

REPARACIÓN E INVESTIGACIÓN SOBRE EL MOTOR DE COMBUSTIÓN  
INTERNA DE GASOLINA 1.4 TSI (CAVE/CTHE)



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Nombre y apellidos del autor: Eduardo Goicoechea Dévora

Nombre y apellidos del director/es: José Carlos Urroz

Pamplona, 22 de Mayo de 2015

## RESUMEN

Para la consecución de este trabajo fin de grado fue necesario, en primer lugar, realizar una revisión bibliográfica con la que adquirir unos conocimientos previos del motor que se iba a estudiar y posteriormente poner a punto. Una vez adquiridos estos conocimientos se continuó con la señalización de todos los sensores y actuadores así como con la realización de un esquema eléctrico para tener todos los elementos localizados.

Posteriormente se solucionaron los problemas que presentaba el motor, excepto los errores relacionados con la falta de componentes, y se recogieron los datos más importantes a diferentes regímenes.

Una vez terminado con el motor del bastidor se procedió a la instalación de los diferentes componentes necesarios para la puesta en marcha del VW Polo GTI completo y se recogieron los mismos datos que al motor de la bancada a los mismos regímenes.

Para finalizar con el trabajo, se realizó una comparación de los resultados obtenidos de ambas mecánicas y se analizaron tanto las posibles diferencias como problemas que pudieran tener cada uno de los dos motores.

## PALABRAS CLAVE

Sensor, actuador, sobrealimentación, compresor, EsiTronic, CAVE, CTHE, Can-Bus, Polo GTI A05, Vas 5052A, Göpel Electronics, Basic Can 61 PLUS.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
HISTORIA DEL VOLKSWAGEN POLO [1].....	6
1ª Generación (1975-1981) .....	6
2ª Generación (1981-1994) .....	6
3ª Generación (1994-2002) .....	7
4ª Generación (2002-2010) .....	8
5ª Generación (2010-actualidad) .....	8
POLO GTI A05 MOTOR CAVE 1.4 TSI.....	9
<i>Mecánica del motor</i> .....	9
Bloque motor.....	9
Cigüeñal .....	10
Pistones.....	10
Válvulas [2] .....	10
Bomba de combustible de alta presión.....	10
Distribución variable .....	10
Doble sistema de sobrealimentación (Compresor y Turbocompresor) .....	10
<i>Gestión del motor</i> .....	12
Unidad de control del motor J623.....	12
Otros elementos.....	12
PROYECTO GLOBAL .....	13
SITUACIÓN DEL PROYECTO GLOBAL ANTES DE MI TRABAJO .....	14
OBJETIVO DE MI TRABAJO FIN DE GRADO.....	14
<b>MEMORIA.....</b>	<b>15</b>
ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN DE TODOS LOS SENSORES Y ACTUADORES .....	15
<i>Sensores [8]</i> .....	15
Sensor de presión en el colector de admisión G71 con sensor de temperatura del aire aspirado G42 .....	15

Sensor de presión en el colector de admisión (compresor) G583 con sensor de temperatura del aire aspirado G520 .....	15
Sensor de presión de sobrealimentación G31 con sensor de temperatura del aire aspirado 2 G299.....	15
Sensor Hall G40 .....	16
sensor de ángulo para mando de la mariposa G187 y G188.....	16
Potenciómetro para mariposa de regulación G584.....	16
Sensor de posición del pedal acelerador G79 y G185 .....	16
Sensor de presión del combustible G247.....	16
Sensor de temperatura del líquido refrigerante G62 .....	16
Sensor de temperatura del líquido refrigerante a la salida del radiador G83 .....	17
Sonda lambda G39 con calefacción de sonda lambda Z19 y Sonda lambda postcatalizador G130 con calefacción de sonda lambda Z29.....	17
Sensor de presión para servofreno G294.....	17
<b>Actuadores [9] .....</b>	<b>17</b>
Bobinas de encendido 1 - 4 denominadas N70, N127, N291, N292 .....	17
Unidad de mando de la mariposa de estrangulación J338.....	17
Unidad de mando de la mariposa de regulación J808 con servomotor para reglaje de la mariposa de regulación V380.....	17
Válvula para reglaje de distribución variable N205 .....	17
Electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación N75.....	18
Válvula de recirculación de aire para turbocompresor N249 .....	18
Acoplamiento electromagnético para compresor N421 .....	18
Inyectores de alta presión N30, N31, N32 y N33 .....	18
Válvula reguladora de la presión del combustible N276.....	18
Electroválvula para depósito de carbón activo N80 .....	19
Bomba para circulación de líquido refrigerante V50.....	19
<b>TRADUCCIÓN Y COMPROBACIÓN DEL ESQUEMA ELÉCTRICO COMPLETO DEL MOTOR .....</b>	<b>19</b>
<b>FAMILIARIZACIÓN, RECOGIDA DE DATOS Y RESOLUCIÓN DEL MAYOR NÚMERO DE ERRORES POSIBLES CON ESITRONIC 2.0 .....</b>	<b>21</b>
<b>FAMILIARIZACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL MAYOR NUMERO DE ERRORES POSIBLES CON VAS 5052 A.....</b>	<b>26</b>
<b>¿QUÉ ES CAN-BUS?.....</b>	<b>32</b>

BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN PARA LA CREACIÓN DE SEÑALES DIGITALES Y SU INTRODUCCIÓN EN EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CAN BUS .....	35
RECOGIDA DE DATOS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS .....	36
OPINIÓN PERSONAL.....	47
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>48</b>
REFERENCIAS LINKOGRAFÍAS.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	48
LISTA DE FIGURAS.....	49
LISTA DE GRÁFICOS .....	49
LISTA DE DIAGNOSIS .....	49
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.....	49
ANEXOS .....	50

## INTRODUCCIÓN

El modelo de automóvil del que se va a tratar en este trabajo es un Volkswagen Polo de la quinta generación. El Volkswagen Polo es un automóvil de turismo del segmento B de cinco plazas con motor delantero transversal y tracción delantera, que tiene como principales rivales al Fiat Punto, al Ford Fiesta, al Opel Corsa y al Renault Clio.

Se trata de un modelo muy importante para la económica de la Comunidad Foral de Navarra ya que en su mayoría son producidos aquí. Además tiene gran solera dentro de la marca germana y por ello creo que se deben conocer sus características e historia.

### HISTORIA DEL VOLKSWAGEN POLO [1]

#### 1ª GENERACIÓN (1975-1981)

Esta generación con código de fabricación *Tipo 86* era básicamente una versión económica del Audi 50. Se ofrecía con carrocerías de tres puertas y sedán de dos puertas.

Sus motorizaciones comenzaban con un motor de 800cc y 34cv hasta el más potente de 1.3 litros y 60 cv.



ILUSTRACIÓN 1: POLO TIPO 86

#### 2ª GENERACIÓN (1981-1994)

Este Polo denominado *Tipo 86C* tenía dos modelos hatchback<sup>1</sup> de tres puertas, uno con la luneta trasera tumbada ("Polo Coupé") y otra con la luneta totalmente vertical ("Polo Wagon"). La otra opción era el "Polo Sedan" o "Polo Classic". Debido a la larga duración del modelo, se creó un restyling denominado 86C2 más modernizado y con líneas más redondeadas.

---

<sup>1</sup> Tipo de automóvil que consiste en una cabina o área para pasajeros con un espacio de carga o maletero integrado, al cual se tiene acceso mediante un portón trasero.

La gama de motores incluía diesel y gasolina y había varias opciones con tecnologías pioneras en aquellos tiempos, como el sistema de 1.3 litros e inyección de gasolina. Además había un Polo con compresor tipo G (muy empleado por la marca germana a finales de los 80 y los 90) que desarrollaba 115 cv de potencia.



ILUSTRACIÓN 3: POLO 86C "COUPE"



ILUSTRACIÓN 2: POLO 86C2 "COUPE"

### 3ª GENERACIÓN (1994-2002)

La tercera generación del Polo o Polo 6N se ofrecía con carrocerías hatchback de tres y cinco puertas, sedán de cuatro puertas y familiar de cinco puertas ("Polo Variant").

Sus motorizaciones oscilaban entre los 40cv a los 125cv en gasolina y de los 60 a los 110cv en los diesel. Esta generación también tuvo un restyling<sup>2</sup>(6N2), donde apareció el primer Polo GTI de la historia, con el motor de 125cv anteriormente mencionado y un cubicaje de 1600cc.



ILUSTRACIÓN 5: POLO 6N



ILUSTRACIÓN 4: POLO 6N2 GTI

<sup>2</sup> Rediseño de un modelo de coche incluyendo pequeños cambios.

#### 4ª GENERACIÓN (2002-2010)

Esta generación denominada 9N comparte chasis con el SEAT Ibiza y el Škoda Fabia. Esto es debido a que las tres marcas pertenecen al mismo grupo automovilístico, el grupo V.A.G. Sólo se comercializó con la carrocería hatchback con 3 o 5 puertas y su restyling se denominó 9N3.

Su rango de potencia oscilaba de los 55cv del motor 1.2 litros de gasolina al 1.8 litros sobrealimentado de 180cv. Este último se montó en una edición especial denominada Polo Cup. El más potente de producción era el GTI<sup>3</sup> con el mismo motor que el Cup pero de 150cv.



ILUSTRACIÓN 6: POLO 9N



ILUSTRACIÓN 7: POLO 9N3 GTI

#### 5ª GENERACIÓN (2010-ACTUALIDAD)

La quinta generación del Polo es la última fabricada hasta el momento. El bastidor es el mismo del SEAT Ibiza IV, del Škoda Fabia II y del Audi A1. Es el más grande del resto de generaciones, con 3.970 mm de longitud total, un ancho de 1.682 mm, una altura de 1.485 mm, y una distancia entre ejes de 2.470 mm.

En total hay siete diferentes motorizaciones para el Polo A05, con potencias entre 60 y 178cv correspondientes al GTI 1.4 TSI con doble sistema de sobrealimentación. Además este polo es el primero en montar una caja automática DSG. Hace pocos meses se ha presentado el restyling del A05, denominado A05 GP el cual es realmente difícil de diferenciar respecto a su predecesor ya que las diferencias entre ellos son mínimas.



ILUSTRACIÓN 8: POLO A05 GTI



ILUSTRACIÓN 9: POLO A05 GP

<sup>3</sup> Siglas que significan Gran Turismo Inyección.



## POLO GTI A05 MOTOR CAVE 1.4 TSI

El motor TSI 1.4 litros es mundialmente el primer motor con inyección directa de gasolina y sobrealimentación doble. Su complejidad es elevada y su nivel de innovación también, por lo que supone un gran reto para mí. Su ventaja comparada con motores de cilindrada parecida es que desarrolla una potencia mayor con un consumo mucho menor y mayor eficiencia.

La mejor forma de entender la diferencia de este motor respecto a sus rivales es tener en cuenta que tiene 178cv de potencia con un consumo combinado aproximado de unos 6 l/100 kms, o lo que es lo mismo el consumo de un motor atmosférico<sup>4</sup> con una potencia de un coche turboalimentado.

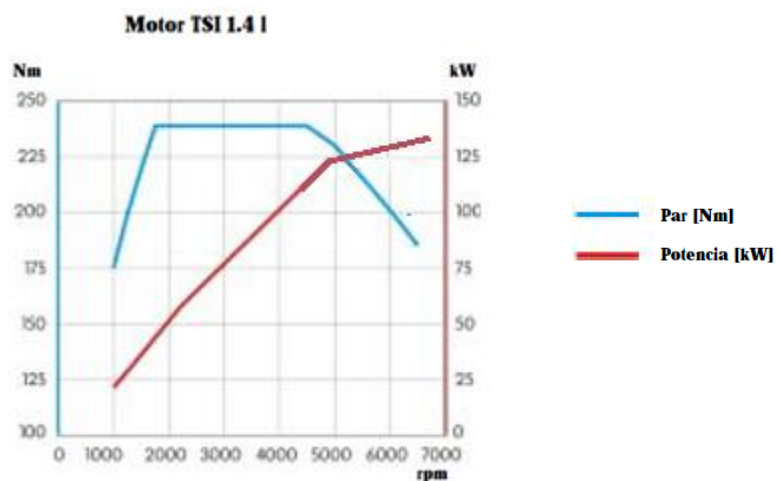


GRÁFICO 1: DIAGRAMA DE PAR-POTENCIA MOTOR 1.4 TSI (CAVE)

Además de la potencia, como podemos ver en la gráfica superior, el par motor que se logra es muy considerable y lineal desde 1800rpm hasta 4500 rpm, pese al pequeño tamaño de esta mecánica.

A continuación se va a explicar los detalles más característicos de este motor, divididos en la mecánica propiamente dicha y en su gestión:

### MECÁNICA DEL MOTOR

#### BLOQUE MOTOR

Se compone de la mezcla de fundición gris con grafito laminar que asegura una gran fiabilidad pese a las grandes presiones que se producen en la cámara de combustión. Las camisas son de tipo húmedas, por lo que la evacuación de calor se realiza de manera más eficiente.

---

<sup>4</sup> Vehículo sin turbo ni ningún otro sistema de sobrealimentación

### CIGÜEÑAL

El cigüeñal es una versión modificada del que usa el motor 1.4 FSI<sup>5</sup> de la marca alemana. Debido a sus requerimientos, en este caso es una versión forjada de acero con una mayor rigidez.

### PISTONES

Los pistones son de una fundición a presión de aluminio. En la cabeza se encuentra integrada la cámara de combustión, la cual en lugar de ser plana o de bañera, tiene unas formas determinadas para fomentar el flujo de aire y la turbulencia para que la mezcla se realice de manera adecuada.

### VÁLVULAS [2]

Debido a las altas temperaturas los vástagos de las válvulas son huecos, y en su interior se ha introducido sodio el cual evacua el calor a otros componentes evitando el sobrecalentamiento.

### BOMBA DE COMBUSTIBLE DE ALTA PRESIÓN

Esta bomba se encuentra situada en la parte superior de la culata y puede llegar a alcanzar 150 bares de presión. Es accionada por una leva doble que gira solidaria a árbol de levas. Estas presiones no son frecuentes en coches de gasolina pero gracias a ello se logra una mejor mezcla aire-combustible y un mayor rendimiento.

### DISTRIBUCIÓN VARIABLE

Sólo se produce en el árbol de levas de admisión y puede llegar a producir una variación de 40 grados de avance. Gracias a ello se logra un mayor par y una entrega más lineal de potencia.

### DOBLE SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN (COMPRESOR Y TURBOCOMPRESOR)

Junto con la bomba de combustible de alta, el sistema de doble carga son las verdaderas claves en el aspecto mecánico de este vehículo.

- Turbocompresor: Turbina accionada permanentemente por los gases de escape. Produce una mayor potencia a altas revoluciones pero resta par al motor a bajas vueltas
- Compresor: Sobrealimentador mecánico que es accionado por medio de una acoplamiento magnético y una polea según interese. Este acoplamiento tiene regulación y puede llegar a producir hasta 1.75 bares a 17500 revoluciones del compresor.

---

<sup>5</sup> Motor atmosférico de 66Kw de potencia

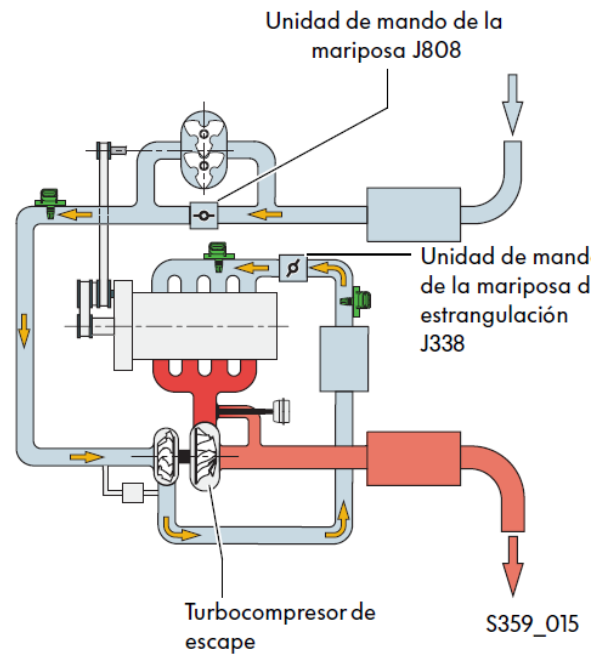


FIGURA 1: SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE DEL MOTOR 1.4 TSI (CAVE)

Según los requisitos que demande el conductor y las condiciones de rodaje, el módulo de motor debe mandar actuar a compresor y al turbo de manera diferente. Hay 3 rangos diferentes de funcionamiento según la velocidad de giro del cigüeñal:

- ❖ Rango de sobrealimentación permanente del compresor: El compresor está en funcionamiento continuo desde ralentí hasta las 2400 rpm. La presión del compresor es regulada por la mariposa J808 y así se consigue un mayor par a bajas vueltas
- ❖ Rango de sobrealimentación del compresor en función de las necesidades: Esta comprendido entre las 2400y las 3500 rpm y el compresor sólo se activa en caso de que sea demandada una entrega de potencia repentina. Gracias al compresor evitamos el turbo lag<sup>6</sup>.
- ❖ Rango de sobrealimentación por medio de turbocompresor: A partir de las 3500 rpm no hace falta en ninguna circunstancia el compresor, ya que la inercia de los gases es lo suficientemente importante como para poder mover la turbina sin necesidad de sistemas complementarios. La N75 (mas adelante se hablará de ella) se encarga de “puentear” los gases de escape a partir de un régimen de giro determinado para evitar que el turbo sobrepase las revoluciones máximas.

