarla y reescribirla. Lo que distingue a EPROM del resto de las memorias es que el borrado se realiza mediante la exposición a luz ultravioleta, eliminando la información almacenada previamente y reprogramando datos nuevos. (SERVNET, s.f.)



Figura 18 – Memoria EPROM SMD.

Reguladores de Voltaje.

EL AMS1117 SMD (Figura 19) es un regulador fijo o variable diseñado para operar con 1 V diferencial de entrada/salida y una corriente máxima de salida de hasta 1 A. Tiene la capacidad de ajustar el límite de corriente para minimizar la tensión en caso de una sobrecarga. Dichos componentes siempre se encuentran a lado de componentes de gran tamaño (Ja-Bots, 2022)

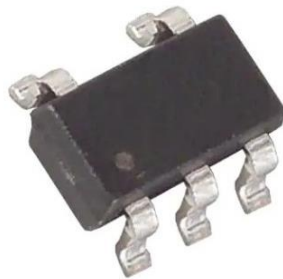


Figura 19 – Regulador de Voltaje SMD.

Tabla de Costos.

A continuación, una tabla (Tabla 4) que indica el coste de los componentes requeridos para la fabricación de la computadora.

Componentes	Precio (MX\$)
Unidad central de procesamiento (CPU)	\$1,250
RAM (Memoria de acceso aleatorio)	\$1,500
ROM (Memoria de solo lectura)	\$900
NVRAM (Memoria no volátil)	\$1,850
Convertidores analógico-digitales (ADC)	\$1,350
Interfaces de comunicación	\$2,900
Puertos de entrada y salida	\$600
Placa PCB	\$1,150
Total:	\$11,500

Tabla 4 – Tabla de costos de los componentes de la Computadora.

Diagrama de la CPU Ford.

