

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Sistema complet d'injecció electrònica en un motor MEP basada en tecnologia Megasquirt

**Document:** Memoria

**Alumne:** Marc Gallardo Pou

**Tutor:** Marti Comamala Laguna

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industria

**Àrea:** Màquines i motors tèrmics

**Convocatòria (mes/any):** Setembre del 2020

## ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ .....	5
1.1 Antecedents .....	5
1.2 Objecte .....	5
1.3 Abast .....	5
2. MOTOR EMPARAT PER A REALITZAR L'ESTUDI.....	6
2.1 Motor M.E.P .....	6
2.2 Motor utilitzat per a l'estudi.....	6
2.3 Elecció de la configuració .....	7
3. SENSORS .....	8
3.1 Sensor de cigonyal .....	8
3.2 Sensor de posició de l'arbre de lleves .....	9
3.3 Sensor de pressió absoluta del col·lector (MAP).....	10
3.4 Sensor de cabal d'aire (MAF).....	10
3.5 Sonda lambda.....	11
3.6 Sondes de temperatura del tub d'escapament .....	11
4. ACTUADORS .....	13
4.1 Elecció dels injectors.....	13
4.2 Elecció de les bobines .....	14
5. INSTAL·LACIÓ DEL MOTOR .....	15
5.1 Acoblament entre el motor i el banc .....	15
5.1.1 Acoblament entre la cardant i el motor .....	15
5.2 Sistema de refrigeració .....	16
5.2.1 Connexions preexistents en el motor .....	16
5.2.2 Sistema de refrigeració dissenyat .....	16
5.3 Sistema d'alimentació de combustible.....	18
5.4 Comandaments des de l'exterior.....	19
5.4.1 Posada en marxa i parada del motor.....	19
5.4.2 Sistema de control de la papallona d'admissió .....	20
6. ECU.....	21
7. MAPES DE MOTOR .....	22
7.1 Mapes d'injecció.....	22
7.1.1 Conceptes previs: Estequiometria .....	22
7.1.2 Funcionament del mapa.....	23
7.1.3 Zones del mapa .....	24
7.2 Mapes d'encesa .....	26

7.2.1	Conceptes previs: Fases d'una combustió .....	26
7.2.2	Funcionament del mapa.....	26
7.2.3	Taules de correccions .....	27
7.2.4	Característiques del mapa .....	27
8.	ASSAJOS I PRACTIQUES DE LABORATORI.....	29
8.1	Funcionament d'un catalitzador.....	29
8.1.1	Fonament teòric .....	29
8.1.2	Comprovació experimental d'un catalitzador .....	31
8.2.1	Hidrocarburs en funció de la lambda .....	32
8.2.2	CO i CO <sub>2</sub> en funció de la lambda .....	32
8.2.3	Avaluació del gasos de motor en funció de la lambda .....	33
8.3	Potencia en funció de la quantitat de combustible.....	34
8.3.1	Fonament teòric .....	34
8.3.2	Variació de la mescla aire - gasolina per avaluar-ne la potencia .....	34
8.4	Rendiment volumètric .....	35
8.4.1	Fonament teòric .....	35
8.4.2	Càlcul experimental del rendiment volumètric .....	35
8.5	Optimització del col·lector d'admissió.....	36
8.5.1	Comprovació del rang òptim.....	36
9.	RESUM DEL PRESSUPOST .....	38
10.	RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	38
11.	BIBLIOGRAFIA.....	39
ANNEX A:	CÀLCULS.....	40
A 1	Càlculs referents al motor .....	41
A 1.1	Càlcul del diàmetre òptim del col·lector d'admissió .....	41
A 1.1.1	Justificació de la velocitat ideal teòrica del conducte.....	44
A 1.2	Rendiment volumètric .....	44
A 2	Càlculs de sensors i actuadors .....	45
A 2.1	Càlcul roda fònica .....	45
A 2.2	Càlcul del cabal necessari de l' injector.....	46
A 3	CÀLCULS DE LA ECU .....	48
A 3.1	Càlcul del cabal d'aire amb les corresponents correccions .....	48
ANNEX B:	MOTOR MEP .....	49
B 1.	INTRODUCCIÓ .....	50
B 2.	ARQUITECTURA D'UN MOTOR MEP .....	50
B 2.1	Peces fixes .....	50
B 2.1.1	Bloc motor .....	50

B 2.1.2 Culata .....	51
B 2.1.3 Junta de culata .....	53
B 2.1.4 Col·lector d'admissió.....	54
B 2.1.5 Col·lector d'escapament .....	54
B 2.1.6 Càrter.....	55
B 2.2 Peces mòbils .....	56
B 2.2.1 Cigonyal.....	56
B 2.2.2 Pistó .....	57
B 2.2.3 Segments .....	58
B 2.2.4 Boló .....	57
B 2.2.5 Biela .....	58
B 2.3 Sistema de distribució.....	59
B 2.3.1 Arbre de lleves.....	59
B 2.3.2 Taques.....	59
B 2.3.3 Vàlvules.....	60
B.3 FUNCIONAMENT D'UN MOTOR MEP.....	61
B.4 SENSORS EN UN MOTOR MEP .....	63
B 4.1 Sensor de posició del cigonyal.....	63
B 4.2 Sensor de posició de l'arbre de lleves.....	64
B 4.3 MAP .....	65
B 4.4 IAT i CT .....	65
B 4.5 MAF.....	66
B 4.6 TPS .....	66
B 4.7 Sonda lambda .....	67
B.5 ACTUADORS EN UN MOTOR MEP .....	68
B 5.1 Injectors.....	68
B 5.1.1 Que es un injector?.....	68
B 5.1.2 Funcionament d'un injector .....	68
B 5.2 Bobines .....	68
B 5.2.1 Que es una bobina?.....	68
B 5.2.2 Funcionament de una bobina.....	69
B 6. SISTEMES AUXILIARS.....	69
B 6.1 Actuator del control del ralenti .....	69
B 6.1.1 Funcionament del motor CC .....	70
B 6.2 Actuator del sistema d'admissió variable .....	70
B 6.2.1 Funcionament del mecanisme .....	71
ANNEX C: ECU; FUNCIONAMENT I CONFIGURACIO .....	72

C 1. FUNCIONAMENT LA ECU.....	73
C 1.1. Funcionament basic.....	73
C 1.2 Lectura de les revolucions i posició del motor.....	74
C 1.3 Gestió de l'encesa .....	75
C 1.3.1 Configuració de la bobina .....	75
C 1.3.1.1 Correccions per temperatura .....	76
C 1.3.1.2 Correccions per voltatge .....	76
C 1.3.2 Mapa d'encesa .....	75
C 1.3.3 Correccions .....	76
C 1.4 Temps d'injecció .....	77
C 1.4.1 Correccions en l' injecció .....	78
C 1.4.1.1 Correccions per voltatge .....	78
C 1.4.1.2 Correccions en fase d'acceleració.....	78
C 1.4.1.3 Correccions al arrancar el motor .....	79
C 1.5 Control del ralenti .....	79
ANNEX D: CONNEXIONS I ESQUEMES ELÈCTRIQUES .....	80
D 1. CONNEXIONS DE LA ECU.....	81
D 2. ESQUEMA DEL CABLEJAT ORIGINAL DEL MOTOR.....	82
D 3 CONNEXIONS DE L'ALTERNADOR.....	83
D 4. ESQUEMA DEL SENSOR MAF .....	84
ANNEX E: ESPECIFICACIONS TECNiques .....	85
E 1. ESPECIFICACIONS DEL MOTOR .....	86
E 1.1 Especificacions generals del motor.....	86
E 1.2 Distribució.....	86
E 1.2.1 Diagrama d'obertura de vàlvules.....	87
E 1.2.2 Perfil obertura vàlvula admissió .....	87
E 1.2.3 Perfil obertura vàlvula escapament .....	88
E 1.3 Prestacions.....	88
E 1.4 Gràfiques de potencia.....	89
E 2 ESPECIFICACIONS ACTUADORS.....	90
E 2.1 Injectors .....	90
E 3 Especificacions ECU .....	91
E 3.1 Especificacions de les connexions.....	91
E 3.2 Especificacions de funcionalitats .....	91
E 4 ESPECIFICACIONS DELS COMBUSTIBLES .....	92
E 4.1 RON 95.....	92
E 4.2 RON 98.....	93

E 4.3 E85 .....	94
ANNEX F: SISTEMES D'INJECCIÓ ELECTRÒNICA .....	95
F 1 INTRODUCCIÓ .....	96
F 2 SISTEMES D'INJECCIÓ.....	96
F 2.1 Injecció mono punt.....	96
F 2.2 Injecció multipunt .....	97
F 2.2.1 Injecció multipunt semi seqüencial .....	97
F 2.2.2 Injecció multipunt seqüencial.....	98
F 3SISTEMES D'ENCESA ELECTRÒNICA.....	98
F 3.1 Encesa electrònica amb distribuïdor .....	98
F 3.2 Encesa electrònica semi seqüencial .....	99
F 3.3 Encesa electrònica seqüencial.....	99
F 4 SISTEMES DE GESTIÓ .....	99
F 4.1 Alfa N.....	100
F 4.2 MAP .....	100
F 4.3 MAF .....	101
F 4.4 Combinació entre MAP i MAF .....	101

## **1.INTRODUCCIÓ**

### **1.1 Antecedents**

Des de fa temps, existeix la necessitat de tenir un motor M.E.P. amb injecció electrònica en el banc de proves del laboratori de motors tèrmics. Actualment, s'hi realitzen practiques de diverses carreres: GEM, GETI, GEQ, GEEI i MEI i s'hi porten a terme diverses recerques, especialment la de recuperació d'energia residual en l'escapament del grup de recerca GREFEMA

Fins ara, totes les practiques i recerques s'han realitzat amb motors que la seva gestió es totalment mecànica: Motors diesel amb bomba injectora (únicament gestionant la quantitat de la mescla) i motors de gasolina a carburació (únicament gestionant la papallona d'admissió). El problema era que son motors en els quals tens grans dificultats per treballar-hi: qualsevol modificació te una difícil adaptació per ajustar el motor de nou, no pots forçar comportaments anòmals per a veure'n el resultat, no pots ajustar paràmetres del motor per a variar-ne la temperatura de l'escapament, etc

### **1.2 Objecte**

Implementar un sistema d'injecció electrònica programable en un motor Otto 4 temps, 4 cilindres. Tenir un motor de base per a fer pràctiques d'injecció electrònica, emissions i combustibles. Tenir una instal·lació actualitzada a les tecnologies actuals i permetre millorar la recerca actual que es fa en motors tèrmics dins el grup de recerca GREFEMA.

### **1.3 Abast**

Instal·lació i muntatge mecànic complet del motor en el banc de proves. Adaptació dels sensors del banc de proves al motor. Creació d'un nou circuit de refrigeració. Realització dels càlculs i elecció dels nous sensors a incorporar al motor, adaptació dels sensors existents a la nova electrònica de control. Utilització del hardware i software Megasquirt i la seva adaptació al motor de prova mitjançant la creació dels mapes de control d'injecció, encesa i lambda. Plantejament d'assajos en el banc de proves, incloent-hi la possibilitat d'utilitzar diferents combustibles, com ara E5 i E85.

## 2. MOTOR EMPARAT PER A REALITZAR L'ESTUDI

### 2.1 Motor M.E.P

Els motors M.E.P (Motors de encesa provocada) són juntament amb els motors diesel, els motors de combustió interna més utilitzats en la actualitat. Són motors de combustió interna de tipus endotèrmica volumètrica que basen el seu funcionament en un volum variable que es genera entre la cambra de combustió i el pistó a causa del moviment d'aquest.

### 2.2 Motor utilitzat per a l'estudi

Per a realitzar el muntatge, s'ha utilitzat un motor disponible en el laboratori de motors tèrmics. El motor en qüestió es tracta d'un motor atmosfèric de 4 temps i 4 cilindres procedent d'un SEAT Ibiza, concretament un motor amb referència AFT. Es tracta d'un motor que es va comercialitzar entre els anys 1992 i 2001 i que va ser utilitzat per a diversos vehicles de diverses marques, entre elles SEAT i VOLKSWAGEN.



No obstant, degut a la seva antiguitat i a que el motor restava molt lluny del seu estat de funcionament, principalment per la falta de peces, entre altres factors. Tant mateix, tal i com s'explicarà a continuació, aprofitant la incorporació de l'ECU programable, s'ha decidit dur a terme diverses millores en el funcionament del motor.

**Figura 1: Motor M.E.P utilitzat en el projecte**



### **2.3 Elecció de la configuració i modificacions necessàries**

El tipus de configuració que s'ha decidit implementar es un sistema d'injecció i encesa seqüencial. Això implicarà, entre altres coses, substituir la bobina original per un conjunt de bobines per tal de disposar d'una per cada cilindre. També ens serà necessari la implementació d'un sensor de cigonyal i un d'arbre de lleves.

Per altre banda, pel que fa a la gestió de la electrònica, s'ha decidit utilitzar el sensor MAP com a referència. No obstant, s'ha decidit deixar una preinstal·lació en el muntatge per tal de poder connectar un caudalímetre en futurs muntatges.

En el següent capítol es mostraran les adaptacions que s'han fet al motor i quins sensors o actuadors s'han implementat de nou.

### 3. SENSORS

Quan s'implementa un sistema d'injecció electrònica, apareix una necessitat en quant a informació. Es per aquest motiu, que s'ha d'implementar una sèrie de sensors per tal de poder assegurar un correcte funcionament de la centralita. Tanmateix, cal remarcar que es important que la centralita, gracies a tots els sensors disponibles, sigui capaç de detectar tots els canvis en l'entorn que puguin afectar al correcte funcionament del motor.

En aquest cas, al partir d'un motor que ja disposava d'injecció electrònica, aprofitarem alguns dels sensors sempre i quan siguin vàlids per al nou sistema d'injecció i implementarem els que siguin necessaris per al correcte funcionament

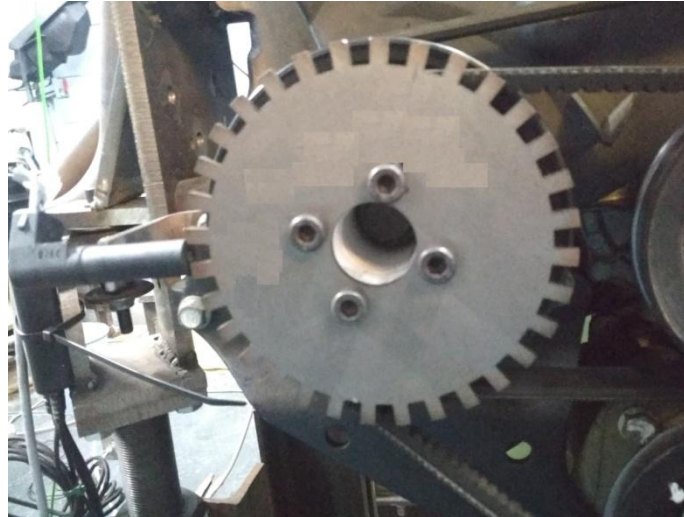
#### 3.1 Sensor de cigonyal

El sensor del cigonyal, o sensor de revolucions, es un sensor destinat a detectar a les revolucions a les quals gira el cigonyal del motor. En aquest cas, el sensor original llegia una roda fònica de 48-2, per la qual cosa no ens serà compatible amb el sistema que es vol implementar, i per tant, s'ha dissenyat un nou sistema de captació de revolucions.