<sup>6</sup> Pérdida de potencia repentina producida en los coches turboalimentados hasta que el turbocompresor alcanza las revoluciones necesarias.

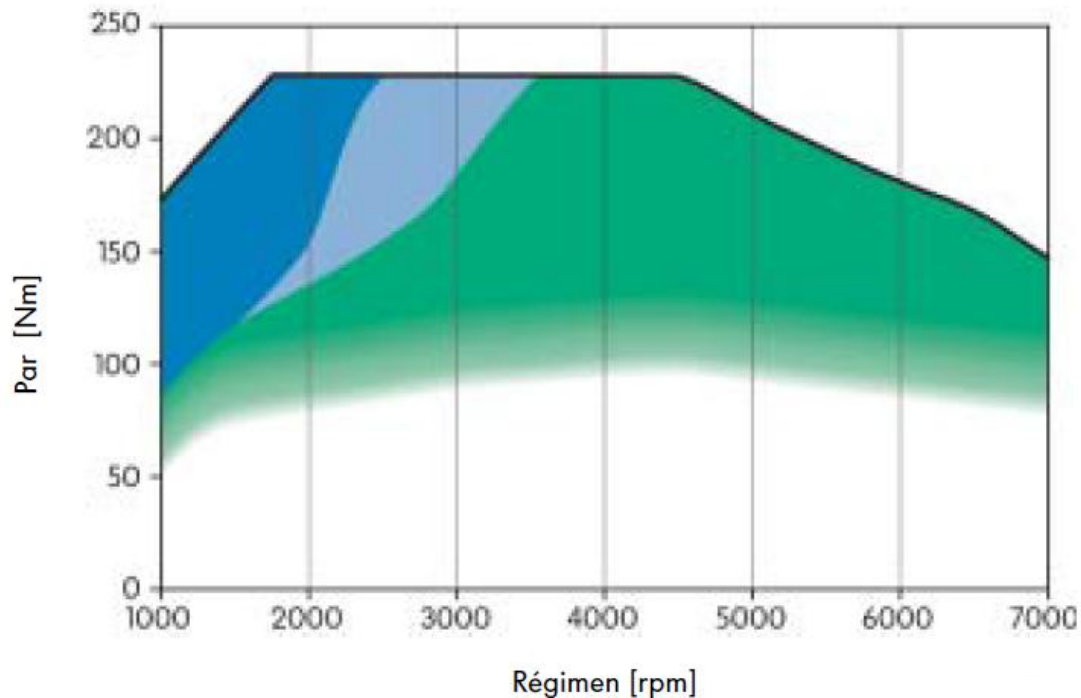


GRÁFICO 2: CAMPO DE ACCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SOBREALIMENTACIÓN

### GESTIÓN DEL MOTOR

Esta es la parte realmente complicada del Polo GTI. Los componentes mecánicos, pese ser de una gran calidad y precisión son prácticamente iguales a las de cualquier otro motor con similares características, pero el número de sensores y actuadores que tiene este vehículo para que todo funcione de manera más eficiente y precisa si que son realmente innovadores y de una gran complicación.

#### UNIDAD DE CONTROL DEL MOTOR J623

La unidad de control del motor se monta centrada en la caja de aguas. La gestión del motor es la Bosch Motronic<sup>7</sup> MED 9.5.10. Prácticamente es la misma que monta el motor 1.6 FSI pero con funciones adicionales. Es el cerebro que recibe información de los sensores y manda a los actuadores.

Además tiene en su cara superior una abertura con un elemento plástico que sale de la carcasa de aluminio. Éste elemento es el sensor de presión exterior que va acoplada directamente en la centralita.

#### OTROS ELEMENTOS

Para mejorar la gestión del motor y evitar fallos éste vehículo está provisto de un gran número de sensores. Estos se encargan de recoger información sobre temperaturas, presiones, voltajes, etc, para enviársela a la unidad de control. La gran mayoría están colocados por duplicado, o lo que es lo mismo, cada señal está comprobada a su vez

<sup>7</sup> Motronic: Sistema de gestión electrónica para centralitas patentado por Bosch.

por otro sensor para evitar errores y poder seguir funcionando pese a que algún sensor se rompa.

Ésta característica me ha complicado en muchas ocasiones mi labor de estudio, ya que aunque “engañara” a algún sensor, muchas veces el módulo J623 lo detectaba debido a que otro sensor con la misma función daba un valor diferente.

Más adelante, en el apartado de estudio y localización de componentes, se explicaran detalladamente las funciones de cada uno de los sensores.

Por el contrario los actuadores controlan los diferentes elementos del motor ordenados por la centralita J623. La señal entre los actuadores y el modulo es analógico, por tanto por medio de un polímetro convencional se puede determinar la señal enviada a tiempo real.

Más adelante, en el apartado de estudio y localización de componentes, se explicaran detalladamente las funciones de cada uno de los actuadores.

## PROYECTO GLOBAL

La Universidad Pública de de Navarra, y en concreto el departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales, lleva varios años desarrollando proyectos de transformación y estudio de motores de combustión de gasolina a hidrógeno. El último gran proyecto se desarrolló gracias a la donación por parte de la marca alemana Volkswagen de un Polo 9N 1.4 16 válvulas atmosférico.

Tras varios proyectos realizados por estudiantes de la UPNA se llegó a lograr una transformación total, haciendo que el coche pudiera funcionar con ambos combustibles. Además tuvo una gran repercusión a nivel internacional ya que, apretando un simple botón, el motor cambiaba de sistema de alimentación.



ILUSTRACIÓN 10: PRUEBAS DEL VEHÍCULO BICOMBUSTIBLE HIDRÓGENO-GASOLINA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA. 17 DE DICIEMBRE DE 2010. [3]

Éste motor rendía 75cv con gasolina como combustible y era un motor relativamente sencillo y fácil de estudiar y modificar. El mayor inconveniente residía en que al emplear hidrógeno como combustible, la potencia se reduce un 45%, quedándose en unos 40 cv aproximadamente.

Esa potencia era muy limitada y aprovechando el lanzamiento del Polo A05 GTI la UPNA pidió a la Volkswagen un motor y un vehículo completo. Éste modelo alcanza los 178 cv con gasolina, o lo que es lo mismo, se podrían obtener unos 100 cv por medio del hidrógeno. Afortunadamente y viendo el gran éxito con el modelo anterior la fábrica alemana accedió a la petición propuesta por la universidad.

El propósito de éste ambicioso proyecto reside en conseguir lo mismo que con el Polo anterior: transformar el coche para que pueda funcionar con ambos combustibles y más tarde estudiarlo y perfeccionarlo, pero para ello se necesitaran de muchos Trabajos Fin de Grado realizados por los estudiantes.

## **SITUACIÓN DEL PROYECTO GLOBAL ANTES DE MI TRABAJO**

Dentro del proyecto global, yo soy el segundo estudiante que participa en su desarrollo. Previamente otro alumno de la universidad se había encargado de la puesta en marcha sobre bastidor del motor.

Cuando el motor llegó al taller sólo estaba compuesto por los elementos mecánicos fundamentales (bloque motor completo, culata completa, sistema de admisión y escape), pero faltaban elementos auxiliares y el sistema eléctrico. Tres meses más tarde fueron recibidos el resto de los elementos, pero debido a los cambios continuos producidos en la cadena de montaje, había elementos que, o bien faltaban, o no eran los adecuados.

El estudiante de Ingeniería Industrial Mecánica logró su propósito de arrancar el motor, pero éste tenía un gran número de fallos y su funcionamiento no era del todo correcto.

## **OBJETIVO DE MI TRABAJO FIN DE GRADO**

Debido a mi formación previa de Grado Superior de Automoción y a mis conocimientos adquiridos durante la Ingeniería mi tutor consideró que yo sería un buen candidato para la realización de éste Trabajo Fin De Grado.

Mi propósito ha sido solucionar el máximo número de fallos detectados por la centralita de motor teniendo en cuenta el material del que disponíamos. Más adelante estudié el motor y lo comparé con el Polo A05 GTI que está completo y sin modificar.

## MEMORIA

### ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN DE TODOS LOS SENSORES Y ACTUADORES

El primer paso para comenzar con este trabajo era el de recopilar información y estudiar este motor. Es una mecánica muy novedosa y es difícil encontrar información fiable ya que como ocurre con todas las fábricas de automóviles, VW procura no desvelar mucha información acerca de sus productos. Afortunadamente nos cedieron un sistema de diagnóstico y un libro del programa autodidáctico que ellos utilizan para formar a sus empleados.

En este libro [2] se explican todos los sensores y actuadores principales en la gestión de motor del vehículo, pero yo debía ser capaz de localizarlos en el motor para comprobar que no faltaba ninguno de ellos.

### SENSORES [8]

#### SENSOR DE PRESIÓN EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN G71 CON SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE ASPIRADO G42

Sensor con función doble que se encuentra atornillado en el tubo de plástico de admisión. Gracias a este sensor y junto a los valores recogidos por otros sensores la unidad de control calcula la masa de aire aspirada. En caso de error el vehículo funcionara con normalidad, ya que puede calcular la masa de aire por medio de otros sensores.

#### SENSOR DE PRESIÓN EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN (COMPRESOR) G583 CON SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE ASPIRADO G520

Sensor con función doble que se encuentra atornillado en el tubo de plástico de admisión detrás de la unidad de control del actuador J808. Gracias a este sensor se puede controlar la chapaleta reguladora del compresor. En caso de error no es posible el funcionamiento del compresor, haciendo que el vehículo trabaje en servicio de reemplazo<sup>8</sup>.

#### SENSOR DE PRESIÓN DE SOBREALIMENTACIÓN G31 CON SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE ASPIRADO 2 G299

Sensor con función doble que se encuentra atornillado en el tubo de plástico de sobrealimentación. Se emplea ésta señal para regular la presión suministrada por el turbocompresor, gestionando para ello la electroválvula limitadora de la presión (N75). En caso de fallo el vehículo funcionara con normalidad, ya que podrá tener la información necesaria usando otros sensores.

---

<sup>8</sup> Modo de funcionamiento del motor producido al detectar algún problema en el que entrega menos potencia para evitar posibles mayores roturas.

#### SENSOR HALL G40

Se encuentra atornillado en la tapa de balancines justo encima del árbol de levas de admisión en el lado contrario a la distribución. El árbol de levas de admisión tiene 4 dientes en su parte final los cuales crean una variación del campo magnético el cual es detectado por el sensor. Sirva para poder saber las rpm, el momento de PMS<sup>9</sup> del cilindro 1 y la situación del árbol en todo momento. En caso de fallo el motor funciona, pero se pierde la función de distribución variable.

#### SENSOR DE ÁNGULO PARA MANDO DE LA MARIPOSA G187 Y G188

Se encuentra en el conjunto de la mariposa de admisión principal. Tiene dos sensores para ser más eficiente y seguro en la medición ya que es una señal de vital importancia en el funcionamiento del motor. En el caso en el que ambos sensores se rompieran se limita el funcionamiento hasta 1500 rpm.

#### POTENCIÓMETRO PARA MARIPOSA DE REGULACIÓN G584

Va instalado en el conjunto de la mariposa de regulación de caudal de entrada al compresor, justo detrás del filtro de aire. Detecta la posición de la mariposa en cada momento y en caso de fallo hace que ésta quede totalmente abierta haciendo que el compresor no trabaje.

#### SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL ACELERADOR G79 Y G185

Se encuentran en el pedal del acelerador y es sensor doble por motivos de seguridad y comprobación de medida. No son sensores de contacto, sino inductivos, y en caso de fallo de ambos sensores el coche sólo funciona en ralentí acelerado (1500rpm) sin hacer caso a las señales del acelerador.

#### SENSOR DE PRESIÓN DEL COMBUSTIBLE G247

Su situación es en la parte inferior del colector de admisión y va atornillado al circuito de alta presión de combustible (tipo Rail). Si los valores registrados son excesivamente altos la electroválvula N276 se abrirá para hacer que esta presión descienda. En caso de fallo del sensor la electroválvula anteriormente mencionada quedara abierta.

#### SENSOR DE TEMPERATURA DEL LÍQUIDO REFRIGERANTE G62

Es uno de los elementos que no se encuentran en el motor, y por tanto se ha tenido que "falsear" la señal para que el coche no registrara fallo. Se encuentra en la caja de distribución de anticongelante y mide su temperatura. En caso de error el motor tiene otros sensores con los que poder conseguir esa información.

---

<sup>9</sup> Punto Muerto Superior



### SENSOR DE TEMPERATURA DEL LÍQUIDO REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL RADIADOR G83

Tampoco se encuentra instalado en el motor y también ha sido falseada la señal. Su función es la de regular cuando debe comenzar a funcionar el electro ventilador y su velocidad. Si falla el modulo de control utiliza la señal del sensor G63.

### SONDA LAMBDA G39 CON CALEFACCIÓN DE SONDA LAMBDA Z19 Y SONDA LAMBDA POSTCATALIZADOR G130 CON CALEFACCIÓN DE SONDA LAMBDA Z29

Sus funciones son prácticamente las mismas, sólo que se encuentran en posiciones diferentes en el sistema de escape. Detectan la cantidad de  $O_2$  que sale del motor y de esa forma sabe la centralita si la gestión de motor se está realizando correctamente. Si fallan ambas sondas el coche baja su rendimiento y trabaja en modo seguro.

### SENSOR DE PRESIÓN PARA SERVOFRENO<sup>10</sup> G294

Al no tener sistema de frenos en el motor instalado en la bancada, este sensor no tenía ninguna función práctica y en caso de fallo se emplea una señal de reemplazo. Más adelante se explicara que se hizo con él para solucionar el error.

## **ACTUADORES [9]**

### BOBINAS DE ENCENDIDO 1 - 4 DENOMINADAS N70, N127, N291, N292

El sistema de encendido de esta mecánica es un sistema multipunto por bobinas independientes. De esta manera hay pérdidas de chispa en distribuidores ni elementos complementarios, reduciendo el mantenimiento y la posibilidad de errores. Como es lógico se encuentran en la culata justo encima de cada bujía y en caso de fallo deja de producirse la chispa en el cilindro y se anula la inyección en el mismo.

### UNIDAD DE MANDO DE LA MARIPOSA DE ESTRANGULACIÓN J338

Motor eléctrico que mueve la válvula de la mariposa y que tiene un sensor acoplado para determinar su funcionamiento (G186). En caso de mal funcionamiento o fallo el coche se coloca en posición de emergencia y se enciende un chivato en el cuadro.

### UNIDAD DE MANDO DE LA MARIPOSA DE REGULACIÓN J808 CON SERVOMOTOR PARA REGLAJE DE LA MARIPOSA DE REGULACIÓN V380

Servomotor que mueve la chapaleta reguladora (J808) de entrada de aire al compresor y que en caso de fallo detectado hace que la chapaleta quede totalmente abierta.

### VÁLVULA PARA REGLAJE DE DISTRIBUCIÓN VARIABLE N205

Se encuentra en la tapa de balancines lado distribución y se encarga de dejar pasar el aceite a presión para que se produzca avance o retardo de apertura de válvula. Tiene dos circuitos y la electroválvula puede no dejar pasar nada de aceite (posición de 0 avance) o abrir las válvulas por uno de los 2 caminos. Su regulación se realiza por

---

<sup>10</sup> Ayuda a la frenada que amplía la fuerza del conductor.

medio del sensor G40 anteriormente mencionado. Si falla el sistema la válvula queda cerrada.