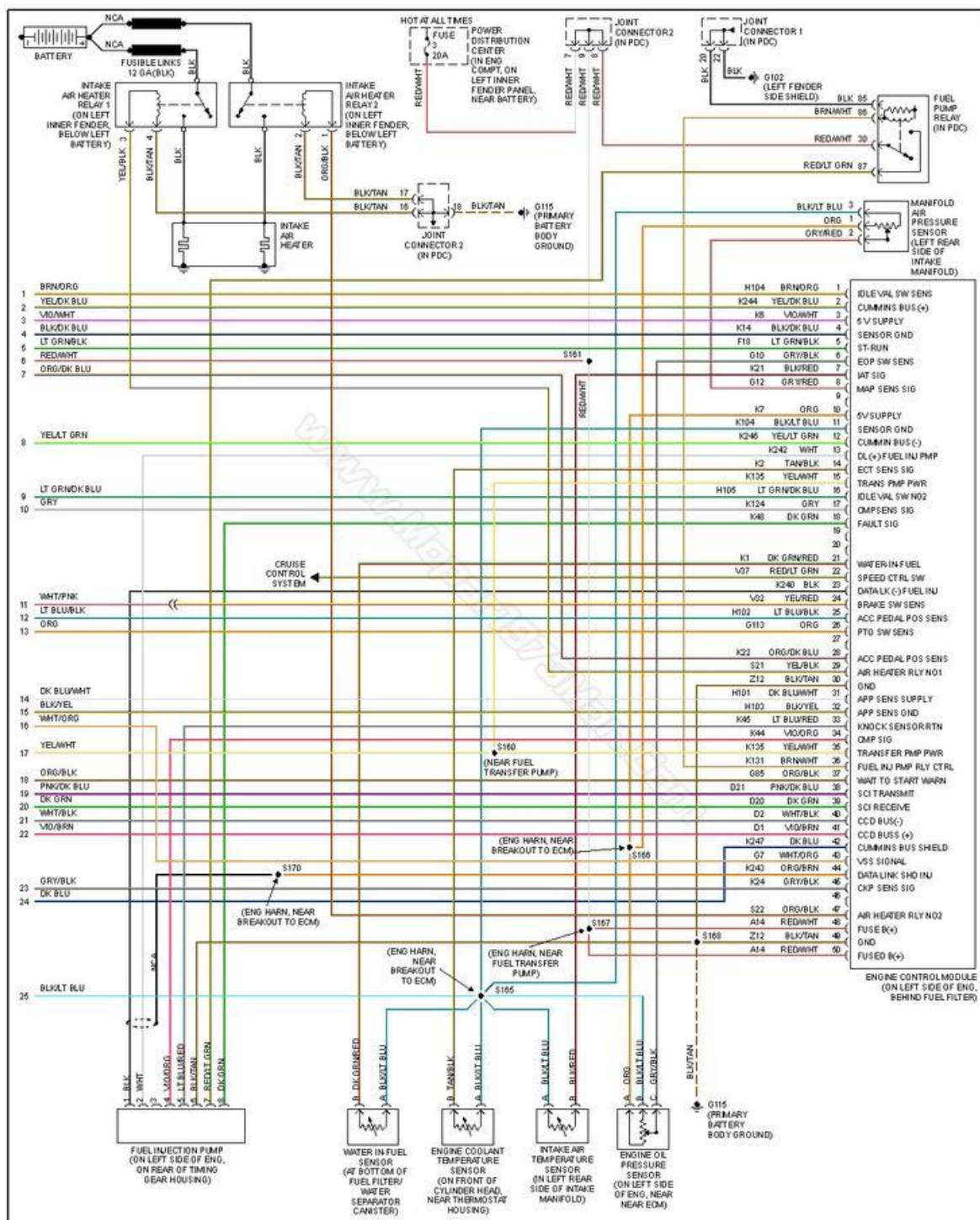


Figura 20 –Diagrama Eléctrico de la PCM (Automóvil Marca Ford).

Este diagrama (Figura 20) muestra las conexiones y señales clave que se intercambian entre la ECU (Unidad de Control del Motor), varios sensores y actuadores esenciales para el funcionamiento óptimo del motor. Por consiguiente, se generó un desarrollo más detallado de cada una de las partes más importantes del diagrama:

1. *Batería y Alimentación Eléctrica*

- La batería (NCA) es la fuente de energía principal para todo el sistema. El cableado de la batería está protegido por un fusible, y luego se conecta a varios relés y módulos del sistema.
- Relés de alimentación: El “Intake Air Heater Relay” y el “Fuel Relay” están conectados directamente a la alimentación de la batería y activan sistemas clave, como el calentador del aire de admisión y la bomba de combustible. Estos son críticos en el encendido y apagado de los componentes controlados por la ECU.

2. *Unidad de Control del Motor (ECM o ECU)*

Entradas a la ECU: Incluyen sensores que miden variables críticas del motor, como:

- Sensor de Presión del Colector de Admisión (MAP): Este sensor, generalmente ubicado cerca del colector de admisión, mide la presión del aire dentro del colector y ayuda a la ECU a calcular la carga del motor.
- Sensor de Temperatura del Aire de Admisión: Mide la temperatura del aire que entra al motor, lo que es esencial para que la ECU ajuste la mezcla de aire/combustible.

- Sensores de posición del acelerador y del cigüeñal: Estos sensores le indican a la ECU en qué posición se encuentran tanto el acelerador como el cigüeñal, lo que permite controlar la inyección de combustible y el encendido.

Salidas de la ECU: Incluyen señales de control para los actuadores, como:

- Inyectores de combustible: La ECU controla la apertura y cierre de los inyectores en función de los datos recibidos de los sensores. Esto ajusta la cantidad de combustible que ingresa a los cilindros.
- Bomba de combustible: La ECU también regula la activación de la bomba de combustible, garantizando que se mantenga una presión adecuada en el sistema de combustible.

3. *Relés y Distribución Eléctrica.*

Los relés juegan un papel importante en la conmutación de grandes cargas de corriente con pequeñas señales de control. Algunos de los relés que se muestran en el diagrama incluyen:

- Fuel Relay: Este relé controla el suministro de energía a la bomba de combustible. La ECU lo activa cuando detecta que el motor debe recibir combustible.
- Heater Relay: Controla el calentador de aire de admisión, esencial para los arranques en frío.

El diagrama también muestra la distribución de corriente, con varios puntos de conexión marcados como “Hot at All Times” y “Joint Connector”, que distribuyen la energía a diferentes módulos y sensores en el sistema.

4. *Sistema de Sensores*

- Sensor de presión de combustible: Mide la presión en el riel de combustible, y esta información es utilizada por la ECU para ajustar la presión de inyección y garantizar una combustión eficiente.
- Sensor de temperatura del refrigerante (Coolant Temperature Sensor): Mide la temperatura del líquido refrigerante para que la ECU pueda ajustar los tiempos de encendido, la mezcla de combustible y activar o desactivar el ventilador de enfriamiento.
- Sensores del escape: Como los sensores de oxígeno (O₂), que son críticos para monitorear la cantidad de oxígeno en los gases de escape, permitiendo a la ECU ajustar la mezcla de aire/combustible en tiempo real.