En aquest cas, les principals característiques que hauria de tenir aquest nou sistema son les següents:

- Al dissenyar una roda fònica nova, la manera mes precisa i alhora econòmica, es tracta d'una peça de tall laser d'un material ferromagnètic. Es per això, que el sensor que escollim ha de ser capaç de detectar materials ferromagnètics.
- El captador ha de ser capaç de treballar a freqüències d'igual o superior magnitud a les que pot operar la centralita
- El nombre de dents utilitzats en la roda fònica ha de ser l'adequat perquè la freqüència generada no superi la freqüència màxima que es capaç de llegir ECU (veure annex A2.1).

A partir dels punts nomenats anteriorment, s'ha decidit que el sensor mes adequat era un de caràcter inductiu (veure annex F) , juntament amb una roda fònica de 40 dents de ST - 37.



**Figura 2: Muntatge del sensor amb la roda fònica**

### 3.2 Sensor de posició de l'arbre de lleves

El sensor de posició de l'arbre de lleves es un dels sensors mes importants per al funcionament del motor. Aquest sensor ens permetrà saber amb una certa antelació en quin moment el cilindre nº1 es troba en punt mort superior. Habitualment, en motors ja destinats a funcionar amb sistemes d'injecció, la pròpia politja de l'arbre de lleves sol portar una zona imantada per a poder utilitzar un sensor de tipus Hall, ja que obtindrem una senyal digital molt mes neta. Per tant, per a l'elecció del sensor tindrem en compte els següents factors:

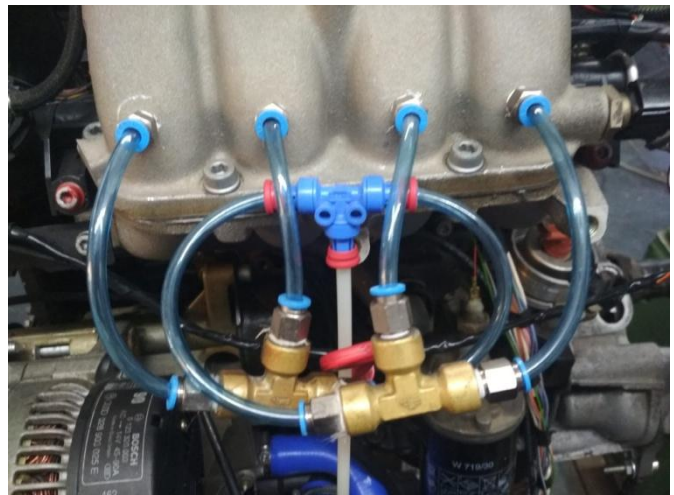
- Sensor de tipus Hall, que serà necessari per llegir un camp magnètic, i alhora ens proporcionarà una senyal digital.
- El captador ha de ser capaç de treballar a freqüències d'igual o superior magnitud a les que pot operar la centraleta.
- La polaritat del sensor sigui adequada per al camp magnètic que llegirem

A partir dels punts nomenats anteriorment, s'ha decidit que el sensor mes adequat serà un de tipus Hall, juntament amb un iman de neodimi situat a una posició estratègica en la pròpia politja de l'arbre de lleves.

### 3.3 Sensor de pressió absoluta del col·lector (MAP)

El MAP es un sensor que ens permet conèixer la depressió en el col·lector d'admissió, i en conseqüència, conèixer la carrega de motor. En aquest cas, la ECU porta un sensor MAP incorporat, el qual aprofitarem connectant-hi un tub des del col·lector fins la ECU.

Normalment, es vol situar aquests sensors en punts molt pròxims al tram final del col·lector d'admissió, ja que d'aquesta manera s'obté una resposta més sensible del sensor. Per aconseguir-ho, s'ha decidit treure un tub des de cada un dels conductes del col·lector d'admissió (ja que fer-ho tant sols amb un d'ells, podríem falsejar les dades en cas de que aquest cilindre tingues alguna anomalia), i s'ha ajuntat en un sol tub que es connectarà a la ECU. D'aquesta manera, aconseguim una lectura fiable i molt reactiva, ja que està situat en un punt molt proper a la vàlvula d'admissió.



**Figura 3: Disposició de les connexions dels tubs de depressió**

### 3.4 Sensor de cabal d'aire (MAF)

Aquest sensor, que ens permetrà mesurar l'aire aspirat per al motor, es el més complex que tindrà el motor, tant a nivell de connexions com de funcionament. En aquest cas, tindrem en compte els següents factors per a l'elecció del sensor:

- Degut a la gran complexitat del sensor, buscarem un sensor que incorpori la seva pròpia electrònica, de manera que ens proporcionarà un voltatge d'entre 0 i 5 volts proporcional al cabal d'aire aspirat
- El rang de mesura del cabal ha de ser igual o superior al màxim cabal d'aire que podrà aspirar el motor.
- Que el sensor sigui de tipus fil o lamina calenta

Tenint en compte les característiques que acabem d'esmentar, i tenint en compte que al laboratori de motors n'hi ha bastants de disponible, s'ha decidit utilitzar el caudalímetre que s'adaptava millor a les nostres necessitats dels diversos que teníem disponibles.

### 3.5 Sonda lambda

La sonda lambda es un sensor molt important per a conèixer si el motor està realitzant una combustió adequada. Es un sensor que ens permet conèixer la quantitat d'oxigen que hi ha a l'aire. Per a l'elecció d'aquest sensor, ens em basat en els següents factors:

- Per a poder tenir un rang de funcionament molt extens, imprescindible en un banc de proves, la sonda lambda ha de ser de banda ample
- Degut a la dificultat d'obtenir una correcte mesura, s'utilitzaran sondes lambda que proporcionin directament una senyal digital.

En aquest cas, al disposar d'un catalitzador, s'ha optat per a instal·lar dos sondes lambdes: la primera, situada abans del catalitzador, serà un indicador directe del funcionament del motor, mentre que la segona, situada després del catalitzador, serà un clar indicador del funcionament d'aquest.

### 3.6 Sondes de temperatura del tub d'escapament

Encara que no puguin semblar tant necessàries, les sondes de temperatura poden arribar a proporcionar informació molt important sobre el funcionament del motor.

En el nostre estudi en particular, s'ha decidit per afegir una sonda a cada una de les sortides del col·lector d'escapament, sense perdre de vista les que ja tenim instal·lades i que controlem des de la pròpia ECU. D'aquesta manera, podrem controlar diversos paràmetres. D'entrada, podrem controlar la combustió de cada un dels cilindres per separat. Sobretot en motors com en nostre, on l'admissió no esta gaire optimitzada i amb l'afegit que l'entrada d'aire en aquesta es per un lateral, es altament probable



**Figura 4: Sondes de temperatura, una per a cada cilindre.**

que l'emplenament de cada un dels cilindres sigui diferent. Es per això, que partint d'una referència clara de la temperatura de cada un d'ells, podrem observar aquestes anomalies molt fàcilment.

I finalment, per a l'eficiència. El moment més eficient d'un motor es aquell en el que transforma la major quantitat possible de combustible en energia, i per tant, com menys energia es desaprofiti en forma de calor, molt millor. Es per això, que en el moment de màxim parell, hi ha un patit marge en el qual aquest no augmenta ni decreix, però si ho fa la temperatura. I es per això, que afegint aquestes sondes podrem aconseguir trobar el punt de màxima eficiència.

## 4. ACTUADORS

En un motor MEP existeix una gran quantitat d'actuadors que ens permeten gestionar-lo de forma adequada. Habitualment, com més precisió en el govern del motor es busca, més complex es fa tot el circuit d'actuadors que hi ha al darrere. En aquest cas, ens centrarem en els essencials per al funcionament del motor, afegint-hi únicament als essencials el control de l'admissió variable.

### 4.1 Elecció dels injectors

La elecció dels injectors es una elecció molt important, ja que uns injectors inadequats, poden generar un mal funcionament en el motor. En el nostre cas, el motor ja constava d'injectors, però degut a que estaven en mal estat en el que es trobaven, es va decidir reemplaçar-los per uns de millors.

En l'elecció, hi ha diversos factors a tenir en compte:

- El cabal de l'injector. Que l'injector tingui un cabal adequat es molt important, ja que del contrari, podem tindre problemes en el funcionament. Això es degut a que quan un injector treballa per sobre de la seva capacitat, pot entrar en un estat de solapament en els cicles i generar un cabal incontrolat de gasolina (Veure annex )
- Pressió d'alimentació: Cada injector te un rang de pressions determinat en el que ha de treballar. Una pressió superior implicaria un major cabal de gasolina en cada cicle, i pel contrari, un inferior, una quantitat menor a la desitjada.
- Dimensions de l'injector: Al tenir un sistema d'injecció ja existent, el més habitual es aprofitar els diversos conductes i suports ja existents. Es per això que el nou injector ha de ser igual a l'anterior en llargada i en els diàmetres funcionals, es a dir, en els extrems on encaixa amb la rampa de pressió i amb el col·lector d'admissió.
- Nombre d'orificis: Com a major quantitat, millor polarització tindrem.

Basant-nos amb aquest factor, finalment em escollit un injector de característiques molt semblants al original, però amb un caudal lleugerament superior, la qual cosa ens permetrà utilitzar combustibles amb relacions estequiomètriques inferiors a 14.7 , com ara el E85.

## 4.2 Elecció de les bobines

Com be em explicat anteriorment, originalment el motor portava una sola bobina i mitjançant un distribuïdor, repartia la guspira a cada un dels cilindres. Tot i que es un mecanisme totalment vàlid, s'ha decidit aportar una millora en el sistema d'encesa.

En primer lloc, s'ha tingut en compte alguns factors importants alhora de escollir les bobines que s'instal·laran al motor:

- Utilització de bobines independents, ja que es un mecanisme molt més precís, eficient i potent que el de sèrie
- L'espai disponible es limitat, ja que el col·lector d'admissió passa per sobre els orificis de muntatge de les bugies.
- Degut a las característiques de la ECU (Veure annex B 4.1), només podem utilitzar bobines transistoritzades, ja que del contrari hauríem de modificar la placa base d'aquesta per a poder implementar un sistema de control adequat a altres bobines.

Si tenim en compte aquests factors, després de valorar diverses bobines, finalment es va escollir aquesta bobina: **NGK U5002**. Es tracta d'una bobina tipus COP (Coil on Plug), es a dir, una bobina per a cada cilindre i transistoritzada. Que la bobina estigui transistoritzada ens facilita el control d'aquesta, ja que es una bobina que porta un petit circuit de control, que alimentant-lo amb una senyal de 0-5volts, ens permetrà governar-la correctament i de forma molt precisa



## **5. INSTAL·LACIÓ DEL MOTOR**

La instal·lació d'un motor en un banc de proves es complexa. No tant sols implica el propi muntatge en la bancada, sinó que s'han d'adaptar tots els sistemes auxiliars a aquest, la connexió mecànica entre motor i banc, sistema de combustible, etc. No obstant, l'objectiu d'aquest capítol es per parlar de les parts de l'adaptació que impliquen un disseny (les altres parts les trobareu a l'annex C)

### **5.1 Acoblament entre el motor i el banc**

La millor manera d'acoblar un motor a un banc de proves es aquella en la que existeixen les mínimes pèrdues energètiques, i per tant, serà aquella que sigui més directa i més precisa. Es per aquest motiu, que s'ha decidit utilitzar una junta cardant de doble creueta per a dur a terme aquesta unió.

El fet d'utilitzar un junta cardant ens aporta diversos beneficis. Per una part, ens garanteix una bona transmissió entre els dos eixos (motor i banc de proves), alhora que ens permet que existeixi una certa desalinealitat entre ells, cosa que facilita molt el muntatge d'aquest a la bancada.

Per a poder realitzar aquest acoblament, s'ha hagut de dissenyar els elements pertinents per a tal de fer la unió viable. S'ha partit de la base d'una cardant ja disponible al laboratori i amb l'acoblament adequat per al banc, i per tant, com veurem a continuació, s'ha procedit a dissenyar i fabricar la unió entre la cardant i el motor.

#### **5.1.1 Acoblament entre la cardant i el motor**

L'acoblament entre la cardant i el motor es una unió molt important, ja que una imprecisió en aquest punt, pot implicar averies mecàniques i greus problemes de vibracions.

Per a realitzar aquest disseny, es parteix d'una cardant ja existent al laboratori. I per l'altra banda, estudiant detalladament el volant motor, em pogut comprova que un cop extret el sistema d'embragatge, ens queda un volant motor amb una sèrie de forats roscats centrats al voltant d'un orifici circular. A més, s'ha pogut comprovar que l'interior d'aquest, existeix una superfície mecanitzada.

El primer pas es evitar vibracions en la transmissió del moviment, i la manera més eficaç, es incorporant un centrador per a les dos peces que volem unir, de manera que garantirem a la perfecció la alineació dels dos eixos de rotació. Per la primera unió, dotarem de rosca 4 forats, que estan situats de manera rectangular, per a poder collar-hi la cardant. Finalment, per a l'acoblament amb el motor, el collarem al volant motor. Per a realitzar aquesta unió, aprofitarem els 8 forats preexistents que originalment collaven el sistema d'embragatge per collar-hi la nova peça (Veure DOC 2: Plànols).

## **5.2 Sistema de refrigeració**

La refrigeració en un motor M.E.P. es un element fonamental per al seu correcte funcionament. Degut a les altes temperatures que es generen a l'interior de la cambra de combustió, la temperatura de tots els elements que conformen el motor s'han de mantenir dins d'uns límits per evitar averies degut a les dilatacions o fatigues extremes que poden patir els diversos elements del motor.

### **5.2.1 Connexions preexistents en el motor**

Qualsevol motor de combustió refrigerat per aigua, internament té tot una sèrie de conductes i cambres per on aquesta hi circula. A través d'aquests recorreguts interns per l'interior del motor, l'aigua absorbeix la calor generada per aquest i ajuda a mantenir-lo a una temperatura relativament estable entorn dels 90°C.