#### ELECTROVÁLVULA PARA LIMITACIÓN DE LA PRESIÓN DE SOBREALIMENTACIÓN N75

Se encuentra justo encima de las bobinas y su función es evitar que el turbo sobrepase su régimen de giro máximo. Cuando el motor llega a unas determinadas revoluciones y la salida de gases es tan elevada que el turbo puede llegar a girar excesivamente rápido la N75 se abre y los gases de escape son puenteados sin pasar por la turbina. En caso de fallo se reduce la potencia del motor ya que la electroválvula queda abierta.

#### VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE PARA TURBOCOMPRESOR N249

Su función es evitar que se produzca un aumento de presión excesivo en el colector de admisión y, por consiguiente, una reducción brusca de la velocidad de giro del turbo cuando se levanta el pie del acelerador. Para ello la válvula se abre y el aire comprimido vuelve al conducto de baja presión de admisión. En caso de fallo se generan ruidos extraños y desciende la potencia del motor.

#### ACOPLAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO PARA COMPRESOR N421

Se encuentra en el lado de la distribución y se encarga de hacer que la polea que mueve el compresor gire a unas determinadas revoluciones. Su principal característica es que no es un acoplamiento “todo-nada<sup>11</sup>”, ya que la centralita de motor según las condiciones de uso determina a que revoluciones debe girar el compresor, y para ello se induce un campo de fuerza electromagnético mayor o menor. En definitiva es como un embrague, solo que no es mecánico sino electromagnético, y en caso de fallo el compresor no funcionará.

#### INYECTORES DE ALTA PRESIÓN N30, N31, N32 Y N33

Cada inyector se encuentra en la culata justo en la parte superior de uno de los cilindros. Son elementos que destacan por su precisión y tecnología ya que son capaces, entre otras cosas, de inyectar varias veces en un mismo ciclo, consiguiendo así precalentar la cámara de combustión y haciendo que el rendimiento aumente. Además no tienen un único orificio de salida de combustible, sino 6, distribuyendo mucho mejor el combustible en el cilindro y pueden alcanzar los 150 bares de presión. En caso de fallo no se inyectará combustible y por tanto la carrera de ese pistón será improductiva.

#### VÁLVULA REGULADORA DE LA PRESIÓN DEL COMBUSTIBLE N276

Se encuentra en una de las caras laterales de la bomba de combustible de alta presión y su finalidad es que en la rampa de inyección haya siempre la presión suficiente. En caso de fallo la válvula permanecerá totalmente abierta, por tanto la máxima presión será la generada por la electrobomba, reduciendo drásticamente el par.

---

<sup>11</sup> Solo puede activarse o desactivarse, pero no es regulable.

### ELECTROVÁLVULA PARA DEPÓSITO DE CARBÓN ACTIVO N80

Se encarga de dejar pasar los gases de combustible que provienen del filtro de carbón activo hacia el colector de admisión sin que aire del colector se cuele al filtro. Para ello permanece cerrada hasta que se produce un aumento determinado de presión. La podemos encontrar encima de la tapa de balancines y si se rompe deja de desairearse el depósito, pudiéndose producirse olores a combustible en el habitáculo.

### BOMBA PARA CIRCULACIÓN DE LÍQUIDO REFRIGERANTE V50

Al ser un coche turboalimentado, si paramos el motor sin dejar que el líquido refrigerante llegue a una temperatura estacionaria pueden producirse sobrecalentamientos al pararse la bomba mecánica de agua. Para evitar estos posibles problemas hay una bomba eléctrica que puede funcionar recirculando el refrigerante hasta un máximo de 15 min una vez parado el motor siendo como un turbo-timer.

## **TRADUCCIÓN Y COMPROBACIÓN DEL ESQUEMA ELÉCTRICO COMPLETO DEL MOTOR**

Una vez localizado y entendido como funcionaban cada uno de los elementos del sistema se pidió a la VW un esquema eléctrico completo del Polo GTI CAVE. Desafortunadamente, y tras una semana de espera, cuando se recibió el folio A2 y comencé con las comprobaciones ningún sensor coincidía ya que la fábrica nos había mandado un esquema erróneo de otro modelo de Polo. En pocos días se solventó el problema y pude comenzar con las comprobaciones.

El idioma en el que estaba escrito el esquema (*Anexo 1*) era alemán y aunque en algunos de los elementos aparecían las siglas distintivas (Ej. N276), tuve que traducir el esquema con la ayuda de un traductor e internet.

Ahora ya podía comenzar y para ello únicamente necesitaba la bornera y un polímetro. Con el fin de facilitar las mediciones fabriqué un par de cables (12voltios y masa) con un extremo que terminara en un cocodrilo y el otro en un fastom macho muy fino para que entrara en los pines hembra de la bornera.

El procedimiento era el siguiente:

- 1) Elegía un componente eléctrico del motor y desconectaba el enchufe que tuviera con sumo cuidado.
- 2) Localizaba ese componente en el esquema completo y miraba que pin o pines de la centralita J623 se encargaban de controlarlo.
- 3) Encendía el polímetro y situaba la ruleta en la función continuidad.
- 4) El fastom del cable rojo lo introducía en el pin de la bornera que el esquema decía, y el cocodrilo del mismo cable lo enganchara al cable "+12v" del multímetro.

- 5) Finalmente introducía el extremo del cable negro del polímetro en los conectores del enchufe anteriormente desconectado.
- 6) Al hacer contacto el polímetro con el conector adecuado debía pitar el multímetro indicándome la continuidad del sistema y por consiguiente que se encontraba en perfecto estado.

La bornera que está instalada en el motor tiene 186 pines y la centralita 154, pero divididos en 2 grupos dependiendo si la primera letra comienza. Hay 60 pines del tipo A y 94 del K.

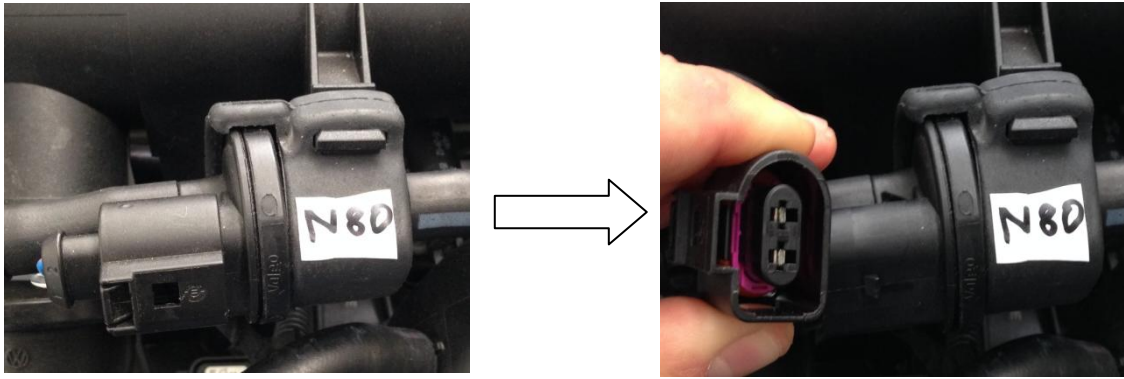


ILUSTRACIÓN 11: BORNERA DE 186 PINS

Los pines A comienzan en el pin 1 de la bornera y terminan en el 60, en cambio los K en lugar de comenzar en el 61 lo hacen en el 63, siendo el último pin útil el 156.

**Ejemplo Práctico con actuador N80**

Este actuador se sitúa anclado al tubo de la admisión en la parte superior de la culata. Una vez encontrado lo desconecto con la ayuda de un destornillador plano fino y veo el número de conexiones que tiene. Este número debe ser el mismo que los indicados en el esquema eléctrico y el color de los cables también suele coincidir, aunque no es un dato 100% seguro. En el esquema eléctrico A2 no aparecen los colores de los cables pero si en los esquemas individuales adjuntos. (Anexo 2)



En el interruptor hay 2 cables únicamente, al igual que indica el esquema, pero sólo uno tiene relación con la centralita o módulo J623.

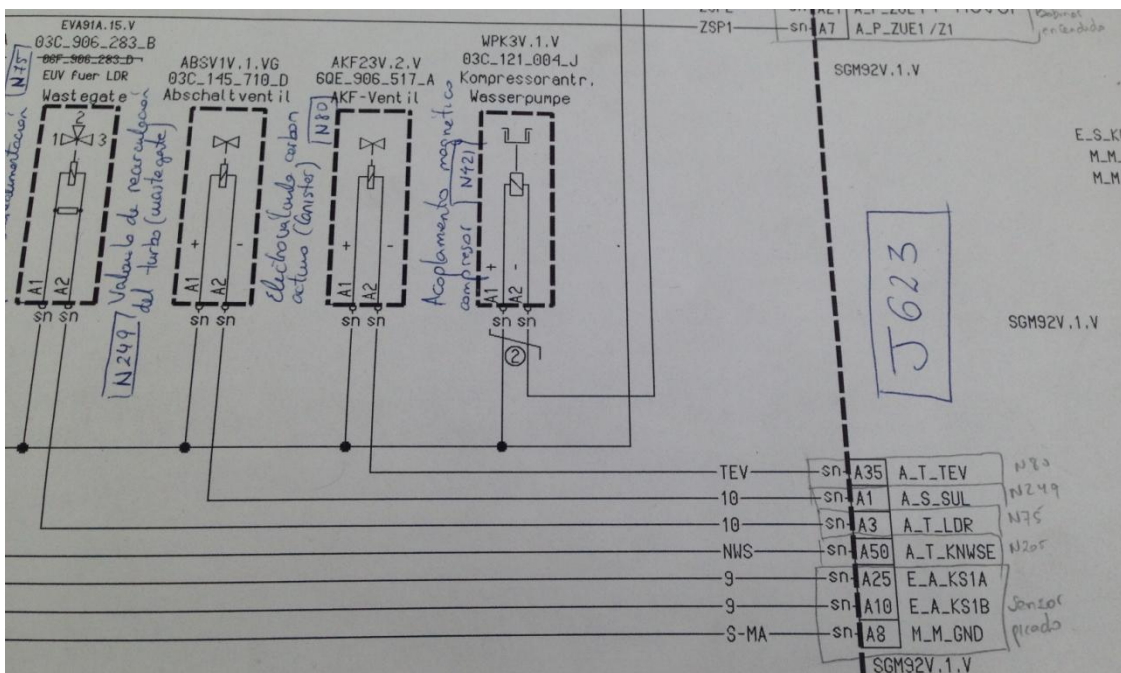


ILUSTRACIÓN 12: ANEXO 1

Siguiendo la línea vemos que el control del actuador se lleva a cabo por medio del pin A35 del módulo de motor, por lo que este contacto y el pin 35 de la bornera deben tener continuidad si hemos realizado todos los pasos debidamente.

## FAMILIARIZACIÓN, RECOGIDA DE DATOS Y RESOLUCIÓN DEL MAYOR NÚMERO DE ERRORES POSIBLES CON ESITRONIC 2.0

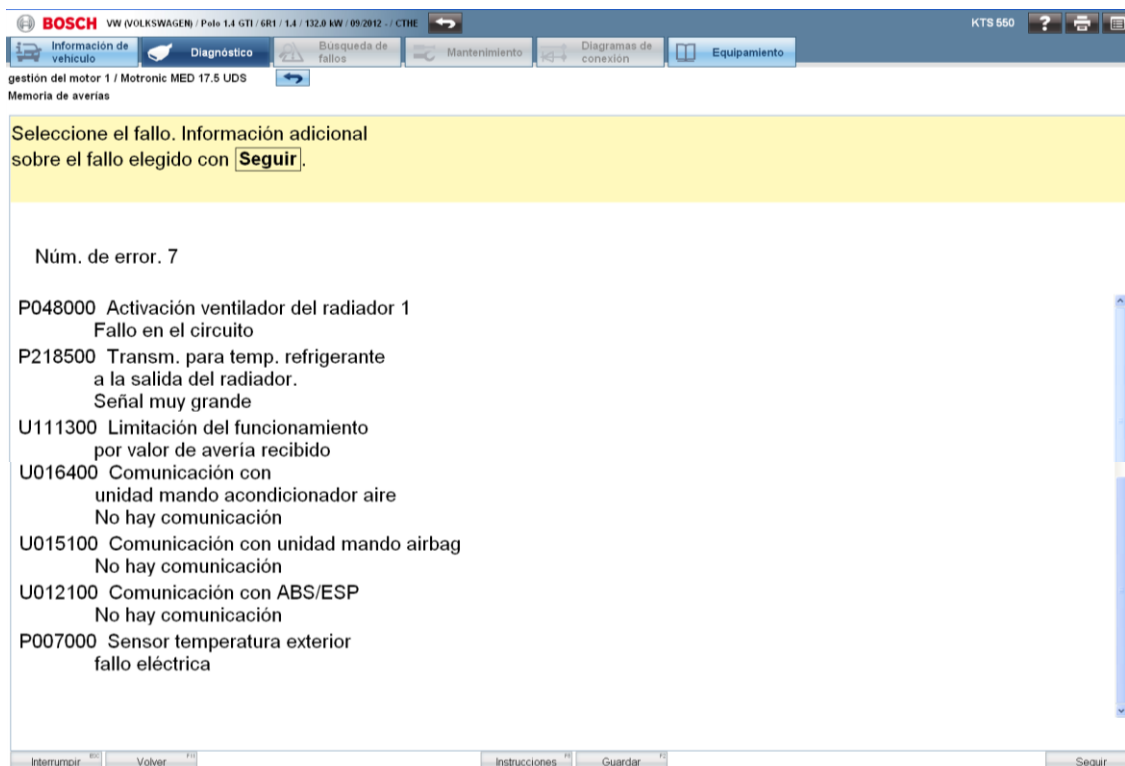
El programa de diagnóstico que se llevaba usando en la universidad desde hacía años con los diferentes proyectos de polos anteriores era el EsiTronic 2.0. Este programa recogía datos por medio del enchufe OBD del vehículo y con un cable con conexión USB se conectaba a un ordenador portátil. Sólo tuve que instalar las actualizaciones pertinentes y ya estaba listo para funcionar.

Gracias a ésta clase de programas podemos obtener información de las diferentes centralitas que el vehículo tiene, bien sean valores en tiempo real, un historial de los fallos detectados, pruebas de componentes electrónicos, etc.

Su funcionamiento es muy sencillo y deductivo y tras introducir en el programa el modelo de coche, tipo de motor y cilindrada comencé a familiarizarme con el software.

En primer lugar realicé una identificación y una diagnosis completa del sistema y miré los errores recogidos por las diferentes centralitas, en total había 42 errores recogidos. Principalmente eran debido a la falta de componentes en comparación con un vehículo completo, pero también había errores producidos en el pasado y que se habían quedado guardados en el historial aunque ahora ya estuvieran solventados. Algunos componentes podían ser sustituidos por elementos electrónicos pero otros como es el caso de las centralitas, era imposible.

La centralita de motor es la más importante y tras la primera diagnosis desveló 7 errores. Borre los errores y al instante aparecieron de nuevo, lo que significaba que esos fallos estaban afectando al funcionamiento.



DIAGNOSIS 1: PRIMERA DIAGNOSIS DE MOTOR

Primero intenté solucionar los errores que entendí eran más sencillos, los cuales eran el P007000, P218500 y P048000. Todos tenían que ver con datos de temperatura que la centralita no detectaba debido a que los componentes electrónicos que las miden no se encontraban en nuestro motor.

Estos componentes en definitiva son NTCs que cambian su valor óhmico en función de la temperatura, por tanto si colocaba la resistencia o conjunto de resistencia correcta podía “engañar” a la unidad de motor para que registrara la temperatura que a mí me interesara.

El departamento de electrónica me facilitó gran variedad de resistencias e intenté aproximarme lo más posible a las temperaturas deseadas.

- ❖ P007000 Sensor de temperatura exterior fallo eléctrico: 23º C era una temperatura a la que los talleres suelen estar más o menos la mayoría del año, por lo que el motor funcionara con normalidad ya sea verano o invierno.
- ❖ P218500 Transmisor para temperatura de refrigerante a la altura del radiador: 93,6ºC
- ❖ P048000 Activación ventilador del radiador 1: Al registrar el sensor anterior una temperatura menor a 94ºC el módulo J623 no ve la necesidad de activar el ventilador, y por tanto no detecta la inexistencia de este elemento en el motor.