5. *Actuadores del Motor.*

- Bomba de inyección de combustible: Este componente envía combustible a alta presión a los inyectores. La ECU regula cuándo y cómo funciona la bomba en función de la demanda del motor.

- Válvula de control de aire: Controla el flujo de aire en el motor, ajustando la cantidad de aire que entra al colector de admisión. Esto es importante para el control del ralentí del motor y para situaciones de aceleración repentina.

6. *Sistema de Control de Crucero (Cruise Control)*

El diagrama incluye también el cableado para el sistema de control de crucero. Este sistema recibe información de varios sensores, como la velocidad del vehículo, para mantener una velocidad constante sin intervención del conductor.

Está conectado a través de un Cruise Control System Relay, que permite que la ECU tome control del acelerador y otros sistemas del motor para mantener la velocidad.

7. *Cableado y Colores*

El color de los cables facilita la identificación de cada uno de los circuitos y la localización de posibles fallos durante el diagnóstico (Post, 2024). Algunos colores comunes en el diagrama son:

- Amarillo/azul: Usado para sensores como el sensor de velocidad del vehículo.
- Verde/negro: Usado para sistemas de alimentación como la bomba de combustible.
- Rojo/blanco: Utilizado para sistemas críticos que están conectados a la batería o relés principales.

8. *Conexión a Masa (Grounding)*

El sistema de tierra (ground) es fundamental para completar el circuito eléctrico. La mayoría de los sensores y actuadores tienen conexiones de tierra específicas (marcadas como “Ground” o “G115” en el diagrama). Un buen sistema de tierra asegura que no haya sobrecargas eléctricas o mal funcionamiento de los componentes electrónicos.

9. *Sistema de Diagnóstico*

Aunque no está explícitamente representado en el diagrama, la ECU está preparada para diagnosticar fallas en todos estos sistemas. Si algún sensor o actuador presenta un problema, la ECU puede almacenar un código de error que puede ser leído con un equipo de diagnóstico para identificar la falla.

Este diagrama es un esquema bastante completo del sistema de gestión del motor y está compuesto por todos los elementos esenciales para el control y monitoreo del rendimiento del motor. La ECU recibe datos en tiempo real de los sensores, toma decisiones y envía comandos a los actuadores para ajustar la mezcla de aire/combustible, el tiempo de encendido, la presión del combustible, entre otros parámetros. Además, todos estos componentes están interconectados a través de relés y fusibles para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema.

Evidencia de Conexión/Armado de CPU.

Para realizar las conexiones del cuerpo de aceleración, el sensor de posición del pedal del acelerador (APP) (Figura 21), el sensor de posición del cigüeñal (CKP) (Figura 22) y el sensor de posición del árbol de levas (CMP) hacia la computadora del vehículo (PCM), se utilizaron cables de protoboard, los cuales permitieron establecer un circuito funcional y ordenado. A continuación, se describe el proceso llevado a cabo para conectar cada uno de estos componentes:

1. **Cuerpo de aceleración:** El cuerpo de aceleración cuenta con diversos pines que envían y reciben señales a la PCM. Se conectaron los pines correspondientes del cuerpo de aceleración a la PCM mediante cables de protoboard, asegurándose de identificar las entradas y salidas correctas en el diagrama. De esta forma, las señales relacionadas con el control de la apertura de la mariposa se transmiten directamente a la computadora, permitiendo ajustar la mezcla de aire-combustible según las demandas del motor.
2. **Sensor de posición del pedal del acelerador (APP):** El APP esta encargado de monitorear la posición del pedal y enviar esta información a la PCM para que ajuste el cuerpo de aceleración en función de la presión que ejerce el conductor sobre el pedal. Para su conexión, se emplearon cables de protoboard que van desde los terminales del APP hasta las entradas específicas en la PCM, tal como se muestra en el diagrama. Esto asegura que la computadora reciba los datos en tiempo real y procese la señal de manera adecuada para gestionar el sistema de aceleración electrónico.

3. **Sensor de posición del cigüeñal (CKP):** El CKP mide la velocidad y posición del cigüeñal, datos esenciales para la sincronización del encendido y la inyección de combustible. En este caso, se realizó la conexión de los pines del CKP a las correspondientes entradas de la PCM mediante cables de protoboard, siguiendo las indicaciones del diagrama eléctrico. Esta conexión garantiza que la computadora reciba la señal del sensor, lo que le permite calcular el momento exacto para activar el encendido y los inyectores.