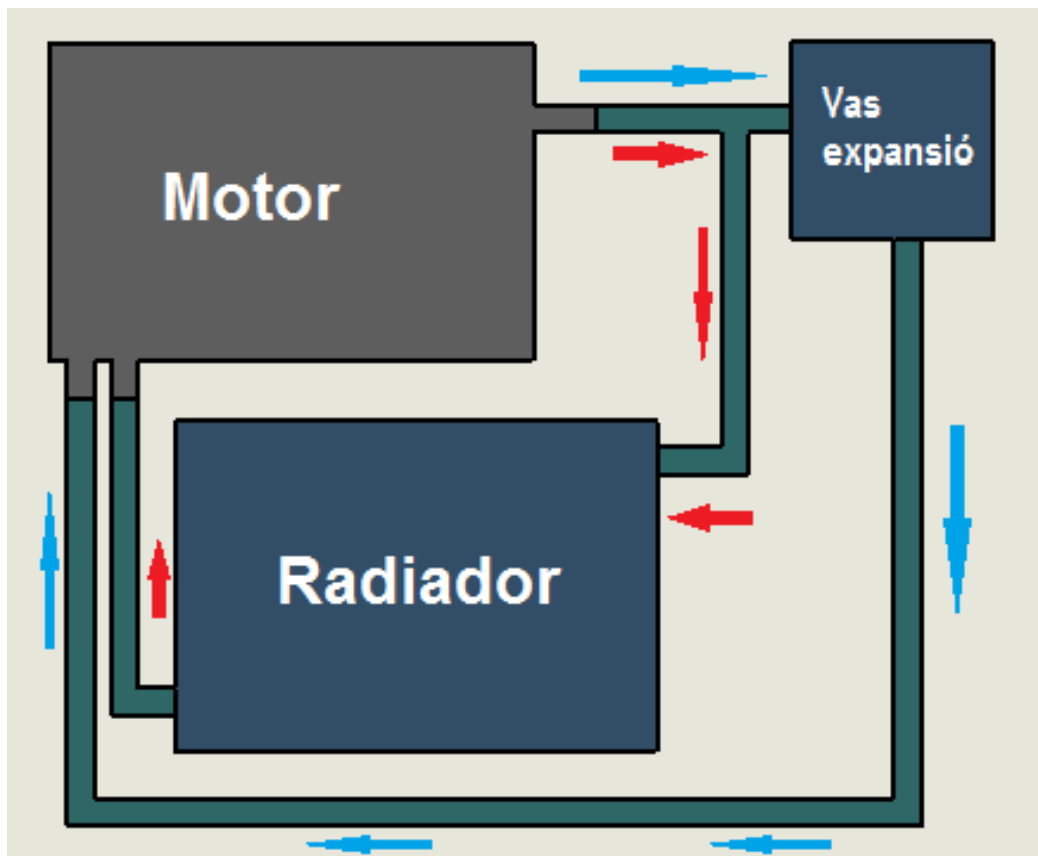
En el nostre motor, hi trobem diverses entrades i sortides ( 3 entrades, 1 a través d'un termòstat, i 2 sortides).

### **5.2.2 Sistema de refrigeració dissenyat**

Hi ha moltes maneres d'enfocar el disseny d'un sistema de refrigeració i qualsevol d'ells serà adequat sempre que compleixi correctament la seva funció.

En el nostre cas, s'ha decidit utilitzar un sistema amb un doble recorregut i vas d'expansió. S'ha dissenyat de tal manera en que el motor arribi a la seva temperatura de funcionament el més ràpidament possible, però alhora garantint sempre que el circuit no pugui presentar bombolles d'aire.

El primer recorregut (en blau) correspondria a l'arrencada, quan el motor està fred. En aquest moment, el termòstat està tancat i per tant, no circula aigua pel radiador. Aquest circuit, agafa l'aigua de la part inferior del vas d'expansió i a través dels tubs del sistema, alimenta directament la bomba de líquid refrigerant. En aquest cas, la connexió de retorn al vas d'expansió es realitza amb una connexió en forma de T, de manera que quan el termòstat està tancat serà per on passarà el refrigerant, però quan aquest estigui obert, el líquid tendirà a anar directament al radiador (després aquesta connexió bàsicament traurà els excessos d'aigua i pressió del circuit i els conduirà al vas d'expansió).



**Figura 5: Esquema del funcionament del sistema de refrigeració dissenyat.**

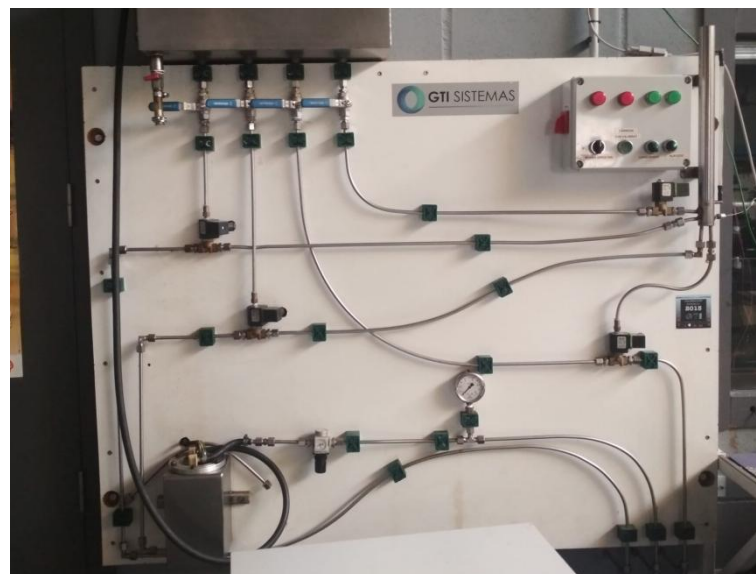
El segon recorregut (en vermell) es donarà quan tinguem el motor calent i el termòstat estigui obert. En primer lloc, el líquid refrigerant sortirà per la part superior de la culata i anirà directe al radiador. No obstant, la connexió en forma de T, com be s'ha explicat, ens permetrà alliberar els excessos de pressió o aire del circuit. Un cop el líquid es troba al radiador, a través d'un procés de convecció, entrega la temperatura a l'aire de la sala i surt a una temperatura clarament inferior a la del moment en que entra al radiador. A la sortida d'aquest, el circuit alimenta directament a la bomba d'aigua, que envia l'aigua a través del motor i on tornàriem a començar el cicle que acabem d'explicar.

### 5.3 Sistema d'alimentació de combustible

Tot i que la centralita disposa de l'opció de governar una bomba de combustible, s'ha decidit utilitzar el sistema d'alimentació ja disponible en el banc, ja que ens ofereix un control més extens i ens permet fer mesures de consum, alhora que ajustar la pressió del circuit, entre altres.

El circuit està format per tota una xarxa de canonades i electrovàlvules, que ens permeten modificar el recorregut de la benzina per tal que aquesta passi a través de diversos recorreguts. Un dels recorreguts més habituals és a través calibrat, que s'utilitza si es vol realitzar una lectura del consum, per exemple, o per variar d'una alimentació per gravetat, com podria ser un motor a carburació a una alimentació forçada, com seria el nostre cas, en el qual utilitzem una bomba per proporcionar pressió al circuit d'injecció del motor.

En el nostre cas, el circuit utilitzat tindria la forma següent: La gasolina partiria d'un dipòsit principal, on a través d'un conducte governat per una electrovàlvula, arribarà a un segon dipòsit en el que hi trobem la bomba. Aquest segon dipòsit, en el qual hi trobem la bomba, disposa d'un conducte de ventilació per a evitar que es faci al buit a l'interior d'aquest. Un cop arribat a aquest dipòsit, la gasolina es bombeja a través d'un regulador fins a la sortida del circuit. Des d'aquest punt, hi connectarem una mànega fins a la rampa d'injecció del motor, de manera que el motor ja tindrà l'alimentació de combustible completa. Finalment, connectarem de nou utilitzant una mànega, el retorn de la rampa amb el circuit de retorn que enviarà la gasolina sobrant de nou cap al dipòsit principal del circuit.



**Figura 6: Sistema d'alimentació de combustible**

## 5.4 Comandaments des de l'exterior

La instal·lació del motor ha d'incorporar diversos mecanismes de control, que ens permetin governar-lo des de l'exterior de la sala on hi ha el banc. En el nostre cas, necessitarem controlar la posada en marxa del motor, així com la seva aturada i la posició de la papallona d'admissió.

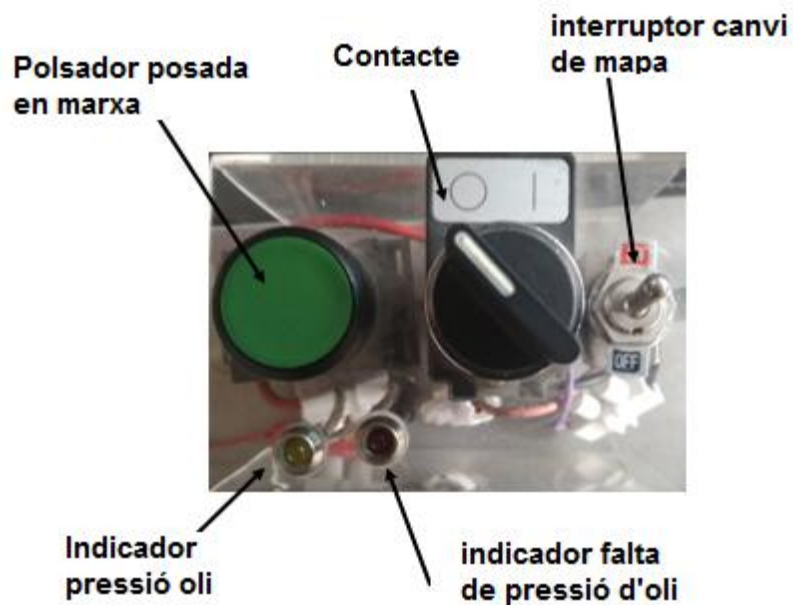
### 5.4.1 Posada en marxa i parada del motor

La posada en marxa i parada del motor es una gestió molt important. La posada en marxa es una operació que realitzada des de l'interior, en un punt crític com es al costat dun motor i tots els seus mecanismes auxiliar en constant moviment, pot suposar un perill per a la persona que s'encarregui d'aquesta tasca. Es per això que s'ha implementat una sèrie de controls exteriors amb la seva corresponent instal·lació elèctrica per a fer-ho possible des de l'exterior.

Per fer-ho, hem implementat un petit panell de control. En ell hi trobem diversos controls i leds indicatius. El funcionament del panell es el següent:

- Un interruptor general, anomenat habitualment com a contacte, serà l'encarregat de d'activar el relè que posteriorment activarà tots els circuits així com el sistema de posada en marxa del motor. Tanmateix, aquest contacte ens permet treure tota l'electricitat del circuit en qualsevol moment, i per tant, vol dir que ens permet parar el motor en qualsevol moment.
- Un polsador de posada en marxa ens permetrà accionar el motor d'arranc, i en conseqüència, posar en marxa el motor ( aquest polsador únicament funciona si el contacte està activat).
- Un segon interruptor ens permetrà canviar el mapa de motor que estiguem utilitzant (podem canviar entre dues figures diferents de mapes de potencia).
- Leds indicatius de la pressió i falta de pressió en el circuit de lubricació del motor

Per tant, la disposició ens quedarà de la següent manera:



*Figura 7: Panell de control del motor*

#### 5.4.2 Sistema de control de la papallona d'admissió

Com tots els motors MEP, el nostre motor té un element de gestió primari, que és la papallona d'admissió. Aquest mecanisme és el que gestionarà l'aire que podrà aspirar el motor i en conseqüència, la centraleta actuarà per subministra-li gasolina. Però, com es pot governar el motor?

La solució és adaptar un sistema de palanques que ens permetin accelerar des de l'exterior. S'ha decidit adaptar un mecanisme d'accelerador ja existent en el laboratori per tal de realitzar aquesta funció. En primer lloc, si partim de la papallona d'admissió, veurem que aquesta ja disposa d'una connexió per un cable funda per tal de gestionar la posició de l'accelerador. En base a aquest ancoratge, traurem un cable funda fins a una torreta central, que basa d'un ancoratge giratori. En aquest ancoratge, connectarem el cable provinent de la papallona i en derivarem un segon fins al mecanisme de govern.

Finalment, aquest segon cable anirà connectat al mecanisme de govern, que està basat en una palanca que ens permet estirar el mecanisme d'accionament de la papallona d'admissió.

## 6. ECU

La ECU o centraleta, es un element molt important en aquest projecte. Es el cervell, el motor de l'electrònica que ens permetrà dur a terme una lectura de tots els sensors que tenim al motor. Es per això, que per a prendre una correcta decisió al moment de comprar-la, ens em basat en els següents criteris:

- Capacitat per a 4 sortides d'injecció
- Capacitat per a 4 sortides d'encesa, per a bobines transistoritzades
- Sortides per a d'altres actuadors, com vàlvules de control de ralenti, activació d'electrovàlvules, etc
- Entrades per a lectura de múltiples sensors: MAP, MAF, TPS, IAT, Lambda, CT, etc
- Possibilitat de treballar amb dos mapes

Basant-nos en aquests criteris i fent un petit estudi de mercat, finalment s'ha decidit compra la Megasquirt MS3 competició, ja que es una ECU que ens ofereix totes les demandes sol·licitades alhora que te un preu contingut (podeu veure totes les especificacions a l'annex C i el seu funcionament i configuració en l'annex E)



**Figura 8: Interior de la ECU Megasquirt MS3**

## 7. MAPES DE MOTOR

Els mapes de motor son una peça clau en el funcionament de la centralita. Bàsicament, son una sèrie de taules de valors preestablerts que aportaran a la ECU una informació vital. Aquests valors son una base solida, obtingut a partir de condicions estendards, que posteriorment, aplicant certes correccions, ens indicaran els temps d'injecció i els avanços de l'encesa.

Aquests mapes motor, son taules de valors tridimensionals, on trobarem una característica per a cada combinació de revolucions i càrrega de motor. Com veurem a continuació, aquests mapes poden ser d'injecció o d'encesa

### 7.1 Mapes d'injecció

Els mapes d'injecció son aquells mapes que ens aporten informació sobre la quantitat de combustible necessària en funció de la càrrega de motor i les revolucions a les quals es troba el motor.

#### 7.1.1 Conceptes previs: Estequiometria

La estequiometria es la relació entre aire i combustible per tal de que la combustió es faci de la manera mes complerta possible. Es una relació que ens indica els grams d'aire que necessitem per cremar cada gram de combustible.

En el cas de la gasolina, aquesta relació es de 14,7 a 1, es a dir, necessitem 14.7 grams d'aire per a cremar cada gram d'aire. No obstant, la relació estequiomètrica es la referència d'una combustió complerta, es a dir, ideal. A efectes pràctics, en un motor de combustió, aquesta proporció es pot moure fora d'aquests paràmetres. arribant a proporcions de 12.8 a 1 i de 16 a 11.

A partir d'aquest factor, també ens apareix el terme lambda. El factor lambda es la proporció entre la estequiometria ideal (14,7) i la que esta realitzant el motor en aquell moment. Gracies a aquests valors, podem conèixer si el motor esta consumint una mescla d'aire - combustible rica (poc aire) o pobre (excés d'aire).