Una vez hecho esto desaparecieron los tres errores, aunque si hubiera dispuesto de las tablas temperaturas-ohmios de cada sensor podría haber ajustado mejor los valores. Dado que no logré encontrarlas mi procedimiento era activar el EsiTronic en modo de recogida de datos a tiempo real e ir probando con varias resistencias hasta que la temperatura recogida fuese la adecuada.

Cuando ya había elegido las resistencias estañé las conexiones y añadí los fastom de las medidas adecuadas para que quedaran conectadas en el enchufe. Además compre 3 cajas de electricista y las anclé al bastidor para que los elementos electrónicos quedaran tapados y sin riesgo.



ILUSTRACIÓN 13: SENSOR FALSEADO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

Estuve varios días haciendo pruebas con el motor y tras una comprobación rutinaria aparecieron 3 errores nuevos en el historial del módulo de motor:

4360 Error desconocido  
 P227900 Sistema de aspiración.  
 aire de fuga  
 P162400 Exigencia lámpara averías (MIL) con.  
 Componente/función activa

#### DIAGNOSIS 2: 3 ERRORES NUEVOS PRODUCIDOS TRAS COMPROBACIÓN RUTINARIA

El P227900 es un fallo muy claro y detecto que hay un tapón rajado y por tanto entra aire sin cuantificar en el motor. La solución fue rápida y sencilla, conseguí un tapón de un diámetro parecido y con un poco de teflón lo ajuste para que no fugara nada de aire.

Al borrar el historial de fallos desaparece el P227900 pero no los otros dos errores nuevos. Era una sensación muy frustrante ya que en cierta forma era como dar pasos atrás en mi proyecto. No encontré información fiable explicando el por qué de esos fallos y lo que me preguntaba era si eran debidos a las pruebas realizadas o simplemente la centralita no había registrado esos errores hasta ese momento.

Como no tenía una forma fiable de saber y solucionar los nuevos problemas me dedico a desmontar, lijar y volver a montar todas las masas del bastidor por si se está produciendo un mal contacto que afecta a algún componente. Mis intentos son en vano ya que todas las masas estaban perfectas y los errores permanecen.

Más adelante comienzo a hacer diagnóstico con el EsiTronic en todas las circunstancias posibles. Descubro que si doy el contacto y antes de arrancar reseteo el historial de la centralita los errores 4360 y P162400 desaparecen, pero en cuanto arranco el motor vuelven a quedar registrados. Podía ser un fallo producido cuando el vehículo está en funcionamiento, pero su sonido y apariencia es la correcta, o podía ser un fallo producido en el momento del arranque debido, por ejemplo, a un mal estado de la batería.

La batería empleada en el motor era con mantenimiento, así que usando un destornillador la destapé y rellené los conductos con ácido sulfúrico. No hay ninguna diferencia así que cambio la batería por la que estaba montada en el Polo completo. Pese a ello siguen apareciendo en la memoria tras resetear los errores el mismo número de fallos.

Deduzco entonces que P162400 y la 4360 se produce durante el funcionamiento del motor y no en el arranque, pero no tengo forma de descubrir cómo solucionarlo. No me pasa lo mismo con el U111300, que siempre está activo ya este arrancado o con contacto el motor.



Tras una ardua investigación por internet, libros y preguntando a conocidos que trabajan en la VW, me aseguro que los fallos que comienzan por U están relacionados con la falta de centralitas, y cada uno es consecuencia de una centralita ya sea la de Aire Acondicionado, Airbags o ABS. Esta clase de componentes no pueden ser sustituidos por otros elementos electrónicos debido a su gran complejidad, por lo que veo imposible eliminar esos tres errores ahora o en el futuro.

Los errores U016400 y U015100 no me afectan en mi objetivo principal, ya que no tienen relación directa con el funcionamiento del motor, en cambio la U012100 y U111300 si que manda señales importantes a la centralita de motor.

Como ya no se que más pruebas hacer decido montar la centralita, el módulo de confort y el cuadro de instrumentos en el Polo completo. Tras instalarlos y hacer una diagnosis del vehículo el software no me detecta ningún error, significará que esos componentes se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.

Debido a mi estancamiento en el avance el proyecto, hablo con mi tutor y pedimos a la fábrica de Volkswagen que nos faciliten una maquina de diagnosis más moderna y avanzada.

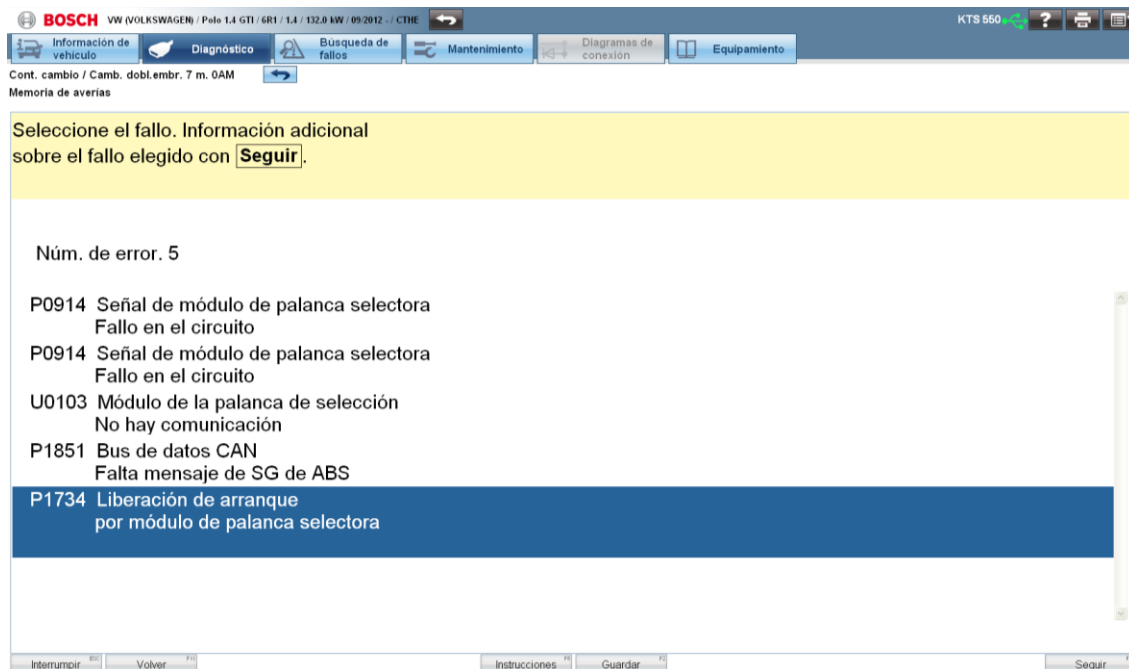
La respuesta de la fábrica fue que nos dejarían una maquina de diagnosis como la que ellos estaban usando actualmente pero tardaría un par de semanas, así que viendo que no podía solucionar más problemas de gestión de motor, comienzo con la caja de cambios.

El Polo GTI CAVE monta una caja automática DSG<sup>12</sup> con posibilidad de usarla de manera secuencial y con doble embrague. Al entrar a revisar los componentes mecánicos exteriores todo está correcto. El selector se encuentra en la parte superior de la carcasa, y descubro que tiene 5 posiciones posibles: N, R, D, P y secuencial. Mi objetivo es dejar la caja en N para que no se produzca ningún movimiento y para ello coloco la palanca del Polo completo en esa posición y con una linterna veo y copio la posición en la que queda el selector.

El siguiente paso fue conectar el EsiTronic y hacer una diagnosis de los errores registrados en la centralita de caja de cambios. Los resultados fueron los siguientes:

---

<sup>12</sup> Direct Shift Gearbox



### DIAGNOSIS 3: CAJA DE CAMBIOS DSG

De los 5 fallos detectados los 3 primeros eran informativos por la falta de elementos mecánicos, los cuales no afectaban al funcionamiento del sistema. El último, denominado P1734 desaparecía al estar el motor en marcha, ya que sólo afectaba al momento del arranque. Sin embargo el P1851 si es preocupante ya que es consecuencia de la falta de señal necesaria por la centralita de ABS, que como dije anteriormente, no se encuentra instalada en el motor, y es un fallo que limita el funcionamiento.

Con los medios de los que disponía en ese momento no podía realizar más avances en mi proyecto, así que solo me quedaba esperar a que llegara un software mejor para intentar seguir perfeccionando el funcionamiento.

### FAMILIARIZACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL MAYOR NUMERO DE ERRORES POSIBLES CON VAS 5052 A

Finalmente, a principios de Septiembre llegó el nuevo sistema de diagnosis a talleres. Se denomina VAS 5052A y es un software mucho más potente que el anteriormente utilizado. Como sucedió con el EsiTronic tuve que estar varios días actualizando el programa para que pudiera ser utilizado con el motor CAVE.

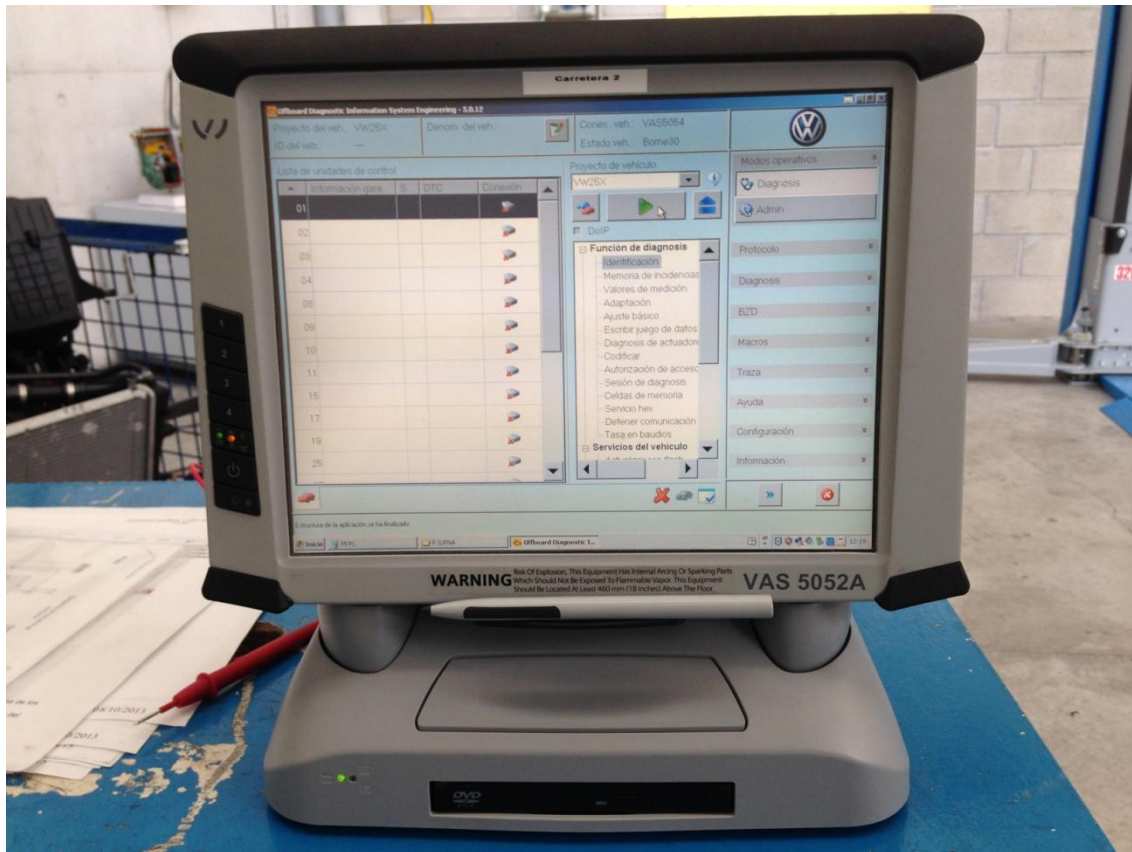


ILUSTRACIÓN 14: VAS 5052 A

A diferencia de la anterior máquina de diagnóstico ésta se conecta con el vehículo enchufando un elemento en el OBD del coche pero no hay cables, ya que su comunicación es mediante bluetooth, haciendo mucho más cómodo su uso y pudiendo desplazarte con el ordenador a la vez que realizas los ensayos.

Su manejo es deductivo, aunque al ser mucho más completo que el anterior requiero de varios días para entender perfectamente su funcionamiento. Una de sus mayores ventajas es que me permite guardar informes de todo tipo en formato .html, así que mis primeros informes estuvieron centrados en la identificación de las principales centralitas del motor, como pueden ser: la de motor, la de caja de cambios, la de cuadro de instrumentos, la de inmovilizador, la de OBD y la de electricidad y electrónica. (Anexo 3.1)

Una vez realizados estos informes hice una diagnosis completa del vehículo, y vi que la información que da el programa de cada fallo registrado es mucho mayor que con el programa anterior. Además del código de error y una breve explicación aparece una lista de datos recogidos en tiempo real y unas tablas de 7 bits con un número al lado:

0	activo/estático
1	El fallo ha aparecido en el ciclo de servicio actual
2	Fallo detectado en este ciclo de marcha o en el último
3	No confirmado
4	Probado desde el borrado de la memoria de averías
5	El fallo aparece desde el borrado de la memoria de averías
6	Comprobado en el ciclo de servicio actual
7	Ningún testigo encendido
ERRORSTATE	static

<b>[LO]_Data Record</b>	
[LO]_One To One UBYTE	206
[LO]_Bit 0	0
[LO]_Bit 1	1
[LO]_Bit 2	1
[LO]_Bit 3	1
[LO]_Bit 4	0
[LO]_Bit 5	0
[LO]_Bit 6	1
[LO]_Bit 7	1

ILUSTRACIÓN 15: ANEXO 3.3

Además cada vez que registra un error guarda en la memoria una serie de datos, los cuales pueden ser modificados según las necesidades del usuario. Yo opté por esta lista de datos:

Fecha	16:58:27 - 23.14.2023
Kilometraje	267 km
Prioridad	6
Contador de la frecuencia con que se producen las averías	1
Borrador de averías sin confirmar	255
Régimen motor	0,00 rpm
Valor de carga normalizado	0,0 %
Velocidad de marcha	255 km/h
Temperatura del líquido refrigerante	84 °C
Temp. aire adm.	29 °C
Presión ambiental	960 mbar
Tensión del borne 30	12,887 V
Datos ambientales dinámicos	20 96 28 10 5F 00 10 95 00 10 97 00 01 10 8A 00 10 95 00

Una vez entendidos éstos conceptos y seleccionados los datos que quiero que la unidad registre me centré en los errores de la centralita de motor. Lógicamente son el mismo número de fallos que con el EsiTronic, pero su explicación es más concreta y me da dos códigos diferentes por cada error.

Los primeros errores en los que me centré fueron los que no comenzaban por la letra U, ya que como dije anteriormente, estos están relacionados con la falta de componentes electrónicos y por tanto su solución sería muy difícil. Estos fallos son los siguientes:

**P142900 (4360) Activación de la bomba de depresión de los frenos Interrupción**  
Texto DTC: Brake vacuum pump activation?Open circuit

**P162400 (7021) Requerimiento de conexión del testigo de avería activado**  
Texto DTC: Requirement - malfunction lamp on?active

**DIAGNOSIS 4: FALLOS NO RELACIONADOS CON LA FALTA DE COMPONENTES (ANEXO 3.3)**

El 4360, que el EsiTronic me los definía como un error desconocido ahora es el P142900, y según el programa es causado por el fallo o ausencia en la bomba de depresión de aire necesaria para el funcionamiento del servofreno.

Localicé en el cableado cuál es el enchufe al que debería estar conectada la bomba de vacío y vi que esta no se encuentra en el motor. Para comprobar si ese es el fallo, desmonto del VW Polo completo ese componente y se lo instalo al otro motor.

Cuando borre el historial de averías sólo aparecían 4, por lo que ya tenía localizado el problema y los dos errores anteriores estaban directamente relacionados.

Como no quería que al Polo completo le faltara ninguno de sus elementos busco alternativas para poder solucionar el problema pero sin usar la bomba de vacío.

El primer intento consistió en conectar al sensor de depresión del servo una pistola de vacío. Era una manera muy sencilla de “engañar” a la centralita ya que no hacía falta enchufar ningún elemento electrónico al enchufe k4, pero delicada a su vez porque en cuanto pasaba cierto tiempo o se movía la pistola, el sensor detectaba un fallo de depresión.



ILUSTRACIÓN 16: PISTOLA DE VACÍO

La segunda opción fue intentar conectar un relé al enchufe y con una resistencia intentar copiar el funcionamiento del componente electrónico de la bomba. No pude conseguirlo ya que tras estudiar el esquema eléctrico vi que era un componente sumamente complejo y tras intentarlo en varias ocasiones lo único que conseguí fue romper varios fusibles<sup>13</sup>.