4. **Sensor de posición del árbol de levas (CMP):** El CMP proporciona información sobre la posición del árbol de levas, fundamental para la sincronización con el CKP y la correcta inyección de combustible en los cilindros. Al igual que con los otros sensores, los cables de protoboard se utilizaron para conectar los terminales del CMP con la PCM. Esta conexión es vital para la sincronización precisa entre el árbol de levas y el cigüeñal, asegurando que la computadora controle el tiempo de inyección y encendido con precisión.

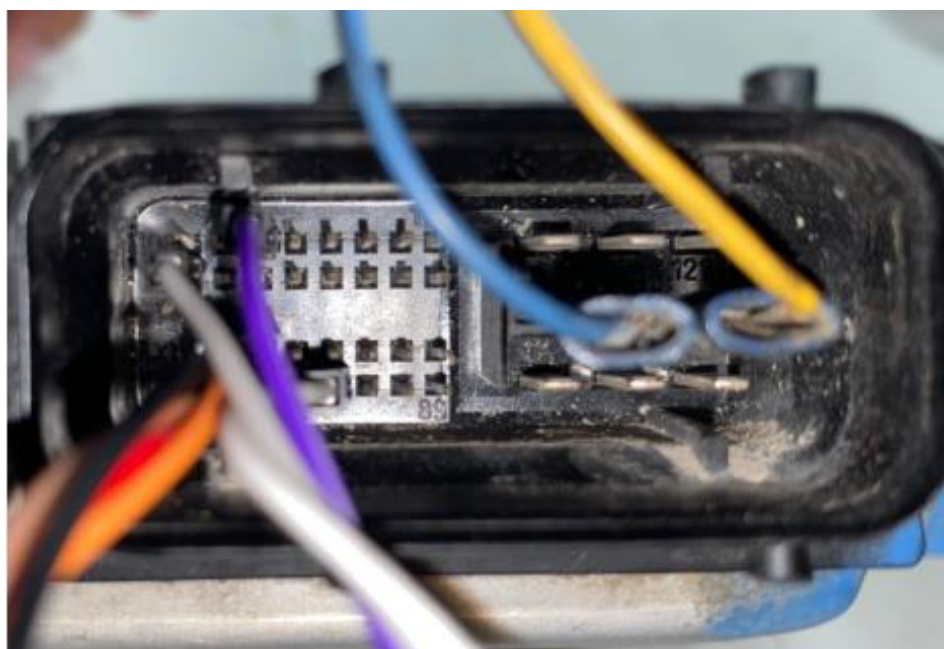


Figura 21 – Conexión del APP y el Cuerpo de Aceleración..

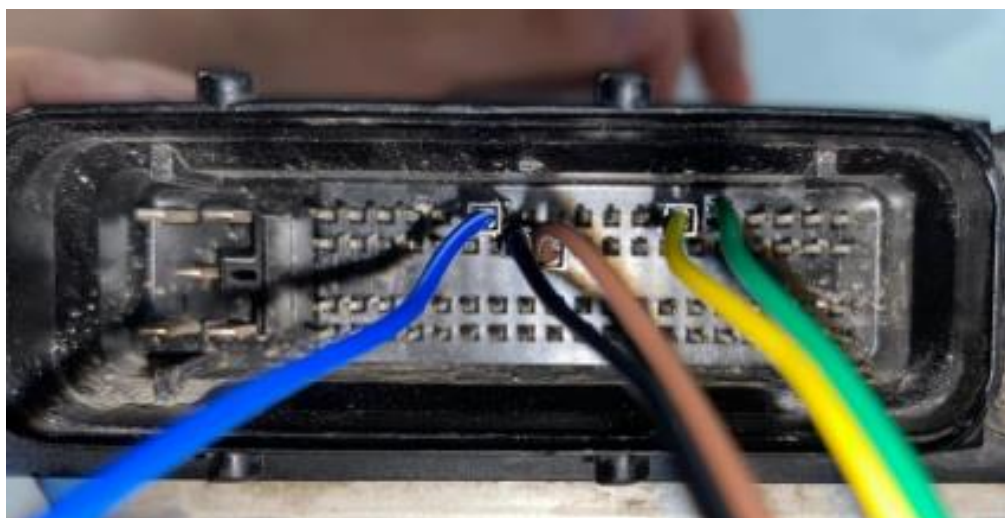


Figura 22 – Conexión de los sensores CKP y CMP.