### 7.1.2 Funcionament del mapa

El funcionament del nostre mapa motor es basa en el rendiment volumètric. Cada casella del mapa, farà referència al rendiment en aquell punt. Utilitzant una sèrie de valors prèviament introduïts a la ECU, a través dels quals indiquem el punt de màxima potencia, regim màxim de gir, entre altres valors, aconseguirem un punt de referència sobre el que basar el mapa.

Es a dir, el punt de partida del mapa considerarem que té un rendiment volumètric del 100%, i per tant, es pot calcular el combustible necessari de forma teòrica, ja que al tenir un rendiment màxim, serà igual que la real. A partir d'aquest punt de referència, la ECU calcularà els pols, en ms, que té que enviar al inductor per a que aquest injecti el combustible necessari (veure Annex A). A partir d'aquest punt, experimentalment utilitzant el banc de proves, s'acaba d'emplenar aquestes taules de valors per tal d'aconseguir el mapa motor.

### 7.1.3 Taules de correccions

Hi ha diversos factors que ens poden afectar a la quantitat de combustible, i per tant, tots aquests factors derivaran en taules de paràmetres correctors sobre el mapa base.

- **Moment d'engegada:** El moment en el qual el motor es posa en marxa és un moment molt crític. En aquest instant, el motor es troba a temperatura ambient i és molt probable que la gasolina injectada, al entrar en contacte amb el col·lector d'admissió, es condensi. Quan aquesta es condensa, no es combustiona i genera grans dificultats per arrancar. Per aquest motiu, mentre està en fase d'engegada, s'aplica unes correccions que poden arribar al 400% del valor predeterminat.
- **Calentament:** En aquesta fase, el motor es troba en una transició entre la temperatura ambient i la de funcionament. Per un costat, tenim el problema de la condensació, que es va reduint a mesura que augmenta la temperatura i per altre banda, una major quantitat de gasolina ajuda a que la temperatura augmenti, ja que el motor es manté més alt de voltes que al ralenti.
- **Densitat de l'aire:** La densitat de l'aire és el factor més important en el funcionament. Els mapes estan fets en situacions estàndards a 20°C i 1atm, i habitualment, són condicions on no hi treballem mai. Hi ha molts factors com ara la altura en la que ens trobem, que ens farà variar la pressió o la pròpia temperatura ambient, que

modificaran la densitat. Degut a això, la quantitat d'oxigen disponible dins la cambra de combustió pot variar i en conseqüència, s'ha d'ajustar la quantitat de combustible.

- **Acceleracions:** Les fases en que el motor es troba en règims transitoris, com ara un acceleració, si son transicions molt grans en petits intervals de temps, poden conduir a situacions crítiques en las que la ECU tarda uns instants en canviar a la posició adequada del mapa. Aquest factor pot generar un mal comportament en el motor, ja que al realitzar una acceleració, pot tindre un temps de resposta massa elevat. Es per això que s'utilitza el TPS, on no tant sols observem la posició exacte de la papallona, sinó que avaluem la variació d'aquesta en per interval de temps. Quan la ECU detecta aquest comportament, injecta mes gasolina per anticipar-se a la resposta del propi motor (ja que fins que aquest no respongui augmentant la càrrega de motor, no llegirà la posició correcta del mapa).

### 7.1.4 Zones del mapa

Tot i que la base d'un mapa motor es trobar l'estequirmetria en cada punt del motor, no es del tot cert en totes les zones del mapa. Hi ha molts factors que ens poden afectar, i en conseqüència, fer que la proporció estequirmètrica no sigui la mes adequada.

Aquestes zones les dividirem en: Ralentí, inici d'acceleració, velocitat de creuer, plena càrrega, velocitat de creuer o desacceleració:

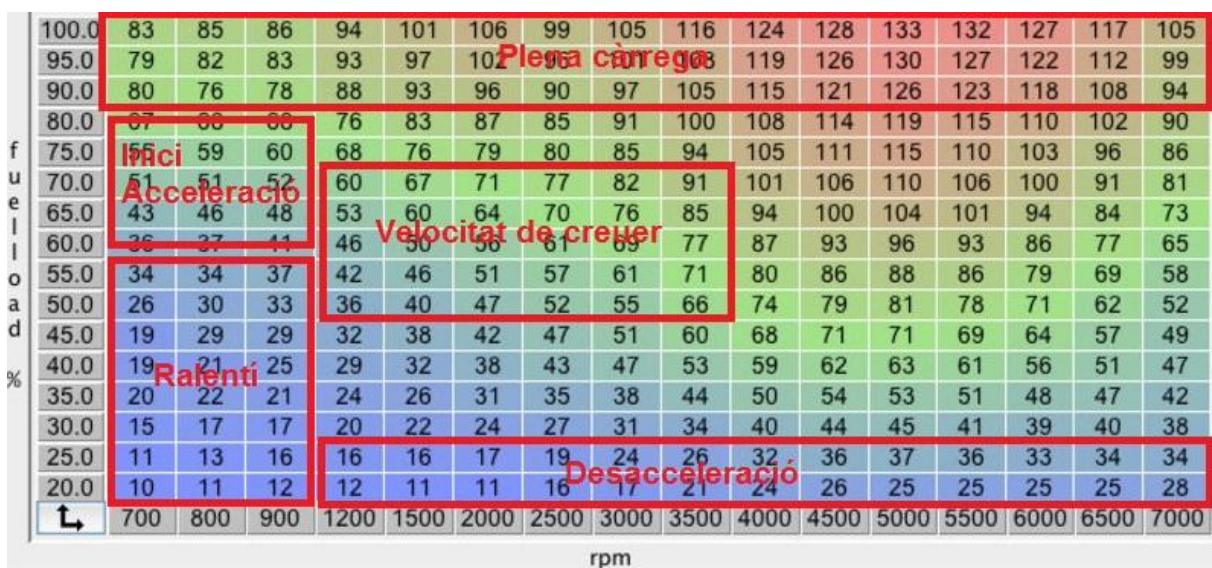


Figura 9: Mapa de combustible

- **Ralentí.** Aquesta zona del mapa es aquella en la que trobem el ralenti quan tenim el motor engegat però estem parats. Es una zona on l'objectiu es que el motor es mantingui estable a molt baixes revolucions. Per aconseguir-ho, es sol crear una zona on la part central hi ha una quantitat de combustible mes elevada, ja que el motor tendirà sempre cap aquella zona i ajudarà a aconseguir una zona totalment estable.
- **Inici d'acceleració:** Es la zona del mapa en la que ens trobem al moment d'arrencar. Al estar parats, partim de la zona mes baixa de les revolucions però al tindre que respondre a una gran demanda d'energia (posar el vehicle en funcionament), també necessitarem una càrrega de motor elevada. Aquesta zona sol estar lleugerament enriquida per sobre l'estequiometria per facilitar la posada en marxa del vehicle, ja que ens aporta mes potencia.
- **Plena càrrega:** Es la zona menys utilitzada. Es una zona que s'utilitza en demandes molt fortes d'acceleració, quan trobem l'accelerador al màxim o casi. Es en aquesta zona en la que el motor es capaç de generar mes potencia, i es per això que s'utilitza una lambda molt rica. Aquest fet, ens aporta dos beneficis: una lambda rica ens permetrà aconseguir la màxima potencia però alhora, al implicar una quantitat de combustible molt mes elevada, implicarà una reducció en la temperatura de l'aire d'admissió i ens ajudarà a refrigerar el motor en aquestes condicions tant exigents.
- **Velocitat de creuer:** Es la zona mes habitual del mapa per la que estarem. Es una zona on es busca una estequiometria perfecta per tal d'obtenir una combustió el mes completa possible. D'aquesta manera aprofitem al màxim el combustible que introduïm al cilindre, alhora que obtenim una bona combustió que ens permetrà mantenir dintre dels límits alguns gasos contaminants generats en la combustió.
- **Desacceleració:** Aquesta zona del mapa es en la que estarem en trams de desacceleració. Es una zona en la que les revolucions poden ser elevades però que la càrrega de motor es molt baixa. Es una zona molt delicada, ja que te efectes molt importants sobre el motor. En primer lloc, es una zona en la que el motor no ha d'entregar potencia, i per tant, es una zona en la que es busca injectar la mínima quantitat possible de combustible degut a que es un combustible que desaprofites totalment. D'altra banda, es una zona delicada ja que el motor es podria arribar a parar al arribar al ralenti per falta de combustible, motiu pel qual es crea una zona ascendent just abans de que el motor torni a la zona de ralenti. Finalment, tenim el

fre motor. Una zona de desacceleració amb mescles riques, farà que el motor no presenti aquest fenomen, mentre que unes mescles extremadament pobres, crearan un fre motor extremadament alt.

## 7.2 Mapes d'encesa

Els mapes d'encesa son aquells que ens aporten informació sobre l'avanç que ha de tindre l'encesa per a cada situació en funció de la càrrega de motor i les revolucions a les quals es troba el motor.

### 7.2.1 Conceptes previs: Fases d'una combustió

Si entrem en detall en la combustió d'un motor MEP, podem observar que aquesta es compon de 3 etapes:

- En la primera etapa de la combustió, la quantitat de mescla que es crema per unitat de temps es molt petita, ja que comença en l'inici de la combustió ( S'encén la mescla que hi ha en contacte amb la guspira, que es una quantitat petita). La duració d'aquesta primera etapa es d'aproximada ment d'un 10% de l'angle de la combustió, i en aquesta primera etapa, predomina una combustió de caràcter laminar.
- La segona etapa, comença al finalitzar la primera i acaba en el punt de màxima pressió. En aquesta etapa es veu afectada pràcticament tota la mescla. En aquest cas, la duració es d'un 85% de l'angle de combustió i hi predomina una combustió de caràcter turbulent.
- Finalment, la tercera etapa es aquella en la que finalitza la combustió. Sol durar entorn un 5% de l'angle de combustió i es de caràcter laminar.

### 7.2.2 Funcionament del mapa

Un mapa d'encesa es un mapa tridimensional que ens mostrarà els graus d'avanç respecte el PMS en els que te que realitzar-se la guspira, en funció de la carrega de motor i de les revolucions a les que aquest es troba. Els valors que trobem al mapa, igual que en el combustible, son valors als quals hi aplicarem petites correccions, que en aquest cas consistiran majoritàriament en treure-li avanç.

### 7.2.3 Taules de correccions

Hi ha diversos factors que ens poden afectar a l'avanç, i per tant, tots aquests factors derivaran en taules de paràmetres correctors sobre el mapa base.

- **Voltatge de la bateria:** Com be sabem, la guspira es crea a partir d'un gran voltatge generat per la bobina. Quan el voltatge cau per sota de l'habitual, el temps de càrrega de la bobina es veu afectat, estant per sobre de l'habitual. Degut a aquest augment en el temps, serà necessari augmentar l'avanç per a poder compensar aquest temps.
- **Temperatura de l'aire d'admissió:** La temperatura de l'aire d'admissió es un factor clau en la combustió. Com mes alt es l'aire al entrar al motor, mes altes seran les temperatures que assolirem en la combustió. A conseqüència, generar temperatures massa altes pot generar detonacions inesperades o deixar punts calents en els que es pot iniciar una combustió sense que nosaltres ho controlem.
- **Detonacions:** Gracies a un sensor instal·lat en el bloc motor, podem saber quan aquest esta patint detonacions. Aquestes, que poden ser degudes a diverses factors, son molt perjudicials per al nostre motor, motiu per el qual, en ser detectades, es treure avanç respecte l'indicat en el mapa

### 7.2.4 Característiques del mapa

El mapa d'encesa, a diferencia d'un mapa de combustible, no s'afronta per zones amb diversos objectius, sinó que es busca obtenir sempre la guspira mes adequada per poder obtenir la màxima energia possible.

El mapa, es basarà principalment en 3 factors: les revolucions, la carrega de motor i en petites variacions segons la zona de millor rendiment volumètric.

- **Revolucions:** Les revolucions son un factor molt important, ja que son les que ens marcaran el temps disponible per a realitzar la combustió. Aquest temps, degut a que la carrera del motor sempre es la mateixa, al augmentar les revolucions, reduïm el temps que tardarà a fer la carrera. Es per aquest motiu que, com mes revolucions

mes avanç necessitem, ja que al haver-hi menys temps disponible, hem de iniciar abans la combustió perquè aquesta es pugui completar completament.

- Càrrega de motor: Quan disminueix la càrrega del motor, es dificulta l'inici de la combustió, provocant un augment del temps de duració de la primera fase. En conseqüència, la disminució de la càrrega provoca un augment global de la duració de la combustió, el que comporta un augment de l'angle d'avanç.
- Petites variacions: Principalment, el mapa tendirà a seguir les dos característiques principals que acabem de citar, tot i que no serà com una gràfica perfecta. Les zones de millor eficiència volumètrica en especial, i totes les altres zones del motor on apareixen oscil·lacions en aquest factor, faran que apareixien algunes zones on el valor de l'avanç augmentarà o disminuirà més del que porta la tendència del mapa en general, degut a que la quantitat de mescla del cilindre variarà lleugerament, i en conseqüència, el temps que pugui durar la combustió.

100.0	10.0	11.2	13.3	15.5	18.0	20.2	22.4	24.5	26.7	28.6	32.0	34.0	34.0	33.5	33.0	34.0
90.0	12.2	13.6	14.5	16.4	18.9	20.7	23.0	25.0	27.3	29.0	32.2	34.1	34.0	33.5	33.5	34.9
80.0	14.3	15.5	17.1	18.9	20.3	21.8	24.3	26.0	27.9	29.8	32.4	34.2	34.1	33.8	34.0	35.8
75.0	15.4	17.2	19.2	20.5	21.8	22.9	25.2	27.3	28.7	30.0	32.6	34.3	34.2	33.9	35.0	36.3
70.0	16.5	18.4	20.8	21.8	23.2	24.5	26.0	27.9	29.3	30.9	32.8	34.5	34.5	34.3	36.0	36.7
65.0	18.0	19.6	22.0	23.0	24.5	25.5	26.9	28.8	30.0	31.5	32.9	34.5	34.7	34.3	36.5	37.2
60.0	19.0	20.8	22.9	23.8	25.1	26.1	27.8	29.5	30.6	31.7	33.1	34.7	35.0	34.8	37.4	37.6
55.0	20.0	22.0	23.5	24.8	25.9	26.7	28.5	30.1	31.0	31.9	33.3	34.8	35.2	35.2	37.9	38.1
50.0	21.0	23.2	24.5	25.1	26.5	27.7	29.0	30.5	31.5	32.5	33.5	35.0	35.4	35.7	38.4	38.5
45.0	22.0	23.8	24.9	25.7	27.2	28.5	29.8	31.1	32.0	32.9	34.6	36.4	36.8	37.2	39.3	39.4
40.0	23.0	24.2	25.2	26.7	27.8	29.7	31.0	32.0	33.0	34.3	36.3	38.3	38.6	38.7	40.2	40.2
35.0	23.0	24.5	25.7	27.9	29.3	31.4	32.3	33.3	35.0	36.4	38.1	40.1	40.3	40.1	41.1	41.1
30.0	23.5	25.1	26.7	29.2	31.7	32.7	33.7	35.1	36.6	38.9	40.7	42.0	42.0	41.5	42.0	42.0
25.0	24.0	26.2	28.5	30.6	33.4	34.6	35.5	36.4	37.6	39.1	41.0	42.2	42.2	41.7	42.3	42.3
20.0	25.0	27.1	30.0	32.6	34.3	35.5	37.1	38.2	39.1	40.1	41.5	42.3	42.3	42.0	42.6	42.7
15.0	26.0	28.0	31.0	32.9	34.6	35.7	37.5	38.5	39.5	41.0	42.0	42.5	42.5	42.2	42.8	43.0
⊞	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2250	2500	2750	3000	4000	5000	6000

Figura 10: Mapa d'encesa

## 8. ASSAJOS I PRACTIQUES DE LABORATORI

Aquest capítol està enfocat a treure el màxim partit de la instal·lació del motor al banc de proves. Degut al gran accés sobre la gestió del motor que aconseguim, podem modificar una gran quantitat de paràmetres i estudiar els canvis en el comportament d'aquest. Es per això que a continuació es plantegen una sèrie d'assajos, on s'exposarà el concepte teòric en profunditat alhora que es plantejaran assajos amb els que poder validar aquests conceptes. Tanmateix, alguns d'aquests assajos son perfectament compatibles per a realitzar practiques de laboratori gracies a que son assajos fàcils de realitzar i amb temps continguts.