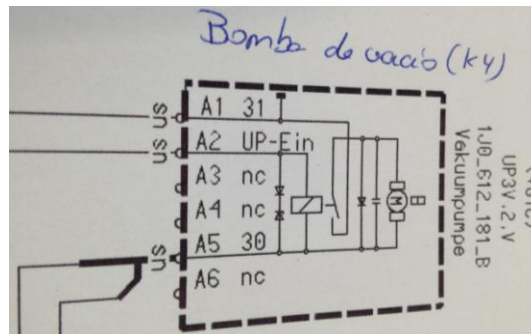


ILUSTRACIÓN 17: ANEXO 1

Finalmente lo que hice fue desmontar el componente electrónico de la bomba de vacío e instalar cada parte en motores diferentes. De esa manera solucionaba el problema en el motor y sólo quitaba del Polo completo un pequeño componente.



ILUSTRACIÓN 18: BOMBA DE VACÍO Y CONJUNTO ELECTRÓNICO DESMONTADOS

<sup>13</sup> Elemento eléctrico simple y barato que permite el paso de corriente mientras ésta no supere un valor establecido. Protege elementos más complejos y caros de sufrir sobrecarga.

Tras haber solucionado los problemas relacionados con la bomba de vacío me doy cuenta que ni el turbo ni el compresor entran en funcionamiento, por más que yo acelere.

Lo primero que hice fue desmontar los colectores de admisión y comprobar que los componentes se encontraban bien en el aspecto mecánico. Después comprobé las conexiones del acoplamiento magnético del compresor y también estaban bien. Deduje entonces que la centralita de motor no mandaba la señal para que estos componentes funcionaran.

En el programa autodidáctico [2] explica que el motor tiene un sensor de par que se encuentra alojado en la caja de cambios. Ese sensor manda los datos a la centralita, la cual decide que componentes deben funcionar en cada momento. Al estar trabajando en vacío<sup>14</sup> el par registrado por el sensor es mínimo, y por tanto el motor trabaja como un atmosférico. Esta característica no afecta en gran medida a mi proyecto, pero si es algo que puede afectar a proyectos venideros ya que la potencia que se consigue del motor es mínima.

Como en esos momentos no tenía ninguna forma de hacer que los sistemas de sobrealimentación funcionaran y además tampoco era algo vital, comienzo a intentar solucionar el error U111300, el cual creía que era el causante de muchos de los problemas asociados a éste motor, como puede ser unos de los fallos registrados en la centralita de caja de cambios.

Busqué en internet, en libros y finalmente consultamos a la fábrica para que nos confirmen a que es debido ésta anomalía. Nos dicen que se debe a que las centralitas no reciben información de la velocidad del vehículo, o la información que recibe es defectuosa. Esta mala información es un problema grave, y por ello cuando arranco el motor y hago un registro de la velocidad a la cual el módulo cree que se encuentra registra un valor de 255kms/h, que es la velocidad máxima<sup>15</sup> a la que este coche puede circular.

El vehículo consta de un sensor hall y de un aro con un gran número de dientes por cada rueda. Al moverse detecta una variación de campo magnético debido al paso de los dientes metálicos por el sensor. Dependiendo de la velocidad de cada rueda la variación de campo magnético fluctúa de manera más rápida o más lenta. La primera idea que se barajó fue buscar los cuatro sensores de ABS e instalarle un aparato de generación de impulsos tipo hall con una frecuencia determinada. De esa manera el coche creería que se encontraba en movimiento.

---

<sup>14</sup> Motor funcionando en punto muerto, sin transmitir momento a las ruedas.

<sup>15</sup> Velocidad limitada electrónicamente.

Para saber la frecuencia necesaria a una velocidad concreta monté los elementos necesarios al Polo completo y lo subí al elevador. La idea era sujetarlo con los brazos y arrancarlo con las ruedas en el aire. Más adelante soltaría una de las ruedas y un sensor y poniendo el coche con el tempomat<sup>16</sup> a una velocidad determinada, captaría la frecuencia de campo magnético.

Cuando arranqué el vehículo y puse la directa el coche empezó a fallar y se encendía un triángulo naranja en el cuadro. Esto era debido a que el ESP detectaba una clara diferencia de velocidad entre el tren delantero y el trasero, por lo tanto la centralita creía que el coche estaba patinando y me cortaba la inyección. Accioné el botón de desconexión del ESP pero no se puede desconectar completamente, por lo que no pude lograr mi propósito.

La segunda opción que barajé fue hacer una prueba con el coche andando normalmente por la carretera. Instalaría la bornera en el Polo y mediría los valores de tensión que envía el sensor a la centralita de ABS a una determinada velocidad. Para ello debíamos llevar el coche a un circuito ya que no tiene seguro, matrícula ni papeles.

Antes de hacer todos los preparativos para trasladar el coche al circuito nos dimos cuenta que eso tampoco funcionaría, ya que no se encontraba en nuestro motor la centralita de ABS. Esa centralita recoge la información de los 4 sensores y manda una señal digital por medio de Can-Bus al resto de los módulos del coche.

Sin el módulo de ABS, que por decirlo de alguna manera es el “cerebro” que detecta la información de velocidad del coche, no podremos solucionar los errores U111300 ni el P1851 de la caja de cambios, ya que ella es la que crea la señal digital de Can-Bus que más tarde es utilizada por todas la centralitas que lo requieran.

## ¿QUÉ ES CAN-BUS?

Es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Bosch para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar información a diferentes subsistemas. [6]

Se basa en un concepto de comunicaciones de datos que describe una relación entre un productor y uno o más consumidores. Esto quiere decir que hay un solo cable que al que se van conectando los diferentes aparatos electrónicos que necesiten comunicarse y cuando un subsistema introduce en ese canal una serie de datos, cualquiera del resto de los subsistemas pueden recoger esa información.

---

<sup>16</sup> Velocidad de cruceo en la que el coche mantiene la misma velocidad automáticamente.



Dentro de sus principales características se encuentran:

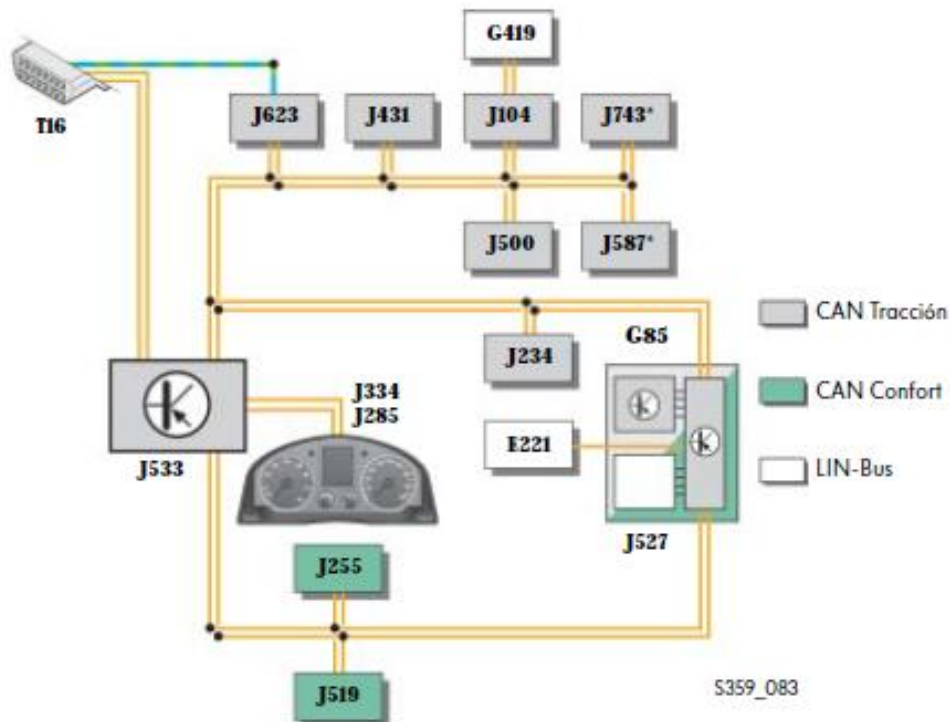
- ❖ Prioridad de mensajes.
- ❖ Garantía de tiempos de latencia.
- ❖ Flexibilidad en la configuración.
- ❖ Recepción por multidifusión con sincronización de tiempos.
- ❖ Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos.
- ❖ Sistema multimaestro.
- ❖ Detección y señalización de errores.
- ❖ Retransmisión automática de tramas erróneas
- ❖ Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

En el mundo de la automoción todo comenzó en el año 1982. Cuando comenzó la electrónica en los vehículos, los dispositivos instalados no superaban la decena, pero con el paso del tiempo cada vez había más artefactos electrónicos en los coches y la comunicación entre ellos mediante cables directos se hacía complicado y caro, ya que el número de cables necesarios era enorme. Además esto afectaba al peso del vehículo y en consiguiente a su consumo por lo que se decidió que había que definir un protocolo de comunicaciones general. [7]

Actualmente casi cualquier elemento electrónico que se encuentra en nuestro coche va pilotado por una centralita. Algunos ejemplos pueden ser los limpiaparabrisas, los elevalunas eléctricos, la radio, el ABS, etc. Debido al gran número de módulos es necesario que para garantizar la rapidez y robustez de las comunicaciones, no haya un solo Can Bus si no que haya varios sub-buses.

Otra de las ventajas que aporta éste sistema es la posibilidad de conexión a la toma de OBD para la diagnosis y toma de datos. Con un solo conector puedes obtener información de todos los elementos electrónicos del vehículo.

Si nos centramos en el modelo de estudio y en la gestión de motor exclusivamente podemos decir que existen doce unidades de control conectadas por medio de 3 buses.



- |   |   |
|---|---|
| <b>E221</b> Panel de mandos en el volante (volante multifunción)            | <b>J519</b> Unidad de control de la red de a bordo                              |
| <b>G85</b> Sensor de ángulo de dirección                                    | <b>J527</b> Unidad de control para electrónica de la columna de dirección       |
| <b>G419</b> Unidad sensora para ESP   | <b>J533</b> Interfaz de diagnosis para bus de datos                             |
| <b>J104</b> Unidad de control para ABS                                      | <b>J587*</b> Unidad de control para sistema de sensores de la palanca selectora |
| <b>J234</b> Unidad de control para airbag                                   | <b>J623</b> Unidad de control del motor   |
| <b>J255</b> Unidad de control para Climatronic                              | <b>J743*</b> Mecatronic para transmisión de doble embrague                      |
| <b>J285</b> Unidad de control en el cuadro de instrumentos                  | <b>T16</b> Terminal para diagnósticos   |
| <b>J334</b> Unidad de control para inmovilizador                            |   |
| <b>J431</b> Unidad de control para regulación del alcance luminoso de luces |   |
| <b>J500</b> Unidad de control para dirección asistida                       |   |
- \* Sólo versiones con cambio automático DSG

FIGURA 2: CAN BUS

La comunicación entre estas centralitas se realiza por medio de señales digitales y como no soy gran conocedor de la electrónica digital, pedí ayuda a un compañero ingeniero industrial electrónico para que me asesorara.

Tras explicarle todo el proceso que había seguido para intentar solucionar los errores le dije que el vehículo tiene una serie de fallos debido a la falta de componentes electrónicos. Estos elementos al no dar una determinada información a la centralita de motor hacen que se detecten fallos, por lo que mi propósito era poder introducir la información necesaria en el sistema de Can Bus y de esa manera hacer creer a las centralitas que todos los elementos se encuentran en el motor.

Mi compañero, una vez entendido la casuística del problema, argumentó que mi idea sería la acertada si las señales fueran analógicas, ya que a fin de cuentas es lo que hice

con el sensor de temperatura exterior, por ejemplo, cuando comencé con mi proyecto. Al instalar una resistencia varío la señal analógica y el módulo piensa que se encuentra el sensor pertinente. En cambio, en el sistema de Can Bus, al ser electrónica digital todas las señales se componen de 0 y 1, ordenados de una determinada manera para dar una información.

Mi problema era que ni sabía el código o idioma que usa mi vehículo, ni la longitud o peso de cada señal. Los únicos que saben el código y la manera de crear señales son los ingenieros de la VW, por lo que mi única opción sería hablar con la marca germana e intentar que ellos me dieran esa información. Su respuesta fue no, debido a que esa clase de información se considera privada por motivos de secretismo y espionaje industrial.

De nuevo debía buscar otra solución para poder avanzar con mi proyecto.

## **BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN PARA LA CREACIÓN DE SEÑALES DIGITALES Y SU INTRODUCCIÓN EN EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CAN BUS**

Pese a que la Volkswagen nos denegó sus códigos de señales digitales, nos dijeron que había empresas que se dedicaban a la comercialización de máquinas con las que poder introducir señales por medio del Can Bus, y que esas empresas eran conocedoras del código que ellos utilizan.

La diferencia entre esas empresas y nosotros es que la VW se encarga de instalar su lenguaje a la máquina, pero ni el consumidor ni el propio fabricante de la máquina puede ver el código. De esa manera siguen pudiendo conservar esa información.

Tras días de búsqueda dimos con un fabricante de éste tipo de aparatos denominado Göpel Electronics. Es una empresa alemana, pero por medio del inglés pudimos ponernos en contacto con ellos, y nos ofrecieron una máquina que según las características, cumplía todas nuestras expectativas.

La máquina en cuestión se llama Basic CAN 61 PLUS, y es capaz de crear las señales digitales que necesitamos e introducirlas por medio del OBD en el Can Bus. De esa manera todas las centralitas a las que les incumba la nueva señal podrán leerla y actuar en consecuencia.

Su único inconveniente era el precio, que rondaba los 4000 €. Además hay que sumar lo que te cobran por cargarte el programa determinado para tu coche con el código necesario. En definitiva para poder solucionar de una vez por todas todos los fallos existentes, el departamento debía desembolsar 4000 € aproximadamente.



ILUSTRACIÓN 19: BASICCAN 61 PLUS

Mi tutor preguntó a los responsables del departamento a ver si era posible la adquisición de esta herramienta, pero debido a los recortes no había fondos suficientes y se canceló la compra.

Pese a mis esfuerzos, no sería posible solucionar todos los errores que presentaban las diferentes centralitas del motor, y el siguiente estudiante que siga avanzando en el proyecto global será el encargado de solucionarlos, siempre y cuando el departamento haya reunido el dinero suficiente.

## RECOGIDA DE DATOS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Aunque el motor no estaba completamente arreglado a nivel electrónico si lo estaba a nivel eléctrico y mecánico, así que comencé con la recogida de datos en tiempo real que me permite hacer el equipo de diagnóstico VAS 5052 A. (Anexo 3.4-3.15)

La primera decisión, y a su vez la más importante, fue determinar qué datos eran los realmente relevantes a la hora del estudio del motor. Gracias a la ayuda de mi tutor llegamos a la conclusión de que debía centrarme en 31 parámetros, que son los siguientes:

1. Régimen motor
2. Temperatura del líquido refrigerante
3. Presión ambiental
4. Temp. aire adm.
5. Par del motor
6. Tensión de la batería
7. Valor de carga normalizado
8. Posición del acelerador
9. Posición del acelerador 2
10. Presión del combustible
11. Presión baja del combustible, valor teórico
12. Temperatura del combustible
13. Tiempo de inyección medio
14. Consumo de combustible
15. Temperatura de los gases de escape antes del catalizador
16. Temperatura de los gases de escape 1, bancada 1
17. Tensión sondas lambdas, banco 1 tras cat.
18. Sonda lambda banco 1, sonda 1, tensión
19. Presión de admisión absoluta
20. Temp. aire admisión en el colector de admisión valor bruto
21. Presión del colector de admisión valor bruto
22. Temperatura previa al 2º compresor, valor bruto
23. Pres. colector admisión previa al 2º compresor, valor bruto
24. Temp. aire admisión previa a válvula mariposa, valor bruto
25. Valor teórico de presión de sobrealimentación
26. Valor medio del reajuste tardío del ángulo de encendido
27. Retorno del ángulo de encendido del cilindro 1
28. Retorno del ángulo de encendido del cilindro 2
29. Retorno del ángulo de encendido del cilindro 3
30. Retorno del ángulo de encendido del cilindro 4
31. Ángulo dif. actuador distr. variable efectiva/teórica

El objetivo de ésta recogida de datos era el estudio del motor y su comparación con el VW Polo completo. Si los datos coincidían significaría que el motor estaba bien, en cambio si no lo hacían podríamos afirmar que los errores que mostraban las centralitas afectan al funcionamiento.