En un motor de un Seat Ibiza 2004, la conexión de los sensores TPS (Throttle Position Sensor) y MAP (Manifold Absolute Pressure) al PCM (Powertrain Control Module) sigue un esquema general, pero puede variar ligeramente dependiendo de la versión específica del motor.

Conexión del TPS.

El TPS se conecta generalmente a tres cables:

1. Vcc (Alimentación): Proporciona el voltaje de referencia (generalmente 5V) para el sensor. Este cable se conecta a una fuente de voltaje positivo proveniente de la ECU.
2. Signal (Señal): Este es el cable que transmite la información del sensor de la posición del acelerador a la ECU. La señal generalmente varía entre 0.5V y 4.5V dependiendo de la apertura del acelerador.
3. Ground (Tierra): Conecta a la tierra del sistema para cerrar el circuito.

Conexión del MAP-

El MAP se conecta generalmente a tres cables:

1. Vcc (Alimentación): Similar al TPS, el MAP recibe una señal de voltaje de referencia de 5V para funcionar.

2. Signal (Señal): Este cable lleva la señal de presión del colector de admisión al PCM.

La señal varía dependiendo de la presión en el sistema de admisión (vacío o presión).

3. Ground (Tierra): Al igual que el TPS, este cable conecta el sensor a la tierra del sistema para cerrar el circuito.

La conexión con la ECU/PCM es de importancia debida a que ambos sensores envían sus señales al PCM, que las procesa para ajustar la mezcla de aire y combustible y controlar el funcionamiento del motor. El PCM utiliza la información del TPS para determinar la carga del motor y la del MAP para controlar la presión de admisión, lo que ayuda en la gestión del sistema de inyección y el encendido.

Bibliografía.

1. Noroña, M., & Gómez, M. (2019). Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión. *Enfoque UTE*, 10(1), 117-127.
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.350>
2. Rodríguez, J. A. R. (2019). ANÁLISIS ELECTRÓNICO DE UNA UNIDAD DE CONTROL DE MOTOR (ECU) FORD-WV TIPO EEC-IV. *INGENIERÍA Ciencia Tecnología E Innovación*, 6(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v6i1.1079>
3. Efraín, O. F. E. (2021, 1 noviembre). Recolección, análisis y envío de datos de la Unidad de Control de Motor (ECU) a bordo de un vehículo para monitoreo a través de una aplicación móvil. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21348>
4. Guilcamaigua-Tarco, M. Á., Suntaxi-Suntaxi, V. G., Lema-Parra, E. F., & MaldonadoPáez, F. E. (2023). Actualidad de la unidad de control del motor. *Avances y funcionalidad*. www.journalingeniar.org. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0113>
5. Alfredo, G. C. L. (2023, 1 abril). Estudio de la señal del sensor de oxígeno y de los ajustes de combustible de corto y largo plazo debido a la influencia de las operaciones de conducción basados en arquitecturas de aprendizaje autónomo.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24763>
6. Nolasco, M. y C., & Automotriz, M. (2023, 29 marzo). Análisis del flujo de aire en el sistema de admisión de un vehículo.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13871>

7. Nolasco, M. y. C., & Automotriz, M. (2023b, marzo 29). Análisis del flujo de aire en el sistema de admisión de un vehículo.

<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1387>

8. *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM* | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | *gob.mx*. (n.d.). Gobierno de México. Retrieved September 27, 2024, from <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterio-inem>

9. *México | Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y acciones de mitigación y adaptación*. (n.d.). BBVA Research. Retrieved September 27, 2024, from <https://www.bbvarsearch.com/publicaciones/mexico-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-y-acciones-de-mitigacion-y-adaptacion/>

10. Weis, O. (n.d.). *Conectores OBD2 explicados. Conectores de las principales marcas de automóviles*. FlexiHub. Retrieved September 27, 2024, from <https://www.flexihub.com/es/oobd2-pinout/#volkswagen>

11. Post, H. (2024, julio 30). TradeSafe. Una guía para principiantes sobre códigos de colores de cableado. Retrieved octubre 18, 2024, from https://trdsf.com/es/blogs/news/una-guia-para-principiantes-sobre-codigos-de-colores-de-cableado?srsltid=AfmBOoqAKNU0dOR-TMdNOEfr0LsDdfkiSqs7_nkXSQSIk9E3PunKV-5N