### 8.1 Funcionament d'un catalitzador

El catalitzador en els motors de combustió son, des de fa anys, un element indispensable per lluitar contra la contaminació. Es per aquest motiu que s'ha decidit estudiar-ne en funcionament per tal de poder valorar quin impacte te realment sobre les emissions. Però, com funciona un catalitzador? com podem saber que aquest funciona correctament?

#### 8.1.1 Fonament teòric

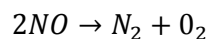
Els motors de combustió interna generen una gran quantitat de gasos, molts d'ells tòxics i contaminants. La funció del catalitzador es convertir aquests gasos en d'altres que siguin innocus abans que aquests arribin a l'atmosfera. A continuació es mostra quins son aquests gasos i quins efectes tenen sobre la salut de les persones i sobre el medi ambient:

- Hidrocarburs: Els hidrocarburs procedeixen de la pròpia gasolina que no s'ha cremat correctament en la combustió. Son substancies molt tòxiques que solen causar problemes respiratoris, entre d'altres.
- Òxids de nitrogen (NOx): Aquests gasos es generen a traves de la combinació del nitrogen i l'oxigen a altes pressions i temperatures. Habitualment, en motors turbo alimentats, degut a les molt mes altes pressions en la cambra de combustió, solen ser valors molt mes elevats. Aquests gasos poden afectar molt greument al medi ambient, provocant acumulacions en grans ciutats formant la típica boira, provocar pluges acides i afectar greument a la capa d'ozó.

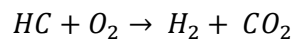
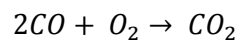
- Monòxid de carboni (CO): Es el gas més letal que pot emetre un motor. Es un gas que al respirar-lo, enllaça amb el ferro de l'hemoglobina de manera molt més forta que l'oxigen. A conseqüència, els glòbuls vermells no poden transportar l'oxigen a les cèl·lules, arribant a provocar asfíxia, i en concentracions molt elevades, la mort.
- Diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>): Es un gas que té afectacions sobre la salut de les persones, però si té un greu efecte en el medi ambient, ja que és un dels principals gasos causants de l'efecte hivernacle.

Un cop coneixem aquests gasos tants perjudicials, ens centrarem en el funcionament del catalitzador, concretament un de tres vies. Aquests tipus de catalitzadors basen el seu funcionament en una catàlisi heterogènia.

En una primera etapa, un catalitzador de rodi reacciona amb els òxids de nitrogen per tal de convertir-los en nitrogen molecular (N<sub>2</sub>), ja que el N<sub>2</sub> és un component majoritari en l'atmosfera terrestre i emetre'l no suposa cap problema per a la salut de les persones.



Just abans de començar la segona etapa, es deixa entrar aire net de l'exterior (aportem oxigen a la mescla de gasos). En aquesta segona etapa, es on hi trobem el catalitzador de pal·ladi. Gràcies a aquest oxigen que ha entrat de l'exterior i a la reacció provocada per pal·ladi, s'oxiden els hidrocarburs i el monòxid de carboni, obtenint en el seu lloc CO<sub>2</sub> i vapor d'aigua.





### **8.1.2 Comprovació experimental d'un catalitzador**

Per a poder avaluar el funcionament d'un catalitzador, es necessari disposar d'un analitzador de gasos, per exemple com del que disposa el laboratori de motors tèrmics. Aquest aparell ens permetrà realitzar lectures dels gasos del motor, coneixent exactament quins son i en quins percentatges apareixen.

Abans de començar l'experiment, serà necessari posar en marxa el motor i esperar que aquest arribi a la seva temperatura de funcionament, ja que els catalitzadors només treballen correctament a temperatures de uns 300 graus o superiors.

Un cop tenim el motor en condicions, el fixarem en una posició concreta del mapa, utilitzant el fre per a limitar-ne les revolucions i l'accelerador per a ajustar la càrrega. Un cop fixat la posició d'estudi, connectarem l'analitzador de gasos en el tram situat just davant del catalitzador i prendrem les dades necessàries.

Un cop obtingudes les dades, connectarem l'analitzador en la part posterior del catalitzador. D'entrada no connectarem l'entrada d'aire net, de manera que podrem comprovar el funcionament del primer catalitzador de rodi. De nou, agafarem les dades just a la sortida del catalitzador, on hauríem de comprova que en comparació a la primera lectura, els nivells de NOx es redueixen a causa de la reacció catalítica.

Un cop enllestit aquesta primera part, realitzarem el mateix procediment però aquest cop activant l'entrada d'aire que ens aportarà oxigen a la reacció. En aquest cas, hauríem de comprovar que disminueix el nivell de CO i augmenta el nivell de CO<sub>2</sub>.

## 8.2 Variacions dels gasos d'escapament en funció de la lambda

L'objectiu d'aquest assaig es comprovar com afecta el valor de lambda (es a dir, la quantitat de gasolina utilitzada) als gasos resultants de la combustió.

### 8.2.1 Hidrocarburs en funció de la lambda

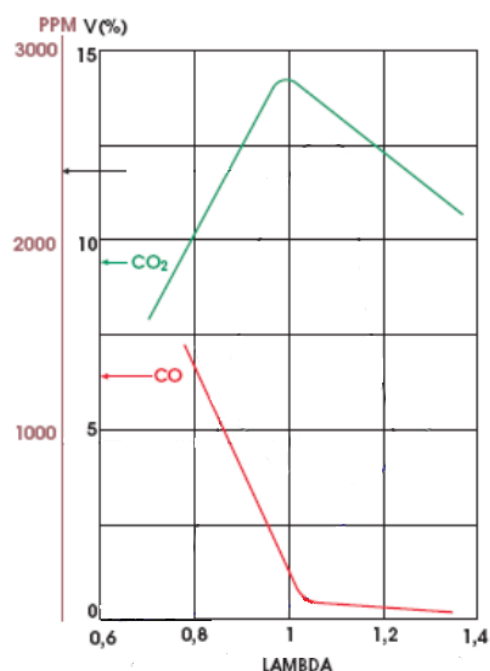
Els hidrocarburs suposen un greu a nivell contaminant i es un valor que es impossible de eliminar en la combustió. Quan treballem amb mesclres riques, aquest valor creixerà, ja que al disposar de suficient oxigen per a tota la gasolina injectada, les restes de carburant sense cremar serà important.

Si mirem l'extrem oposat, veurem que no amb tanta mesura, però també veiem que els hidrocarburs augmenten. Això es deu bàsicament a que degut a la falta de combustible, la mescla aire - combustible no es del tot homogènia, i al tenir una combustió que pot trobar zones sense gasolina, pot donar pas a que aquesta interrupció deixi mes zones sense cremar.

Finalment, si ens centrem en la estequiometria, on teòricament cada gram de gasolina te suficient gasolina per a ser cremada, veiem que es el punt on el valor es mes petit però no arriba a desaparèixer. Això es degut a que a les parets del cilindre sol quedar una petita pel·lícula de gasolina condensada que no es crema durant la combustió i per tant, genera aquest residu en els gasos d'escapament

### 8.2.2 CO i CO<sub>2</sub> en funció de la lambda

El CO i el CO<sub>2</sub> van directament relacionats en funció de la zona del mapa. Teòricament, en una combustió complerta, el CO no apareixeria, sinó que tot el carboni sortiria en forma de CO<sub>2</sub> en els gasos d'escapament. Si ens fixem en el gràfic, veiem que en el punt on la lambda te un valor de 1, es a dir, que ens trobem en la proporció estequiomètrica, el CO<sub>2</sub> es



**Figura 11: Comportament del CO i CO<sub>2</sub> en funció de lambda**

molt elevat mentre el CO es pràcticament inexistent (es extremadament difícil obtenir una combustió complerta, i es per això que l'habitual es que ens aparegui aquest CO, encara que sigui en petites concentracions.

D'altre banda, en la zona on la lambda es rica (part esquerra de la taula), veiem una proporcionalitat inversa entre aquests dos valors. Com mes ens allunyem de la combustió ideal, el valor del CO<sub>2</sub> baixa mentre el CO augmenta. Això es deu a que cada cop hi ha menys oxigen en la combustió, i com el CO necessita menys oxigen, es el que guanya terreny.

En canvi, a la zona de l'esquerra, que es la que te una lambda pobre, veiem com la falta de combustible, que es el que aporta carboni a la reacció alhora que abunda l'oxigen, la quantitat de CO cau pràcticament a 0 mentre que el CO<sub>2</sub> va disminuint per la falta de C.

#### **8.2.4 Avaluació del gasos de motor en funció de la lambda**

Per avaluar els 3 gasos esmentats anteriorment, seguirem el següent procediment:

- PAS 1: Posar en marxa el motor. Per engegar el motor, utilitzarem del panell de control situat a l'exterior del banc ( sempre, abans de engegar-lo, activarem els sistemes d'extracció de fums i ventiladors auxiliars)
- PAS 2: Abans de començar amb l'assaig, connectarem l'analitzador de gasos a la connexió disponible abans del catalitzador, ja que del contrari, no estaríem veient els gasos que resulten directament de la combustió.
- PAS 3: Un cop tenim tot el material apunt, buscarem un punt en el mapa de combustible i ens hi situarem al damunt. En aquest punt, variant el mapa, poder variar la lambda i recopilar les dades obtingudes.

Un cop recopilades les dades, ens hauria de sortir una gràfica semblant a la mostrada anteriorment. Aquest experiment es podria realitzar en qualsevol punt del mapa, però seria mes indicat fer-ho a poques revolucions per evitar problemes de calentament en la sala on hi ha ubicat el motor.

### 8.3 Potència en funció de la quantitat de combustible

#### 8.3.1 Fonament teòric

Un motor de combustió interna basa el seu funcionament en aprofitar l'energia procedent de la combustió. Per tant, com més gran sigui la quantitat de combustible que puguem aportar a la combustió, més energia ens generarà (aquesta quantitat sempre serà la màxima possible per a que la combustió sigui viable).

A més, el fet d'injectar més quantitat de combustible, es una acció que ens aporta uns beneficis, ja que la gasolina que injectem, al moment en que s'evapora, absorbeix una energia. Quan absorbeix energia, bàsicament el que fa es absorbir temperatura de l'aire, i en conseqüència, al baixar la temperatura, variem la densitat de l'aire augmentant-la de manera que ens permet injectar encara més gasolina.

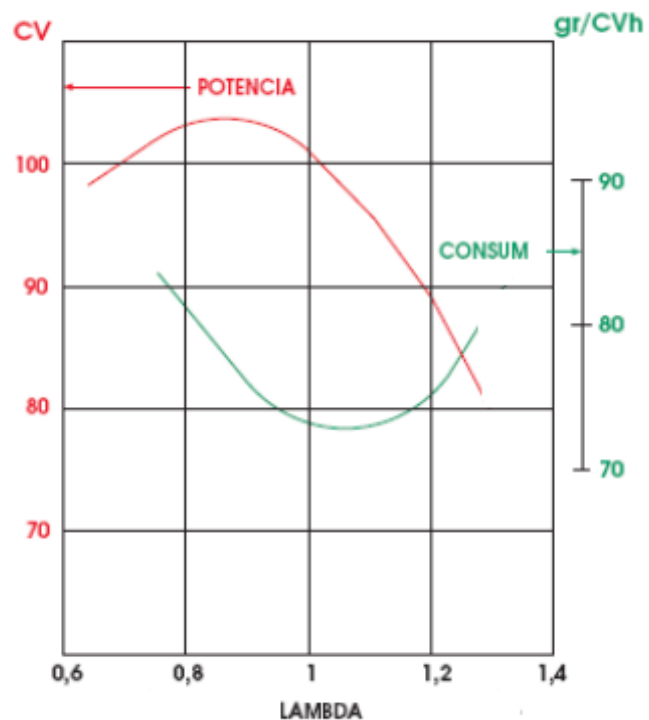


Figura 12: Comportament del consum i la potència en funció de la lambda

#### 8.3.2 Variació de la mescla aire - gasolina per avaluar-ne la potència

Per a comprovar el concepte estudiat anteriorment, seguirem el següent procediment:

- PAS 1: Posar en marxa el motor. Per engegar el motor, utilitzarem del panell de control situat a l'exterior del banc ( sempre, abans de engegar-lo, activarem els sistemes d'extracció de fums i ventiladors auxiliars).
- PAS 2: Decidirem les condicions en las que avaluarem l'experiment. Un cop decidides, ens situarem a la càrrega escollida mitjançant l'accelerador i a les revolucions a traves del limitador del fre

- PAS 3: Un cop situats en el punt a avaluar, obrirem el mapa de combustible de manera que ens quedi visible l'indicador de la lambda. A partir d'aquest punt, pujarem el valor de la casella estudiada fins que la proporció AFR sigui de 12.8. A partir d'aquest punt, anirem baixant el valor del combustible fins a aconseguir un AFR de 16, alhora que anem prenent les dades mes significatives.

Un cop extretes les dades, tindrem la proporció entre lambda o AFR i la potencia obtinguda, i podrem avaluar-ne els resultats.