Además debería repetir la recogida de datos a diferentes regímenes de motor para tener una visión más global. Esos regímenes serán ralentí, 1000rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm y 5000 rpm. En el Polo el acelerador se encuentra anclado al chasis, y con el pie es fácil ajustar aproximadamente el régimen de giro que se desee. En cambio en el motor tuve que emplear un sargento con el cual poder mantenerlo al mismo número de revoluciones durante unos segundos. Para tener una visión más general de todos los datos recogidos, creo una tabla en la que aparecen los 31 datos a los diferentes regímenes y en los 2 motores a estudio:

TABLA DE DATOS (Anexo 3.4-3.15)

CAVE 1.4 TSI 132 KW	Ralenti		1000 rpm		2000 rpm		3000 rpm		4000 rpm		5000 rpm	
	Motor	Polo	Motor	Polo	Motor	Polo	Motor	Polo	Motor	Polo	Motor	Polo
Régimen motor	796 rpm	841 rpm	1.048 rpm	1.093 rpm	1.957 rpm	2.050 rpm	3.005 rpm	3.043 rpm	4.128 rpm	3.945 rpm	5.035 rpm	4.997 rpm
Temperatura del líquido refrigerante	90 °C	87 °C	90 °C	87 °C	90 °C	87 °C	91 °C	87 °C	90 °C	87 °C	87 °C	87 °C
Presión ambiental	97 kPa	94 kPa	97 kPa	94 kPa	97 kPa	94 kPa	97 kPa	94 kPa	97 kPa	94 kPa	94 kPa	94 kPa
Temp. aire adm.	32 °C	34 °C	32 °C	35 °C	30 °C	37 °C	28 °C	38 °C	28 °C	38 °C	24 °C	40 °C
Par del motor	20,9 Nm	21,6 Nm	22,2 Nm	23,9 Nm	23,6 Nm	23,4 Nm	26,6 Nm	25,5 Nm	28,8 Nm	29,8 Nm	29,9 Nm	33,6 Nm
Tensión de la batería	13,64mV	13,520mV	13,580mV	13,440mV	13,600mV	13,480mV	13,020mV	13,280mV	12,620mV	13,260mV	12,940 mV	13.120 mV
Valor de carga normalizado	12,90%	13,70%	11,00%	10,20%	9,40%	11,00%	10,60%	9,80%	10,60%	10,20%	10,60%	11,80%
Posición del acelerador	14,50%	14,50%	18,00%	18,00%	22,00%	22,70%	23,90%	23,10%	26,30%	24,70%	27,10%	28,20%
Posición del acelerador 2	14,50%	14,50%	17,60%	17,60%	21,60%	22,40%	23,50%	22,70%	26,30%	23,90%	26,70%	28,20%
Presión del combustible	4.890 kPa	4.880 kPa	5.210 kPa	5.270 kPa	6.560 kPa	6.660 kPa	7.610 kPa	7.530 kPa	7.630 kPa	7.550 kPa	7.720 kPa	7.920 kPa
Presión baja del combustible, valor teórico	318,7 kPa	288,4 kPa	332,1 kPa	293,0 kPa	295,3 kPa	297,6 kPa	303,5 kPa	295,3 kPa	343,9 kPa	293,0 kPa	397,6 kPa	390,7 kPa
Temperatura del combustible	73,5 °C	66,0 °C	76,5 °C	67,5 °C	68,2 °C	69,0 °C	70,5 °C	68,2 °C	70,5 °C	67,5 °C	69,0 °C	66,8 °C
Tiempo de inyección medio	0,891 ms	0,920 ms	0,703 ms	1,174 ms	0,581 ms	0,640 ms	0,583 ms	0,541 ms	0,670 ms	0,646 ms	0,664 ms	0,725 ms
Consumo de combustible	0,56 l/h	0,88 l/h	0,67 l/h	0,89 l/h	1,45 l/h	1,89 l/h	2,65 l/h	2,33 l/h	3,68 l/h	3,40 l/h	4,72 l/h	5,12 l/h
Temperatura de los gases de escape antes del catalizador	349,21 °C	402,44 °C	341,78 °C	387,86 °C	411,72 °C	395,36 °C	516,93 °C	466,58 °C	600,58 °C	485,01 °C	643,84 °C	635,01 °C
Temperatura de los gases de escape 1, bancada 1	375,2 °C	449,1 °C	371,5 °C	446,0 °C	409,7 °C	441,0 °C	459,9 °C	445,2 °C	518,1 °C	455,2 °C	520,5 °C	523,8 °C
Tensión sondas lambdas, banco 1 tras cat.	0,738 V	0,484 V	0,675 V	0,479 V	0,758 V	0,475 V	0,685 V	0,514 V	0,748 V	0,514 V	0,528 V	0,514 V
Sonda lambda banco 1, sonda 1, tensión	1,538 V	1,460 V	1,431 V	1,299 V	1,548 V	1,348 V	1,538 V	1,460 V	1,421 V	1,538 V	1,523 V	1,455 V
Presión de admisión absoluta	31 kPa	33 kPa	27 kPa	26 kPa	25 kPa	24 kPa	27 kPa	26 kPa	28 kPa	30 kPa	29 kPa	32 kPa
Temp. aire admisión en el colector de admisión valor bruto	38,2 °C	39,0 °C	37,5 °C	39,8 °C	37,5 °C	41,2 °C	36,0 °C	42,8 °C	35,2 °C	42,8 °C	28,5 °C	44,2 °C
Presión del colector de admisión valor bruto	312,66 hPa	330,00 hPa	270,31 hPa	250,23 hPa	256,72 hPa	250,55 hPa	277,73 hPa	263,91 hPa	287,11 hPa	309,22 hPa	290,78 hPa	322,97 hPa
Temperatura previa al 2º compresor, valor bruto	33,0 °C	48,8 °C	33,0 °C	49,5 °C	31,5 °C	50,2 °C	31,5 °C	51,8 °C	32,2 °C	52,5 °C	26,2 °C	54,8 °C
Pres. colector admisión previa al 2º compresor, valor bruto	993,67 hPa	946,56 hPa	991,88 hPa	946,56 hPa	991,56 hPa	946,56 hPa	991,56 hPa	946,56 hPa	994,84 hPa	946,56 hPa	971,72 hPa	946,02 hPa
Temp. aire admisión previa a válvula mariposa, valor bruto	32,2 °C	34,5 °C	32,2 °C	35,2 °C	30,0 °C	37,5 °C	28,5 °C	38,2 °C	28,5 °C	38,2 °C	24,0 °C	40,5 °C
Valor teórico de presión de sobrealimentación	338,98 hPa	383,05 hPa	260,31 hPa	332,66 hPa	272,58 hPa	260,78 hPa	289,30 hPa	276,72 hPa	302,27 hPa	328,83 hPa	298,52 hPa	335,78 hPa
Valor medio del reajuste tardío del ángulo de encendido	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
Retorno del ángulo de encendido del cilindro 1	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
Retorno del ángulo de encendido del cilindro 2	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
Retorno del ángulo de encendido del cilindro 3	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
Retorno del ángulo de encendido del cilindro 4	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
Ángulo dif. actuador distr. variable efectiva/teórica	0,133 °	0,000 °	0,023 °	0,000 °	-0,219 °	-0,367 °	0,117 °	0,492 °	0,062 °	-0,414 °	-0,258 °	-0,258 °

Los parámetros que están rojos son datos que no coinciden entre el motor y el Polo o que teóricamente deberían ser diferentes a los registrados, los verdes son aquellos datos que son muy similares entre ambas mecánicas y que además tienen una lógica teórica y los que tienen el mismo tono de azul son aquellos conjuntos de datos que tienen una relación entre sí.

Si empezamos por los datos que concuerdan cabría destacar el de tensión de batería. Sabemos que una vez comienza a funcionar el motor la tensión en batería es la suministrada por el alternador, y debe oscilar entre 12,6v y 13,8v. En el estudio todos los datos están dentro del rango y además no hay grandes diferencias entre ambos motores.

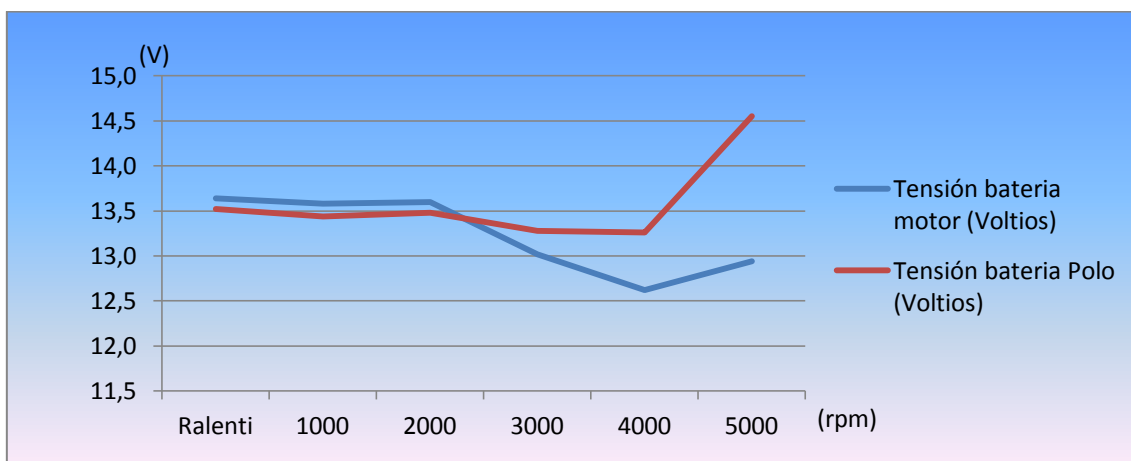


GRÁFICO 3: TENSION BATERIA

También concuerdan los datos de posición del acelerador 1 y 2, los cuales aumentan conforme al régimen de giro y ambos sensores recogen prácticamente el mismo porcentaje en cada una de las mediciones. Además si comparamos ambas mecánicas las diferencias también son mínimas.

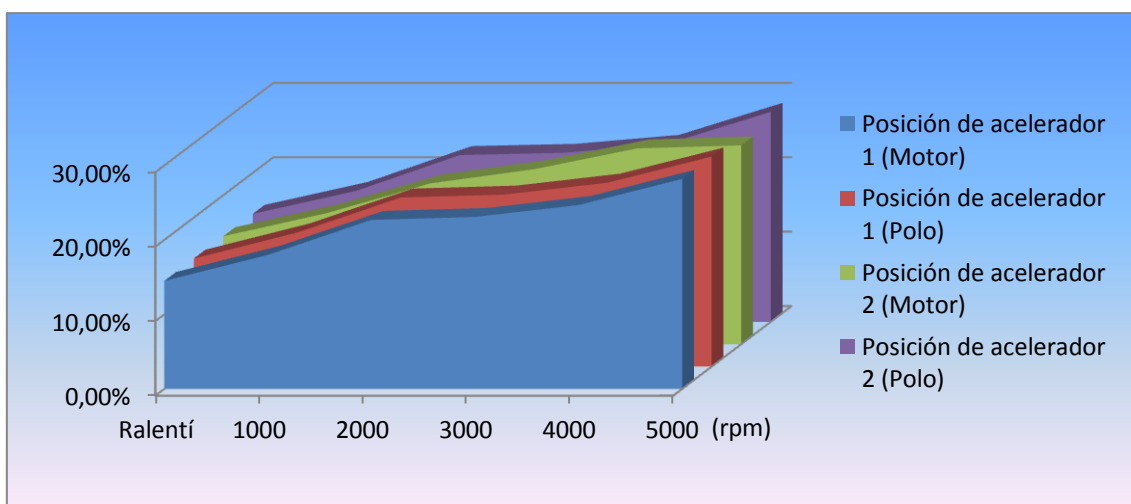


GRÁFICO 4: POSICIÓN ACELERADOR 1 Y 2

Otro de los datos que podemos dar como muy coherente es el de presión de alta de combustible, el cual también es directamente proporcional al régimen de giro y además no hay diferencias entre el Polo y el motor.

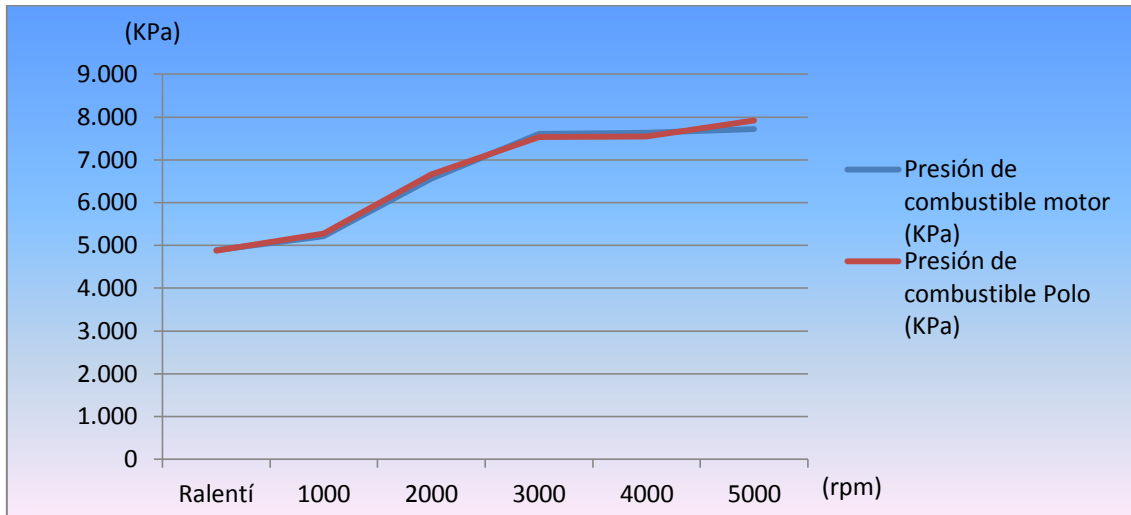


GRÁFICO 5: ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE

Los parámetros recogidos de presión de combustible también son muy parecidos entre el Polo y el motor, en cambio no es directamente proporcional al régimen de giro. Tiene una tendencia descendente hasta las 2000 rpm, y después aumenta hasta llegar a valores iguales a los de ralentí.

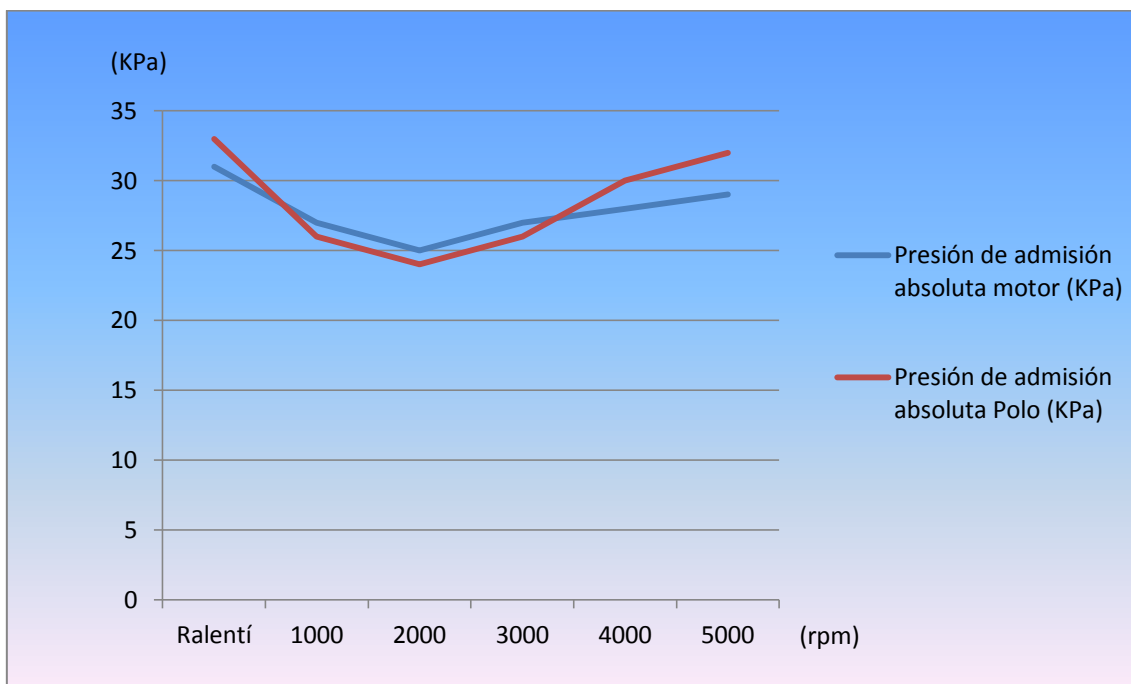


GRÁFICO 6: PRESIÓN DE ADMISIÓN ABSOLUTA

Otro parámetro que tiene la misma casuística y que además está estrechamente relacionado con la presión de admisión absoluta es la presión de colector de admisión.