## **8.4 Rendiment volumètric**

### **8.4.1 Fonament teòric**

El rendiment volumètric d'un motor MEP es aquell que defineix la relació entre la massa de aire que entra al motor per cada cicle i la massa d'aire teòric que entraria. Es a dir, quan calculem el consum d'aire d'un motor, estem considerant unes condicions teòriques en les quals el motor absorbirà tot aquest aire, però no es així. Hi ha molts factors que influeixen com ara la pròpia vàlvula d'admissió, els conductes, el creuament de vàlvules, etc i això crea que habitualment no arribem a aquest valor teòric. El mes comú en motors atmosfèrics es trobar un eficiència volumètrica del 100% (es a dir, el consum d'aire es exactament el calculat) en tant sols una petita zona de revolucions, coincidint amb la zona de parell màxim.

### **8.4.2 Càlcul experimental del rendiment volumètric**

Com s'acaba d'explicar, el rendiment volumètric es el coeficient entre el cabal teòric i el real. Es un valor que dependrà d'una gran quantitat d'elements, entre ells el diàmetre del col·lector d'admissió, que gracies al mecanisme que incorpora el nostre motor, es un valor que podem modificar en qualsevol moment.

Per tant, el primer pas serà decidir a quines revolucions es realitzarà l'assaig i un cop decidit, calcular la part teòrica ( No obstant, el mes adequat seria treure tota una taula de punts, per exemple cada 1000 rpm, de manera que podríem valorar el rendiment en funció de les revolucions).

Un cop decidit el punt que volem estudiar, seguirem el següent procediment:

- PAS 1: Posar en marxa el motor. Per engegar el motor, utilitzarem del panell de control situat a l'exterior del banc ( sempre, abans de engegar-lo, activarem els sistemes d'extracció de fums i ventiladors auxiliars)
- PAS 2: Busca el punt a estudiar. Un cop tenim el motor en marxa, situarem el motor en el context necessari per a realitzar l'assaig. Fixarem el fre a les revolucions a les quals hem realitzat el càlcul i després augmentarem el gas fins arribar a la regió de màxima carrega de motor
- PAS 3: Realitzar la lectura. Finalment, utilitzant el caudalímetre que hi ha instal·lat en el motor, farem la lectura real de aire aspirat en aquell punt.
- PAS 4: Mantinent totes les condicions de l'assaig, variarem el diàmetre del col·lector utilitzant el mecanisme ja existent en el motor.

Un cop obtinguts els valors teòrics i reals, podem procedir a calcular el rendiment volumètric en aquell punt o extreure'n una taula de valors. A part de poder canviar el diàmetre del col·lector, podríem realitzar aquest procediment per a qualsevol altre modificació en el motor.

## **8.5 Optimització del col·lector d'admissió**

El col·lector d'admissió es una peça clau en el disseny d'un motor. Les dimensions d'aquest element ens afectaran a les ones de pressió i contrapressió que es generen en el nostre motor, i en conseqüència, ens aportaran un rang òptim en el funcionament, ja que dotaran aquest rang d'un millor emplenament del cilindre, i per tant, una obtenció de potencia superior.

Tot i que els paràmetres que ens afecten solen ser el diàmetre i longitud, ens centrarem en el diàmetre, ja que disposem d'un mecanisme que ens permet canviar aquest paràmetre en el motor.

### **8.5.1 Comprovació del rang òptim**

La millor manera de estudiar aquest fenomen, es valorar com es comporta el motor per a diferents diàmetres. Amb els càlculs realitzats (veure annex A ), observem que el motor es comporta de manera mes eficient amb el diàmetre petit per sota les 3000rpm, mentre que millora amb el gran per sobre d'aquest rang.

Be, doncs per a dur a terme la comprovació, procedirem de la manera següent:

- PAS 1: Posar en marxa el motor. Per engegar el motor, utilitzarem del panell de control situat a l'exterior del banc ( sempre, abans de engegar-lo, activarem els sistemes d'extracció de fums i ventiladors auxiliars)
- PAS 2: Situarem el mecanisme que ens gestiona la doble posició del col·lector en la mes petita, posarem el limitador del banc a 2000 revolucions i accelerarem al màxim. En aquest punt, prendrem el valor de potencia màxima. A continuació, pujarem en limitador del banc en intervals de 500 revolucions i anirem anotant els valors, de manera que obtindrem una gràfica de màxima potencia amb aquesta posició.
- PAS 3: Un cop obtinguda la primera gràfica, variarem la posició del mecanisme de l'admissió i realitzarem el mateix assaig.

Si els càlculs son correctes, veurem com les dos gràfiques obtingudes es creuen en un punt entorn a les 3000 voltes, ja que es el punt teòric on la segona posició del mecanisme millora el rendiment volumètric en el motor, i per tant, la potencia.

## **9. RESUM DEL PRESSUPOST**

El pressupost necessari per tal de poder dur a terme el muntatge es de 1489.63€.

**- MIL QUATRE-CENTS VUITANTA-NOU EUROS AMB SEIXANTA-TRES CÈNTIMS -**

## **10. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

DOCUMENT 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANNEX A: CÀLCULS

ANNEX B: MOTOR MEP

ANNEX C: ECU; FUNCIONAMENT I CONFIGURACIO

ANNEX D: CONNEXIONS I ESQUEMES ELÈCTRICS

ANNEX E: ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES

ANNEX F. SISTEMES D'INJECCIÓ ELECTRÒNICA

DOCUMENT 2: PRESSUPOST



## **11. BIBLIOGRAFIA**

CARRERAS, R.; COMAS, A.; CALVO, A. Motores de combustión interna. Fundamentos. Ediciones UPC, 1993.

PAYRI, F.; MUÑOZ, F. Motores de combustión interna alternativos. Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia, 1989.

# ANNEX A: CÀLCULS

## A 1 Càlculs referents al motor

### A 1.1 Càlcul del diàmetre òptim del col·lector d'admissió

L'objectiu d'aquest càlcul es determinar el regim del motor més adequat en el que modificar el diàmetre del col·lector mitjançant l'actuador del sistema d'admissió variable.

Per a aquest càlcul, es considerarà el comportament del col·lector en les 2 posicions possibles. D'aquesta manera, es podrà determinar quin dels dos es millor, o bé en quin rang de revolucions es millor un o altre, amb el que podrem determinar els rangs precisos en els que hauríem d'utilitzar una posició o l'altra.

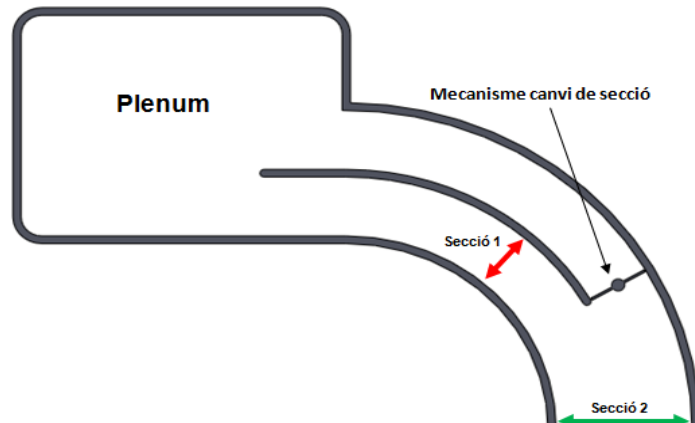


Figura 13: Vista en secció del col·lector d'admissió

Procediment de càlcul:

Per a la primera part del càlcul, es necessari remarcar que el pistó d'un motor de combustió interna està sotmès en cada cicle, a un procés d'acceleració i desacceleració que varia per cada regim de gir. És per això, que es simplifiquen els càlculs utilitzant la velocitat mitja d'aquest.

$$VMP = \frac{\text{Carrera [mm]} * \text{Regim de gir [rev/min]}}{30000}$$

on: VMP = Velocitat mitja del pistó

Carrera = Carrera del pistó

Regim de gir = Revolucions a las que gira el motor

Un cop calculada la velocitat mitja del pistó, calcularem la velocitat de l'aire en el conducte d'admissió. No obstant, cal tenir en compte que, per al correcte funcionament del motor, aquest valor no hauria de sobrepassar els 100 m/s (veure annex A 1.1.1)

$$VMA = \frac{A_{pistó}}{A_{col}} * VMP$$

on: VMA = Velocitat mitja de l'aire

$A_{pistó}$  = Area del pistó

$A_{col}$  = Area col·lector admissió

VMP = Velocitat mitja del pistó

Un cop calculades les velocitat, coneixent les magnituds de les dos seccions, podem calcular el cabal mig que circularà a través del col·lector d'admissió.

$$Q = VMA * S$$

on: Q = Cabal d'aire

VMA = Velocitat mitja de l'aire

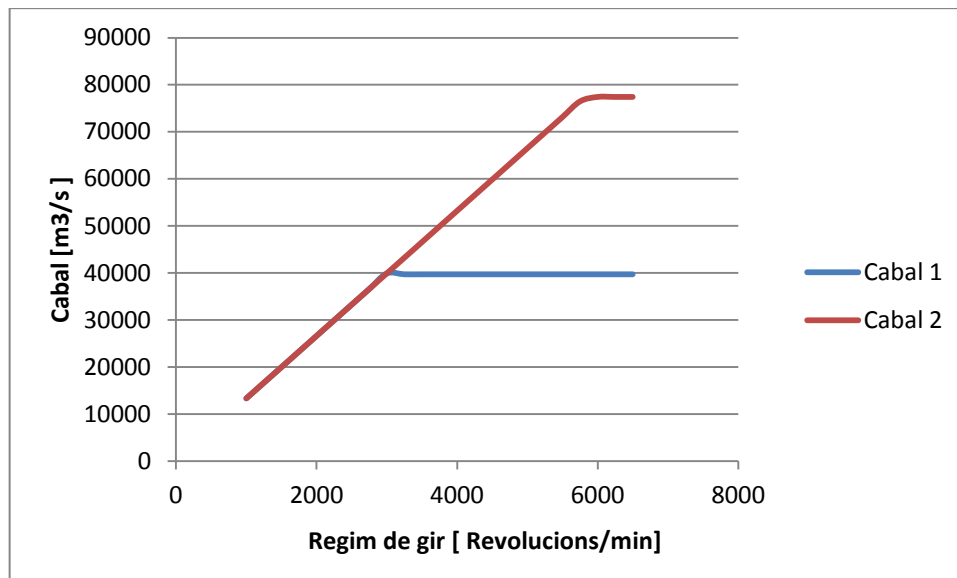
S = Secció estudiada

Dades:

- Carrera (Veure Annex E): 77.4 mm
- Regim de gir (Veure Annex E):  $N_{min} = 600\text{RPM}$ ;  $N_{max} = 6200\text{RPM}$
- Area pistó : 5150.4 mm<sup>2</sup>
- Area del col·lector d'admissió en las secció petita: 397 mm<sup>2</sup>
- Area del col·lector d'admissió en la secció total: 774 mm<sup>2</sup>
- Velocitat ideal teòrica (veure annex A 1.1.1)

## Resultats:

Ja que estem estudiant el comportament del cabal per a diferents rangs de revolucions, s'ha considerat que la manera més adequada de interpretar aquests valors es utilitzant gràfiques extretes a partir dels valors obtinguts del càlculs.



**Figura 14: Cabal de les diverses opcions en funció de les revolucions del motor**

## Conclusions:

Com podem observar, amb el 1r diàmetre assolim el límit del conducte entorn de les 3000 RPM mentre que amb el segon no l'assolim fins entorn de la potencia màxima. Per tant, podem concloure que fins a les 3000 revolucions, els dos conductes serien viables. No obstant, el primer serà la millor opció ja que ens permetrà assolir velocitats més altes. D'altra banda, en el segon tram, veiem clarament que el primer diàmetre ens queda limitat entorn a les 3000rpm mentre que el diàmetre més gran no, i per tant, aquest serà la millor opció.

Finalment, un cop hem analitzat les dades i la idoneïtat de cada secció en funció de les revolucions, podem concloure que l'actuador hauria de entrar en funcionament a les 3000 RPM.

### A 1.1.1 Justificació de la velocitat ideal teòrica del conducte

Generalment, quan es dissenya un conducte d'aspiració es parteix de la base de que l'aire no assolirà velocitats superiors als 100 m/s. Tot i que aquest valor pot semblar molt petit en vers la velocitat del so, que son 324 m/s en condicions ambientals, hi ha una clara justificació.

Es molt habitual quan es realitzen càlculs en motors de combustió interna fer càlculs utilitzant velocitats mitges del pistó. No obstant, quan es fan aquest tipus de suposicions, cal recordar que el pistó realment arribarà a pics de 1.62 cops aquest valor. Per tant, un conducte dimensionat per a 100 m/s arribarà realment a velocitats de 162 m/s.

D'altre banda, cal recordar que dins d'un conducte d'admissió existeixen una sèrie de ones de pressió i depressió que circulen en ambdues direccions per l'interior d'aquest. En el moment que dues d'aquestes ones d'igual sentit però de signe contrari es creuen, poden arribar a doblar les velocitats relatives de las partícules de l'aire. Per tant, en aquestes condicions, una ona podria arribar a ser de  $162 \times 2 = 324$  m/s, i per tant, podria produir un tap sònic. Es per aquest motiu que es restringeix la velocitat del conducte a 100 m/s.

### A 1.2 Rendiment volumètric

L'objectiu d'aquest càlcul es determinar el rendiment volumètric.

El rendiment volumètric el podem calcular de la següent manera:

$$\eta_v = \frac{Q_a}{n * \frac{i}{2} * V * \rho}$$

on: = Rendiment volumètric

Qa = Caudal d'aire aspirat per el motor

n = Revolucions del motor

V = Cilindrada del motor

= densitat de l'aire a temperatura ambient

i = Nombre de cicles realitzat en dos voltes

## A 2 Càlculs de sensors i actuadors

### A 2.1 Càlcul roda fònica

L'objectiu d'aquest càlcul es trobar el nombre màxim de dents que hauria de tenir la roda fònica.

A partir de la freqüència mínima i màxima que la ECU pot llegir, determinarem si el nombre de dents escollit es correcte o no.

$$N \text{ dents} \left[ \frac{\text{Impulsos}}{s} \right] = \frac{\text{Frequencia}}{\text{Revolucions}}$$

on: Freqüència = Freqüència màxima que la ECU pot detectar

Revolucions: Regim de gir màxim del motor

Dades:

-Règim màxim de gir: 6500rpm

-Freqüència màxima de lectura de la ECU: 100.000 Hz

El nombre de dents límit es de 147 dents.

El nombre de dents escollit en el disseny es de 40 dents, i per tant, la ECU te capacitat de sobres per a realitzar la lectura.

## A 2.2 Càlcul del cabal necessari de l'injector

L'objectiu d'aquest càlcul es determinar quin ha de ser el cabal de l'injector (CC) mínim per a que aquest sigui viable per a ser instal·lat al motor.

Per a aquest càlcul, es considerarà la situació més exigent en la qual a de treballar d'injector, és a dir, a plena càrrega del motor quan aquest gira al seu regim màxim de revolucions.

Procediment de càlcul:

Per a calcular el CC de l'injector, calcularem la quantitat d'aire que consumirà el motor, i a partir d'aquest, trobarem la quantitat de gasolina necessària.

En primer lloc, calcularem la quantitat d'aire aspirada per el motor:

$$\text{Consum d'aire} = \text{Cilindrada} * \text{Revolucions} * Z * \text{densitat aire}$$

$$\text{Consum d'aire} = \text{Cilindrada} [\text{cm}^3] * \text{RPM} \left[ \frac{\text{Voltes}}{\text{min}} \right] * 0.5 * \frac{1.2047 \text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} * \frac{1 \text{m}^3}{10^6 \text{cm}^3}$$

on: Cilindrada = Desplaçament total del motor

RPM = Revolucions del motor en el cas estudiat

Z = Factor de emplenament del motor (1 per a motors 2t/ 0'5 per a motors 4t)

Un cop sabem la quantitat d'aire aspirada pel motor, considerant que treballem en proporcions estequiomètriques. Per tant, podem obtenir la quantitat de gasolina necessària:

$$\text{massa combustible} = \frac{\text{massa aire}}{\text{AFR}}$$

$$\text{massa combustible} = \frac{\text{massa} \text{ Kg/s}}{14.7}$$

$$\text{massa combustible} [\text{cm}^3/\text{min}] = 8.5367 * 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{1 \text{m}^3}{680 \text{Kg}} * \frac{10^6 \text{cm}^3}{1 \text{m}^3}$$



Com bé sabem, el cicle de treball d'un injector no pot arribar a funcionar al màxim de la seva capacitat, sinó que solen treballar al 80 - 85 % de la seva capacitat, ja que sinó podríem tenir problemes amb la fiabilitat. Per tant, si apliquem aquest factor trobem que:

$$massa\ ideal\ [cc/min] = massa\ combustible * \frac{100}{80}$$

Dades

- Règim màxim de gir (Annex F): 6500 rpm
- Cilindrada (Annex F): 1560 cm<sup>3</sup>
- AFR: 14.7

El CC calculat té un valor de 156 CC

Per tant, qualsevol injector amb un cc igual o superior al calculat, serà perfectament apte per a la instal·lació en el motor.

## A 3 CÀLCULS DE LA ECU

### A 3.1 Càlcul del cabal d'aire amb les corresponents correccions

L'objectiu d'aquest càlcul es determinar la quantitat d'aire exacte que entra al motor, tenint en compte afectacions com ara la temperatura o la pressió atmosfèrica.

A partir de les lectures que realitza la ECU en el seu entorn, podrem conèixer les condicions com ara pressió i temperatura, amb el qual podrem aplicar correccions sobre la quantitat d'aire entrat al motor basant-nos en la densitat

Per a calcular-ho, ens basarem en la llei dels gasos ideals:

$$P * V = n * R * T$$

on: P = Pressió

V = Volum

n = nombre de mols

R = Constant dels gasos, 8.31441 J/mol·K

T = Temperatura

A partir d'aquest càlcul, la ECU llegirà valors com ara la pressió i la temperatura i podrà re calcular el valor del volum d'aire estimat.

## ANNEX B: MOTOR MEP

## **B 1. INTRODUCCIÓ**

L'objectiu d'aquest annex es conèixer en detalla totes les característiques dels motors MEP, des de les seves parts, el seu funcionament o el funcionament de tots els seus sensors o actuadors.

## **B 2. ARQUITECTURA D'UN MOTOR MEP**

Un motor MEP es una maquina extremadament complexa. Tot i que es basa en un mecanisme força senzill, com es el Biela - Manovella, la gran quantitat d'elements mòbils que arriba a tenir es molt alta.

Partint de la base, tenim el mecanisme Biela - Manovella, que exportat al motor i trobem el conjunt Cigonyal, biela i pistó, a vegades també anomenat tren alternatiu. Aquests tres elements formen la base del motor. A partir del propi moviment circular del cigonyal, i units mitjançant una corretja, hi trobem l'arbre de lleves, que aquest alhora es l'encarregat d'accionar les vàlvules. En general, tots aquests elements els distribuïrem en tres grans grups: Peces fixes, peces mòbils i sistema de distribució.

### **B 2.1 Peces fixes**

Les peces fixes que conformen un motor son tots aquells elements que actuen com a bancada, conductes d'aire o gasos de escapament, entre altres, i per tant, no es mouen. Aquest conjunt esta format per el bloc motor, la culata, la junta de culata, el col·lector d'admissió i el col·lector d'escapament

#### **B 2.1.1 Bloc motor**

El bloc motor es una peça fonamental per a l'estructura del motor, ja que a traves d'ell s'hi subjecten el cigonyal utilitzant coixinets de fricció, s'hi fixa la culata i integra i protegeix tot el tren alternatiu (bieles, pistons, etc). A mes, al seu interior hi trobem tot un seguit de conductes i orificis mecanitzats que li permeten al motor lubricar les diverses parts mòbils que aquest alberga, juntament amb alguns conductes de líquid refrigerant.

El bloc desenvolupa principalment una funció estructural, i no només ha de sostenir tot el tren alternatiu, sinó que aquest està connectat al vehicle, i per tant, també serà sotmès a les forces a les que aquest es vegi sotmès. D'aquesta manera, podem apreciar que el bloc motor es veu sotmès a una gran quantitat de funcions, totes elles fonamentals per al correcte funcionament del motor, principalment les següents:

- Permetre el bon funcionament del pistons i coixinets
- Suportar el cigonyal i els seus esforços
- Subjectar la culata
- Assegurar la circulació de fluids (Oli i refrigerant)
- Ser rígid
- Resistència mecànica al desgast i a la corrosió
- Estanquitat tot i estar sotmès a constants dilatacions i deformacions per efectes tèrmics
- Ser el més lleuger possible
- Ser d'un material que sigui apte per a fer colades i posteriors mecanitzats

A part, serveix de suport estructural per a molts elements auxiliars:

- Bomba d'oli
- Bomba d'aigua
- Motor d'arranc
- Alternador
- Altres elements

### **B 2.1.2 Culata**

La culata es un dels elements més importants del motor. Va situada a la part superior del bloc motor i el tanca donant així lloc al tancament del motor. És la part més important, ja que en ella hi trobem la cambra de combustió, juntament amb les vàlvules d'admissió i escapament, la bugia, i molts altres elements. Degut a albergar tantes peces clau, també es veu obligada a complir una gran quantitat de funcionalitats:

- Alimentar els cilindres d'aire i combustible, i en alguns casos, generar un remoli en l'interior per aconseguir mescles més homogènies.

- Donar forma, juntament amb el pistó, de la cambra de combustió.
- Assegurar l'escapament dels gasos resultants de la combustió.
- Integrar tot el mecanisme que governa el sistema d'obertura de vàlvules
- Permetre la circulació per el seu interior de líquid refrigerant per poder evitar zones calentes
- Permetre la circulació de l'oli per poder engrassar eficientment els arbres de lleves i tots els elements mòbils situats en aquesta.
- Permetre el retorn de l'oli cap al carter.

A més de totes aquestes funcions, també es un element que esta sotmès a uns grans esforços tèrmics i mecànics:

- Ha de tenir una gran rigidesa i Superfícies de contacte totalment planes per assegurar un correcte muntatge i estanquitat.
- Resistent a la fatiga tèrmica degut als gradient tèrmics a la qual esta exposada
- Resistència a la corrosió



**Figura 15: Culata d'un motor MEP de 4 cilindres i 2 vàlvules per cilindre**

### B 2.1.3 Junta de culata

La junta de culata, com be indica el seu nom, es tracta d'una junta que va situada entre la pròpia culata i la part superior dels cilindres. Aquesta junta ha de ser capaç de assegurar l'estanquitat de la cambra de combustió, alhora que ha de permetre la circulació dels diversos fluids que circulen a través d'ella. Per tant, la junta ha de ser estanca davant els 3 següents factors:

- Gasos de la cambra de combustió: Ha d'assegurar una estanquitat en la cambra de combustió, ja que del contrari, el motor deixaria de funcionar correctament i podria patir greus averies mecàniques.
- Líquid refrigerant: Ha de garantir l'estanquitat dels conductes per on aquest líquid circula, ja que del contrari, podríem tenir problemes de refrigeració o que aquest líquid arribés a zones com la cambra de combustió o els passos d'oli.
- Oli: A través d'aquesta junta, hi ha passos de pressió i retorn d'oli, i es molt important que aquesta pressió d'oli arribi correctament als elements que te que lubricar, ja que del contrari podríem malmetre greument el motor.

No obstant tot això, aquesta junta també ha de ser capaç d'adaptar-se a qualsevol situació en la que es pugui trobar el motor, especialment les següents:

- Motor fred o calent
- Motor al ralentí
- Situacions de plena càrrega
- Transicions brusques (acceleracions i desacceleracions)



*Figura 16: Junta de culata*

### B 2.1.4 Col·lector d'admissió

El col·lector d'admissió es una peça determinant en el funcionament i sobretot, al rendiment d'un motor de combustió interna, ja que aquest element va directament relacionat amb el rendiment volumètric. Les principals funcions que ha de complir son:

- Permetre el màxim flux d'aire possible
- Mantenir la mescla d'aire i combustible homogènia i evitar en la major mesura possible el gradient tèrmic per a evitar les variacions de densitat en l'aire que entra al motor.
- Alimentar i distribuir la mescla per igual a tots els cilindres.



*Figura 17: Col·lector d'admissió d'un motor de 4 cilindres*

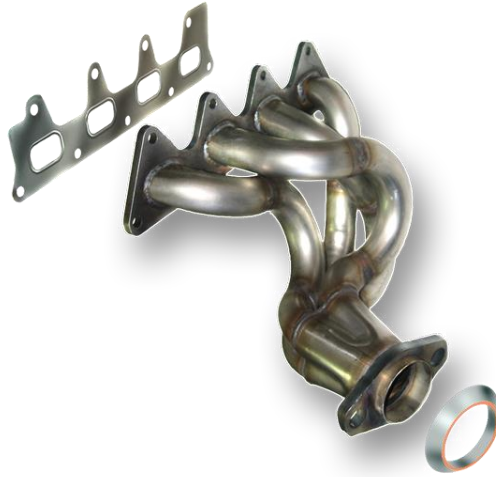
### B 2.1.5 Col·lector d'escapament

Quan parlem del col·lector d'escapament, ens referim al primer tram del sistema d'escapament. Es la part que va collada directament a la culata, i que dona pas al sistema d'escapament. Tot i que pràcticament tot el sistema d'escapament està fabricat amb tubs, aquesta primera part, degut a estar sotmès a temperatures més altes i molts cops degut a geometries complicades, solen estar fets de fosa. Les funcions que ha de complir son :

- Facilitar la ràpida sortida dels gasos d'escapament
- minimitzar la quantitat de gasos residuals del cicle anterior



- Juntament amb el col·lector d'admissió, millorar el procés de renovació d'aire dins del cilindre.
- Tenir una alta resistència mecànica, tenacitat i elasticitat per a poder suportar altes sol·licitacions tèrmiques i fatigues dinàmiques (vibracions).



**Figura 18: Col·lector escapament**

### **B 2.1.6 Càrter**

La funció del càrter es la de recollir tot l'oli procedent del sistema de lubricació. Degut a les poques sol·licitacions mecàniques a les que està sotmès, es pot conformar mitjançant xapa conformada. Va muntat a la part superior del bloc motor, hi assegura d'estanqueïtat amb el bloc mitjançant una junta, habitualment de silicona i es fixa mitjançant una corona de cargols al voltant del perímetre.



**Figura 19: Càrter d'un motor MEP**

## B 2.2 Peces mòbils

Les peces mòbils d'un motor son totes aquelles, que com be el su nom indica, es troben en moviment. Dintre d'aquestes peces, trobem peces en diversos moviments; rotacions, roto translacions i translacions.

### B 2.2.1 Cigonyal

El cigonyal es un eix colzat que transmet l'energia desenvolupada en la combustió cap als elements transmissors: embrague, caixa de canvis, diferencial, etc en el cas d'un vehicle.

En el cigonyal es transforma el moviment rectilini alternatiu de la biela i el pistó en moviment rotatiu, i es el primer element rotatiu de la cadena cinemàtica que conforma el motor. A partir d'aquest, tots els altres elements rotatius estan lligats a aquest mitjançant algun tipus de cadena cinemàtica: corretges dentades, cadenes, engranatges, etc

Els principals elements que arrastra el cigonyal son l'arbre de lleves, la bomba d'oli, l'alternador, el compressor de l'aire, etc. Per a fer-ho, s'aprofiten els dos costats del cigonyal, un per a transmetre la potencia del motor i l'altre per a activar tots aquests sistemes auxiliars.



**Figura 20: Cigonyal d'un motor MEP de 4 cilindres**

### B 2.2.2 Pistó

El pistó es un element mòbil que transmet al cigonyal, a través d'una biela, la força generada per la combustió. Es tracta d'una peça clau en el funcionament del motor, a més de ser un dels elements del motor que està més sol·licitat tèrmicament. El seu disseny, ja sigui en quant a forma, material, etc es un factor determinant en la potència del motor. Les funcions bàsiques que aquest ha de complir són:

- Assegurar la transmissió de les forces procedents de la combustió i resistir les forces inercials que li transmet el tren alternatiu.
- Absorbir gran part del calor produït en la combustió i facilitar la seva evacuació cap als parets del cilindre.
- Assegurar la doble estanquitat: evitar que els gasos generats en la combustió quedin estancats dins la cambra de combustió i alhora assegurar que l'oli existent en el bloc motor no accedeixi a la cambra de combustió.
- Ser el més lleuger possible per tal d'evitar inèrcies i vibracions.



**Figura 21: Pistó d'un motor MEP de 2 vàlvules per cilindre**

### B 2.2.3 Boló

El boló es l'òrgan d'unió entre el pistó i la biela i té la funció de transmetre a la biela l'esforç recollit del pistó durant la combustió. Es un element sotmès constantment a càrregues molt elevades, que poden arribar a l'ordre de 6 o 7 tones.

### B 2.2.4 Segments

Els segments són uns anells que van situats al pistó que tenen la funció de garantir d'estanqueïtat entre el pistó i el cilindre. Aquests elements van situats en unes ranures que el pistó té a les seves parets. Cada pistó sol portar-ne tres, de diferents tipus cada un.

- Segments de foc: són els segments que van situats a la part superior del pistó i que ha de resistir les altes temperatures de la combustió i la seva principal funció és impedir el pas dels gasos retinguts a l'interior de la cambra de combustió.
- Segments d'estanqueïtat: Aquests segments es col·loquen just a sota dels anteriors. La seva funció és la de deixar una pel·lícula molt fina d'oli per evitar la fricció metall - metall que es produiria entre les parets dels cilindres i els segments.
- Segments rascador: la funció d'aquest segment és la de recollir l'oli situat a les parets del cilindre i retornar-la al carter mitjançant uns orificis en el seu interior.