Los valores se repiten (1 hPa = 100Pa) a las mismas revoluciones y entre los diferentes motores, por tanto deduje que no podía ser un error. Tras una ardua investigación encontré la respuesta. A ralentí y bajas vueltas la mariposa de entrada de aire esta casi cerrado, produciendo un aumento de presión en el colector de admisión. Cuando el ángulo de la mariposa aumenta la presión descende, hasta que llega a la parte alta de las revoluciones, donde la presión es alta debido a la gran cantidad de aire aspirado.

Siguiendo con el aspecto de presión en el colector de admisión también se observa que el valor depresión teórico también concuerda con los datos anteriores excepto en un par de registros.

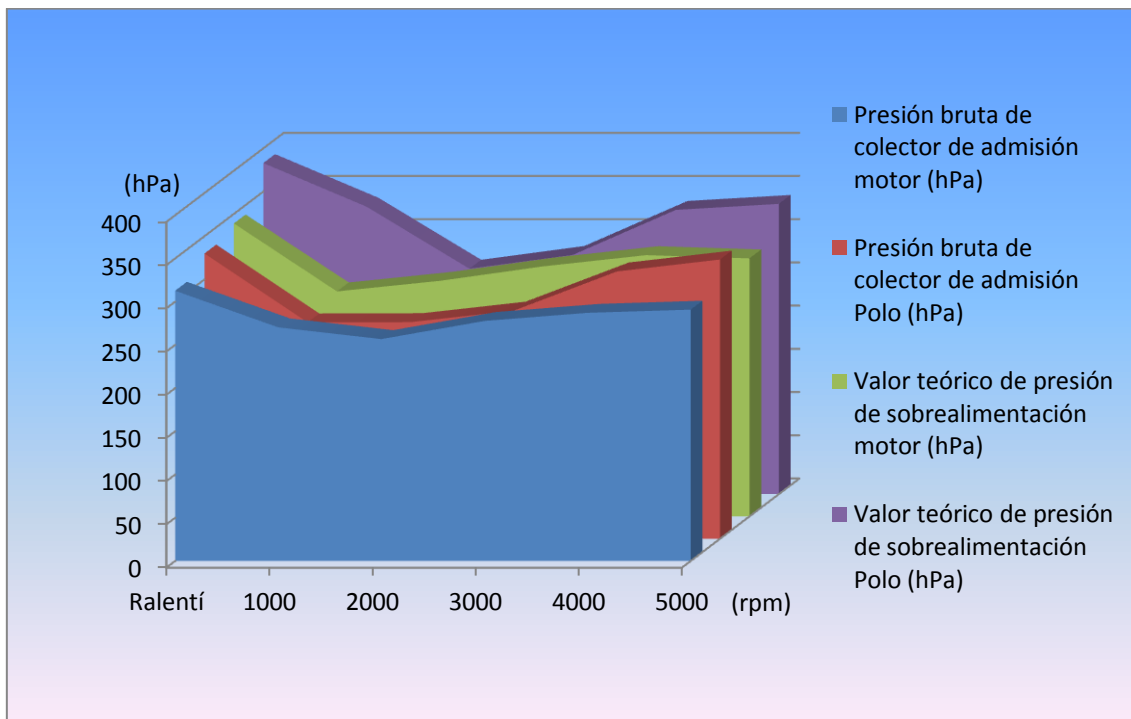


GRÁFICO 7: PRESIÓN BRUTA Y TEÓRICA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN

Para finalizar con este grupo de datos relacionados entre sí se debe tener en cuenta los valores en el colector admisión previa al 2º compresor. Todos los datos comparando el Polo con el motor son bastante similares, pero es muy sorprendente que los datos en cada una de las mecánicas no varían prácticamente con respecto al régimen de giro, lo que nos hace indicar que el compresor se encuentra desconectado. Es algo que ya nos temíamos y que ahora se confirma. Como se explica en apartados anteriores el motor tiene un sensor de par, y al estar trabajando en vacío el vehículo no requiere del funcionamiento del compresor ni el turbo ya que el par necesario es mínimo.

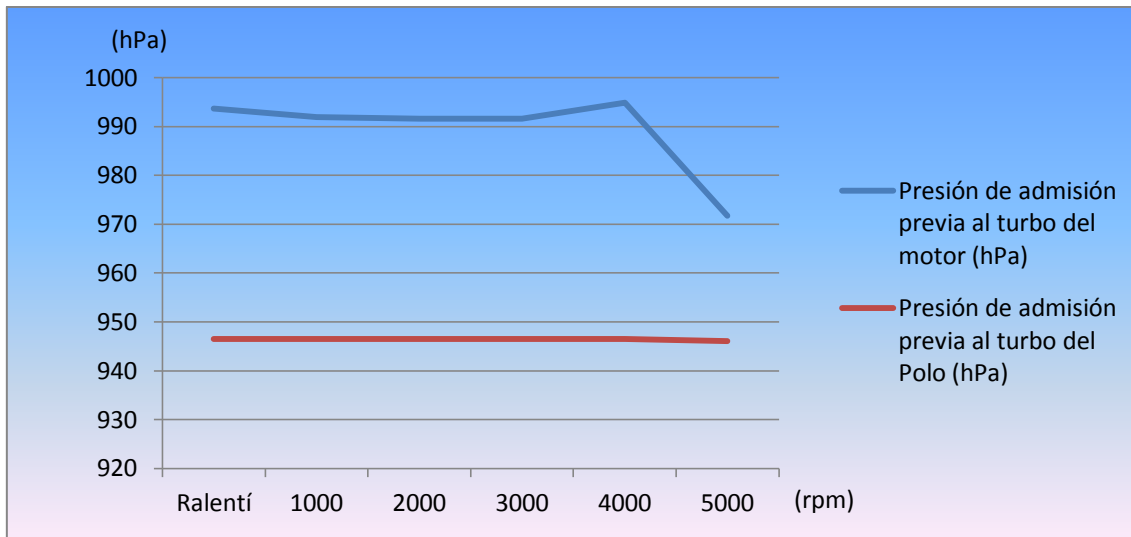


GRÁFICO 8: PRESIÓN DE ADMISIÓN PREVIA AL TURBO

La gráfica puede dar una idea engañosa, ya que parece que hay gran variación entre el Polo y el motor, pero si vemos el rango de datos podemos observar que la diferencia entre ambos motores es de solo 50 hPa siendo valores que se acercan a los 1000 hPa.

Hay otro grupo de parámetros que están relacionados entre sí y tienen un gran interés. Tienen que ver con el aspecto de la inyección y la riqueza de la mezcla.

El más importante sería el de consumo de combustible. Todos los datos aumentan con respecto a las revoluciones, ya que a mayor régimen de giro más consumo pero no todos los datos coinciden en ambas mecánicas. A ralentí y 1000 rpm el Polo consume algo más que el motor y esto es debido a que no se encontraban a la misma temperatura. Cuando el motor se encuentra por debajo de los 90° C parte del combustible que sale en forma vaporizada del inyector se adhiere a las paredes del cilindro haciendo que la combustión sea más dificultosa. Para solucionar ese problema se inyecta más combustible y por eso hay esa diferencia de consumo entre el polo y el motor.

La temperatura del combustible también puede afectar aunque de una manera muy sutil, ya que su densidad varía, y teniendo en cuenta que todos los valores son prácticamente idénticos creo que no es necesario tenerlo en cuenta.

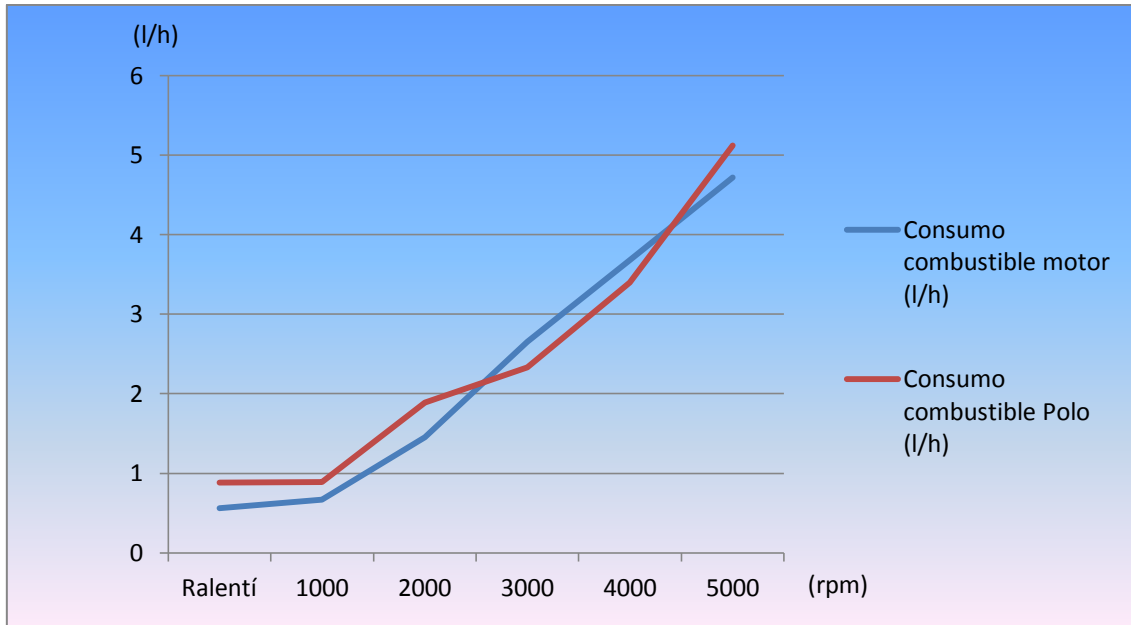


GRÁFICO 9: CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Siguiendo el orden de importancia estaría el tiempo de inyección. Al igual que con el parámetro anterior es destacable los tiempos registrados por el Polo a Ralentí y 1000 rpm. Lo normal es que los tiempos sean parecidos entre el Polo y el motor y aumenten con respecto a las revoluciones, pero aparte de la temperatura hay otro factor determinante, y es la presión de de alta de la rampa de inyección. En circunstancias normales cuando aumenta el giro del motor también lo hace la presión de la bomba y el tiempo de inyección, en cambio a bajas vueltas la presión en la rampa es prácticamente idéntica teniendo que aumentar mucho el tiempo de inyección para conseguir una mezcla aire gasolina adecuada.

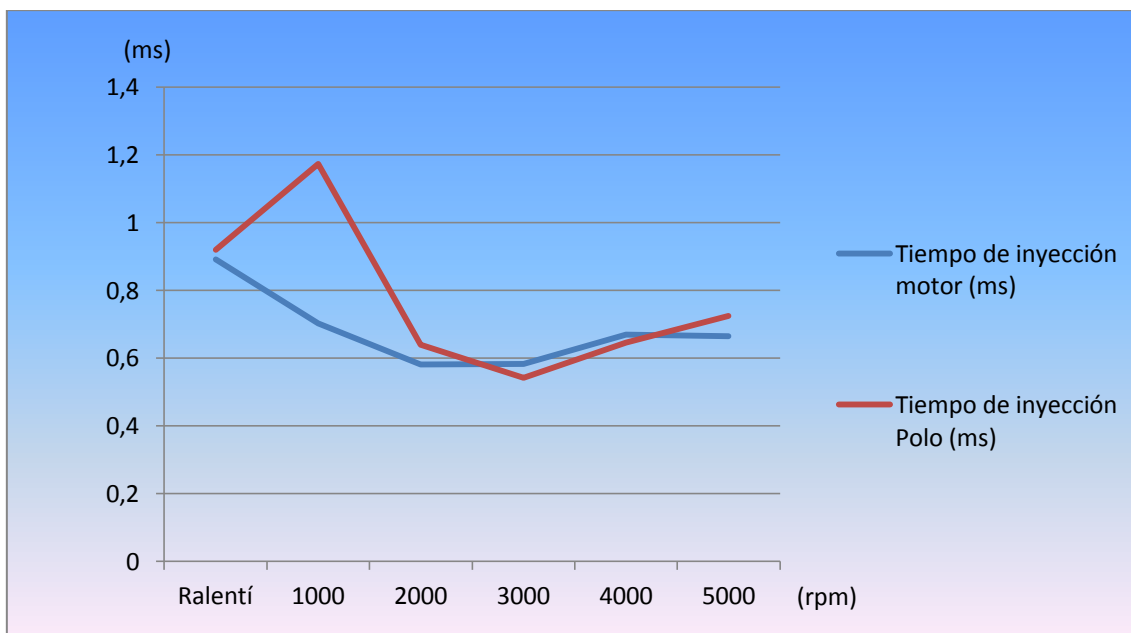


GRÁFICO 10: TIEMPO DE INYECCIÓN

El siguiente conjunto de datos que se va a analizar son las tensiones registradas por las sondas lambdas. Su función es cuantificar la cantidad de oxígeno que sale por el tubo de escape y de esa forma saber si la cantidad de gasolina inyectada es la correcta, así como la combustión.

Esta mecánica dispone de 2 sondas lambdas diferentes, una antes del catalizador y otra después. La primera es de banda ancha, y su complejidad por tanto es mucho mayor que las convencionales. Su función es recoger información de los gases de escape y enviárselos a la centralita de motor, la cual reajustará los parámetros de inyección hasta la que la mezcla se a la deseada.

Debemos tener en cuenta que ésta clase de motores trabajan la mayor parte del tiempo con mezclas estratificadas, ya que el rendimiento es mayor:

$$\text{Rendimiento efectivo} = \frac{\text{Potencia efectiva}}{\text{Consumo de combustible} * \text{poder calorifico inferior}}$$

La cara superior del pistón tiene una serie de formas complejas que crean una turbulencia dentro de la cámara de combustión. Gracias a esa turbulencia, cuando se inyecta el combustible hay zonas con diferente riqueza de mezcla que otras (mezcla estratificada). La prioridad es que la combustión cerca de la bujía sea perfecta y por ello en esa zona lambda ronda valores de 0,9 a 1,1. El resultado es un frente de llama constante y con gran fuerza, que produce un combustión adecuada en las zonas alejadas de la bujía y por tanto, con mezcal pobre.

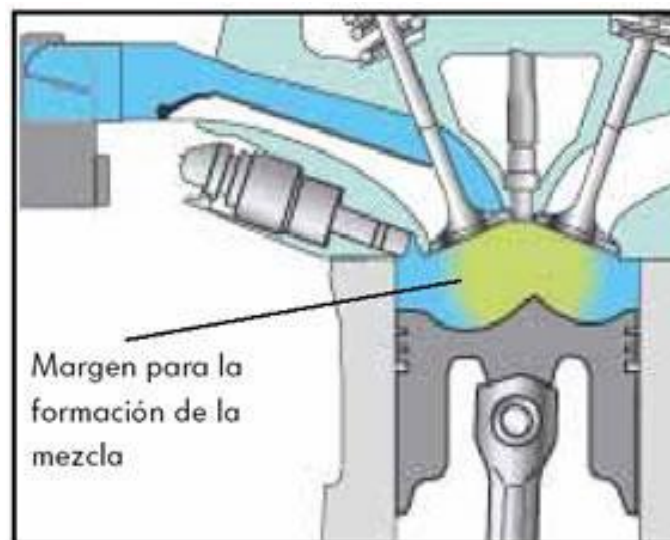


FIGURA 3: MEZCLA ESTRATIFICADA

Si calculáramos la media de lambda de toda la cámara de combustión obtendríamos valores claros de mezcla pobre, pero de ésta forma evitamos los problemas de contaminación y baja potencia que se producirían si toda la mezcla fuera homogénea y pobre.

La segunda sonda es convencional, y da valores comprendidos entre 0 y 1 voltio. Su misión es comprobar que el catalizador está eliminando del escape los gases nocivos para el medio ambiente.

Si nos centramos en los datos recogidos vemos que los valores de la primera sonda prácticamente coinciden entre el Polo y el motor, al igual que sucede con la segunda sonda, por lo que funcionan correctamente.

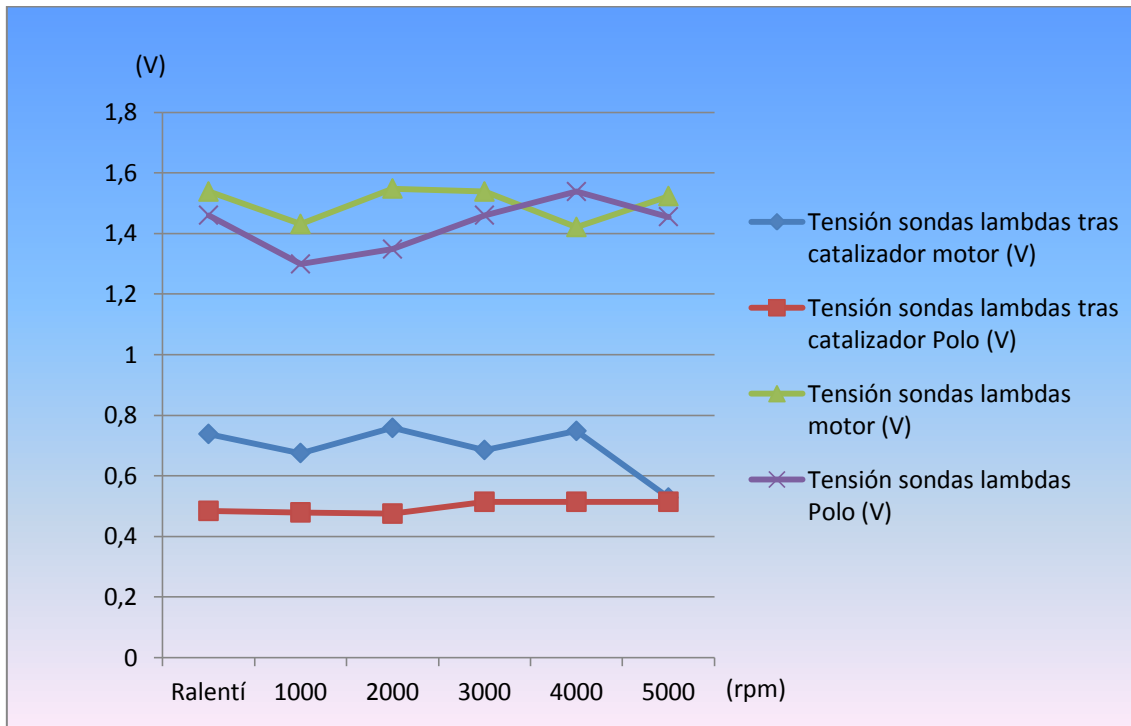


GRÁFICO 11: TENSIÓN SONDAS LAMBDA ANTES Y DESPUÉS DE CATALIZADOR

Para finalizar con este grupo de datos y teniendo en cuenta que son los menos relevantes estarían los de temperatura de aire de escape. Su temperatura asciende con respecto a las revoluciones, ya que como he comentado anteriormente se inyecta más cantidad de combustible produciendo más energía térmica que influye en los gases de desecho. También se puede decir que en el Polo y el motor todos los valores coinciden en todos los regímenes por lo que deduzco que no hay ningún fallo.

Hasta el momento, prácticamente todos los análisis nos hacen ver que no hay fallos en el motor, ya que todos los datos coinciden y además son valores lógicos, pero ahora voy a tratar aquellos que no son teóricamente correctos.

El más destacable es la anulación de la distribución variable. Éste sistema fue explicado al comienzo de la memoria en el apartado de actuadores. Todos los valores son 0 o próximos a 0, ya sean valores reales o teóricos. Eso es algo muy importante ya que si teóricamente la centralita creyera que debe haber un adelanto o retraso de la de la

admisión y ésta no se produjera podría ser fallo del sistema mecánico o del mismo sensor. En cambio en este caso al no requerir el motor de un rendimiento elevado no cree necesario que la bomba de aceite actúe haciendo variar el ángulo de árbol de levas.

Otro parámetro que nos indica un funcionamiento inadecuado de alguno de los dos motores es la temperatura de aire de admisión previo al segundo compresor. Ninguno de los datos recogidos coinciden entre el motor y el Polo, siendo siempre superiores en el caso del Polo.

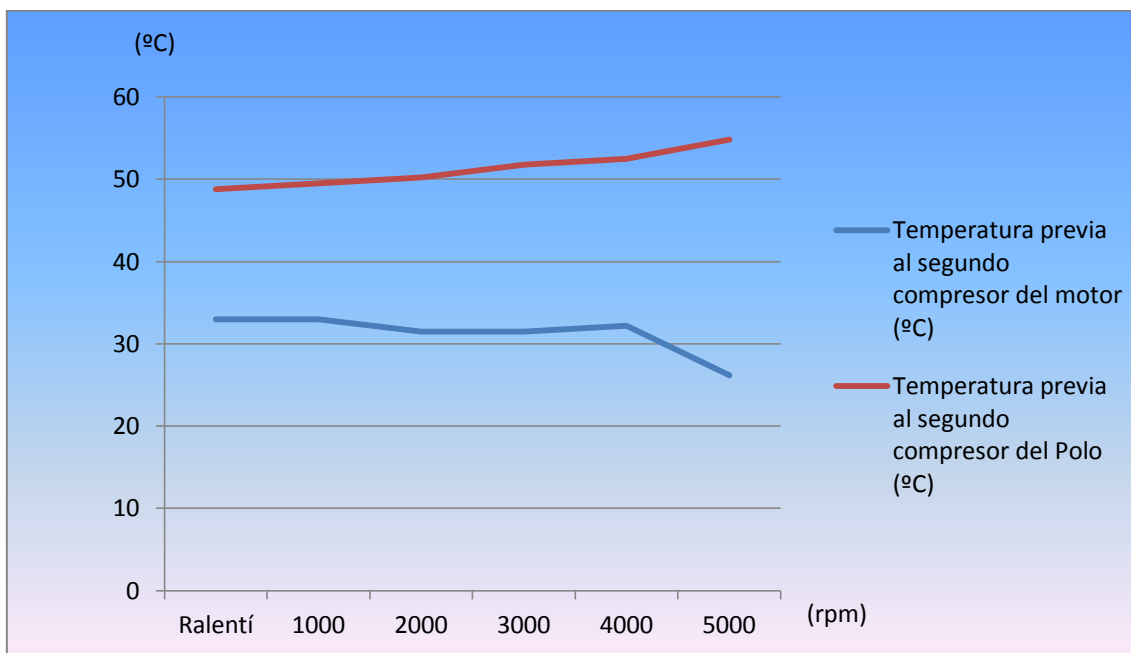


GRÁFICO 12: TEMPERATURA PREVIA AL SEGUNDO COMPRESOR

La admisión ha sido comprobada y no pasa por ninguna zona diferente al motor por la cual pueda recibir energía en forma de calor de otros componentes. Además las temperaturas exteriores y del motor son prácticamente idénticas en todas las muestras.

La única explicación posible a esta diferencia de registros, y teniendo en cuenta que son valores justo antes del turbo, es que al estar el turbo tapado y con mucha menor ventilación, éste adquiera una mayor temperatura cedida por el escape, y que por consiguiente los valores reflejados sean mayores. En el motor en cambio al estar el turbo al aire y el escape modificado la refrigeración es mucho mayor.

Para terminar con el análisis de resultados me fijo en los datos recogidos por el sensor de par. El aspecto positivo en todos ellos es que en ambos motores los valores coinciden en todos los regímenes, pero son muy bajos y muy poco cambiantes. La diferencia de par entre el motor a ralentí y a 5000 rpm es de tan sólo 12 Nm, por lo que en todas las circunstancias el motor va holgado.

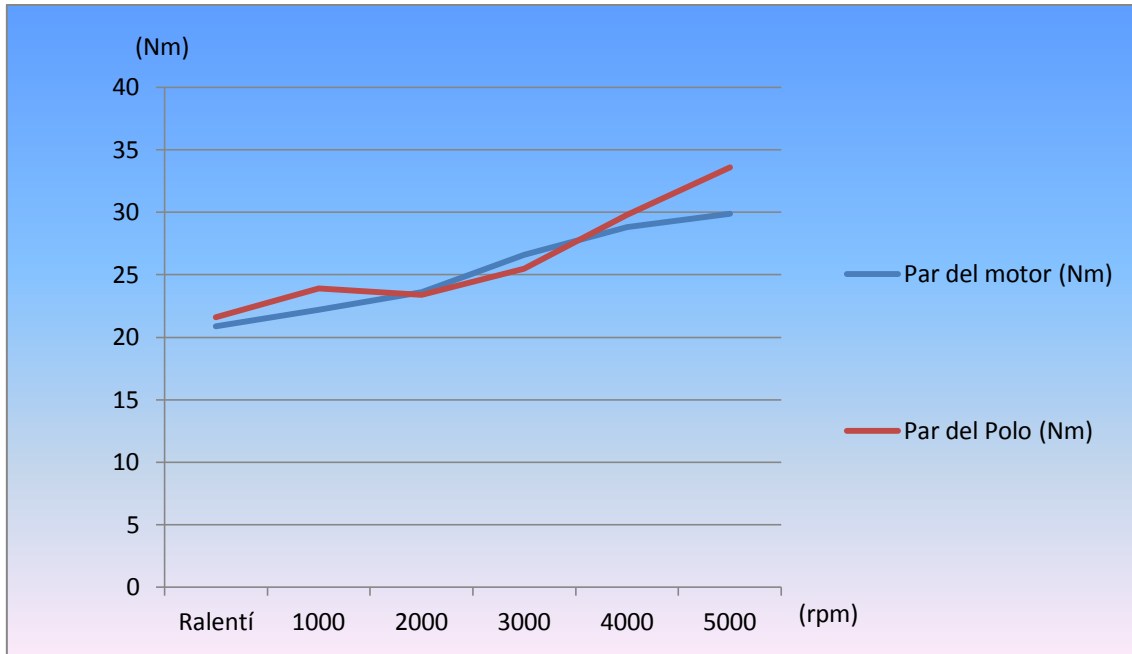


GRÁFICO 13: PAR MOTOR

En circunstancias normales de funcionamiento, y sobre todo cuando se necesita una gran aceleración, el motor debe producir un gran par, y para ello este motor cuenta con tantos sistemas que mejoran el rendimiento. En cambio todas las pruebas realizadas en el taller han sido con la caja en punto muerto y a un régimen constante, por lo que hay muchos sistemas que no han llegado ni a ponerse en funcionamiento. Es el caso de la recién mencionada distribución variable, el turbo o el compresor.

### OPINIÓN PERSONAL

En relación a mis objetivos propuestos para este trabajo, me apena no haber podido conseguir hacer funcionar todos y cada uno de los sistemas del vehículo, pero para ello hubiera sido necesario un circuito donde poder hacer pruebas en pista y el Basic Can 61 plus. Sin embargo, me resulta muy satisfactorio que a pesar de tratarse de un proyecto ambicioso haya sido capaz de conseguir que todos los elementos mecánicos y eléctricos funcionen perfectamente así como de comprobar y analizar los parámetros más característicos de ambos motores.

En líneas generales el motor que se ha instalado en la bancada funciona correctamente, lo siguiente en este procedimiento es probarlo en circunstancias normales de funcionamiento, como puede ser en una carretera cerrada o un circuito, de lo cual se encargarán los futuros estudiantes de Ingeniería que continúen con este proyecto.

## REFERENCIAS

### REFERENCIAS LINKOGRAFÍAS

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Polo](http://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Polo)
- [3] [http://www.grupohidrogeno.es/espanol/galeria\\_fotos\\_arranque\\_4.html](http://www.grupohidrogeno.es/espanol/galeria_fotos_arranque_4.html)
- [4] <http://engine-codes.com/>
- [5] <http://www.e-auto.com.mx/>
- [6] [http://es.wikipedia.org/wiki/Bus\\_CAN](http://es.wikipedia.org/wiki/Bus_CAN)
- [7] <http://www.motorpasionfuturo.com/industria/can-bus-como-gestionar-toda-la-electronica-del-automovil>

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [2] Motor de Gasolina TSI de 1.4l/132kw con doble carga (Programa autodidáctico)
- [8] Volkswagen Navarra S.A. – Novedades Volkswagen
- [9] Volkswagen Navarra S.A. – Motores gasolina TFSI y TSI

### LISTA DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 1: Polo tipo 86*
- Ilustración 2: Polo 86C2 "coupe"*
- Ilustración 3: Polo 86C "coupe"*
- Ilustración 4: Polo 6N2 GTI*
- Ilustración 5: Polo 6N*
- Ilustración 6: Polo 9N*
- Ilustración 7: Polo 9N3 GTI*
- Ilustración 8: Polo A05 Gti*
- Ilustración 9: Polo A05 Gp*
- Ilustración 10: Pruebas del vehículo bicombustible hidrógeno-gasolina en el Campus de la Universidad Pública de Navarra. 17 de Diciembre de 2010. [3]*
- Ilustración 11: Bornera de 186 pins*
- Ilustración 12: Anexo 1*
- Ilustración 13: Sensor falseado de la temperatura ambiente*
- Ilustración 14: VAS 5052 A*
- Ilustración 15: Anexo 3.3*
- Ilustración 16: Pistola de vacío*
- Ilustración 17: Anexo 1*
- Ilustración 18: Bomba de vacío y conjunto electrónico desmontados*
- Ilustración 19: BasicCAN 61 PLUS*



## LISTA DE FIGURAS

*Figura 1: Sistema de admisión y escape del motor 1.4 TSI (CAVE)*

*Figura 2: Can Bus*

*Figura 3: Mezcla estratificada*

## LISTA DE GRÁFICOS

*Gráfico 1: Diagrama de Par-Potencia motor 1.4 TSI (CAVE)*

*Gráfico 2: Campo de acción de los sistemas de Sobrealimentación*

*Gráfico 3: Tension batería (Anexo X)*

*Gráfico 4: Posición acelerador 1 y 2 (Anexo X)*

*Gráfico 5: Alta presión de combustible*

*Gráfico 6: Presión de admisión absoluta*

*Gráfico 7: Presión bruta y teórica del colector de admisión*

*Gráfico 8: Presión de admisión previa al turbo*

*Gráfico 9: Consumo de combustible*

*Gráfico 10: Tiempo de inyección*

*Gráfico 11: Tensión sondas lambda antes y después de catalizador*

*Gráfico 12: Temperatura Previa al segundo compresor*

*Gráfico 13: Par motor*

## LISTA DE DIAGNOSIS

*Diagnosis 1: Primera diagnosis de motor*

*Diagnosis 2: 3 errores nuevos producidos tras comprobación rutinaria*

*Diagnosis 3: Caja de cambios DSG*

*Diagnosis 4: Fallos no relacionados con la falta de componentes*

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Sistemas auxiliares del motor (Editorial Editex)
- Motores (Editorial Editex)
- Elementos estructurales del vehículo (Editorial Editex)
- Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo (Editorial Editex)
- Circuitos electrotécnicos básicos, sistemas de arranque y carga del vehículo (Editorial Editex)
- Sistemas de seguridad y confortabilidad (Editorial Editex)

## ANEXOS

1. Sistema eléctrico de gestión de motor completo. (CAVE/CTHE)
2. Esquemas eléctricos individuales
  - 2.1. Asignación de fusibles
  - 2.2. Cambio de doble embrague DSG
  - 2.3. Equipamiento básico
  - 2.4. Regulador de velocidad (GRA)
  - 2.5. Sistema antibloqueo (ABS) con sist. electrónico de estabilización (ESP)
  - 2.6. Sistema de confort, vehículos con volante a la izquierda
  - 2.7. Tomas de corriente de 12 V
  - 2.8. Ventilador del radiador con aire acondicionado
3. Códigos VAS 5052 A
  - 3.1. Identificación
  - 3.2. Todas los errores registrados al iniciar el TFG
  - 3.3. Memoria de incidencias con fallo de bomba depresora
  - 3.4. Motor a ralentí
  - 3.5. Motor a 1000 rpm
  - 3.6. Motor a 2000 rpm
  - 3.7. Motor a 3000 rpm
  - 3.8. Motor a 4000 rpm
  - 3.9. Motor a 5000 rpm
  - 3.10. Polo a ralentí
  - 3.11. Polo a 1000 rpm
  - 3.12. Polo a 2000 rpm
  - 3.13. Polo a 3000 rpm
  - 3.14. Polo a 4000 rpm
  - 3.15. Polo a 5000 rpm