### B 2.2.5 Biela

La biela és l'element d'unió entre el pistó i el cigonyal, i es l'encarregada de transmetre al cigonyal els esforços generats per la combustió sobre el pistó, amb l'objectiu de transformar el moviment alternatiu per un de moviment circular continu. És un element que ha de suportar esforços molt elevats, però alhora ha de ser el més lleugera possible degut al tipus de moviment que segueix, ja que és un moviment de roto translació.



**Figura 22: Biela en H d'un motor MEP**

## B 2.3 Sistema de distribució

### B 2.3.1 Arbre de lleves

Es l'eix encarregat de governar l'obertura i tancament de les vàlvules mitjançant unes lleves excèntriques. Depengent de la tipologia del motor, aquest element pot anar situat a la culata o bé al propi bloc motor.

L'arbre de lleves es un eix que està sotmès a grans esforços de flexió, i es per això que ha de ser un eix de gran rigidesa i degut a la transmissió de moviment entre la leva i els taques, ha de ser altament resistent al desgast. Per evitar-ho, són eixos que estan cementats per tal d'endurir les capes superficials, i que per evitar flexions, solen tenir diversos punts de suport al llarg de tot l'eix.



*Figura 23: Arbres de lleves corresponent a un motor de 4 cilindres i 16 vàlvules*

### B 2.3.2 Taques

Els taques són unes peces que estan en contacte amb les lleves, i que transmeten el moviment d'aquestes sobre la posterior peces de la cadena cinemàtica.

### B 2.3.3 Vàlvules

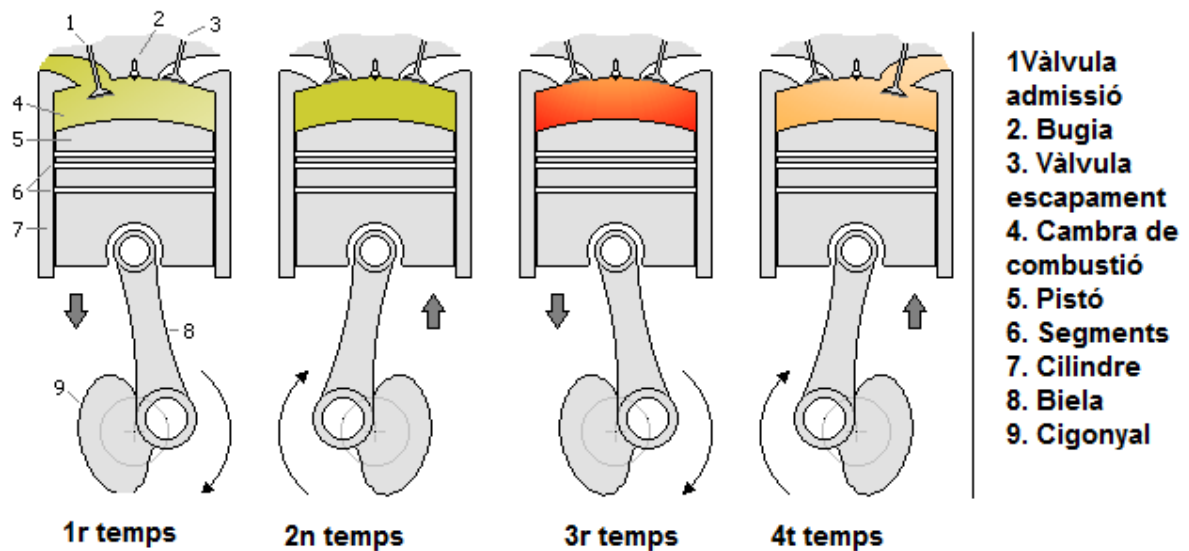
Les vàlvules són els elements que ens permeten realitzar el procés de renovació de la càrrega del motor de 4t a base d'obrir i tancar els conductes d'admissió i escapament. Aquestes poden ser d'admissió o escapament, on l'única diferència està en el diàmetre. Podem diferenciar-ne dos parts, el cap i el cos. El cap es el que s'encarrega de sellar la cambra de combustió i el cos serveix per guiar el moviment i transmetre la força exercida sobre ella per tal d'obrir la vàlvula.



**Figura 24: Conjunt de vàlvules d'un motor MEP**

### B.3 FUNCIONAMENT D'UN MOTOR MEP

El funcionament d'un motor MEP està basat en l'obtenció d'energia a partir d'algun combustible, en el nostre cas, gasolina. Son motors de combustió interna de tipus endotèrmica volumètrica que basen el seu funcionament en un volum variable que es genera entre la cambra de combustió i el pistó a causa del moviment d'aquest. El funcionament d'aquests motors es basa en quatre etapes: Admissió, compressió, explosió i escapament:



*Figura 25: Fases de la combustió d'un motor de 4 temps*

**Admissió:** En aquesta primera fase, el pistó parteix del PMS i es desplaça fins el PMI. Al llarg d'aquest període, la vàlvula d'admissió romandrà oberta de manera, que a causa de la depressió generada pel moviment del pistó, generarà una aspiració que permetre omplir el cilindre de la mescla aire combustible provinent del col·lector d'admissió.

**Compressió:** En aquesta segona fase, el pistó parteix del PMI i es desplaça fins el PMS. En aquesta fase, totes les vàlvules del motor estan tancades, i tota la mescla d'aire i combustible que s'ha introduït al cilindre en la fase anterior, es comprimita dins la cambra de combustió.

**Explosió:** Aquesta etapa es la mes important de les quatre. Es en aquesta fase en la que es produeix una combustió de la mescla aire combustible generada gracies a la guspira de la

bugia. Degut a aquesta combustió, es genera una força sobre el pistó que provoca que aquest es desplaci del PMS fins al PMI.

**Escapament:** Finalment, en aquesta fase, on el pistó es desplaça del PMI al PMS, les vàlvules d'escapament estan obertes i es produeix una etapa on els gasos produïts per l'escapament son expulsats amb l'ajuda del pistó cap a l'exterior del motor.



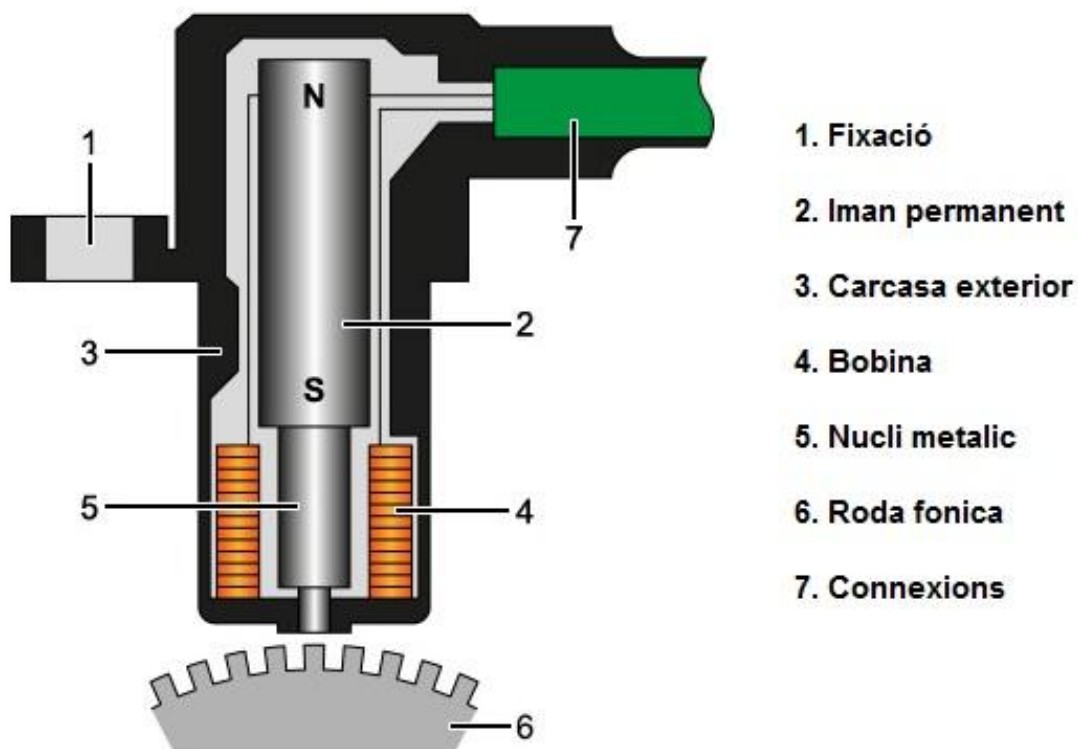
## B.4 SENSORS EN UN MOTOR MEP

L'objectiu d'aquest apartat es descriure el funcionament i tots els detalls tècnics necessaris per a entendre el funcionament de tots els sensors que trobem en un motor MEP.

### B 4.1 Sensor de posició del cigonyal

Els sensors inductius son aquells que basen el seu funcionament en la inducció magnètica. Aquest fenomen es basa en la força electromotriu que es genera quan exposem un conductor elèctric a un camp magnètic fix. Gracies a aquest fenomen, es genera una diferencia de potencial capaç de generar una corrent elèctrica induïda. Per al correcte funcionament, es molt important que el material de la roda fònica sigui de caràcter ferromagnètic.

Quan apliquem aquest fenomen a una roda dentada que esta rotant, el que obtindrem es una ona sinusoidal. A partir d'aquesta ona, llegint el període i coneixent el nombre de dents, la ECU es capaç de determinar a quantes revolucions gira el motor.

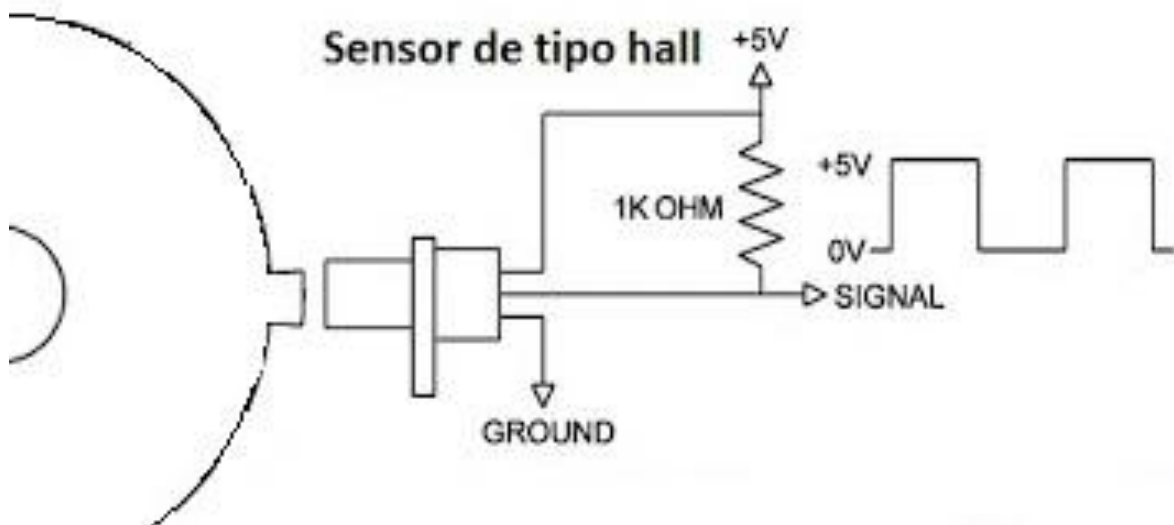


*Figura 26: Esquema sensor inductiu*

## B 4.2 Sensor de posició de l'arbre de lleves

El sensor de posició de l'arbre de lleves es un sensor de tipus Hall. Es un sensor amb un principi de funcionament semblant a l'inductiu, però amb algunes diferències. En aquest cas, el funcionament es el següent: Aquests sensors s'activen a través d'un camp magnètic extern (es per aquest motiu que tenen alimentació. Quan la densitat del flux magnètic que hi ha al voltant del sensor varia suficientment, aquest reacciona generant un pic de voltatge (es un pic molt petit, i per tant, sol portar un sistema d'amplificació incorporat).

Amb aquesta lectura, que tindrà una ona a 0 volts amb pics de voltatge de 5 volts cada cert temps, concretament a cada volta, ens indicarà el moment exacte en el que el motor es troba a una determinada distància d'arribar al PMS. En aquest cas, la dent que li dona senyal es tracta d'un iman o d'un disc metàl·lic amb zones imantades. Es a dir, el sensor Hall únicament llegeix camps magnètics.



*Figura 27: Esquema sensor Hall*

### B 4.3 MAP

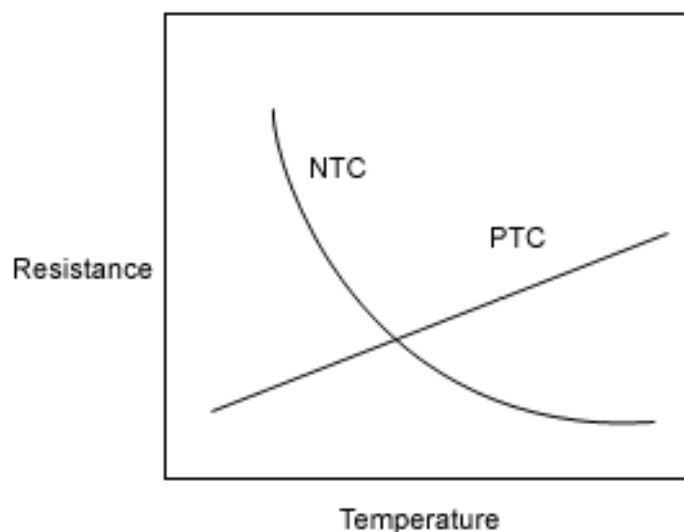
El sensor MAP, de l'anglès "Main flow air pressure", es un sensor que ens permet llegir pressions i depressions. En el nostre cas, llegirem depressions generades en el col·lector d'admissió.

El funcionament està basat en un element piezoelèctric. Aquest element piezoelèctric està format per cristalls de silicat, que són uns materials que varien la seva resistència quan es veuen sotmesos a canvis de pressió. A través d'aquest principi, és capaç de llegir les variacions en la pressió del col·lector i generar un voltatge, que posteriorment a través d'unes taules de valors, obtenim el valor exacte d'aquesta lectura.

### B 4.4 IAT i CT

Els sensors de temperatura de l'aire i del refrigerant ( Intake air temperature i coolant temperature), són sensors de temperatura que basen el seu funcionament en una resistència de caràcter variable.

Aquests sensors detecten els canvis en la temperatura llegint el corrent que passa a través d'ells, ja que contenen materials els quals la seva resistència varia amb la temperatura. Tot i que habitualment solen ser sensors lineals, a vegades podem trobar alguns sensors tipus NTC, que genera una gràfica de valors de caràcter parabòlic.



**Figura 28: Comportament dels dos tipus de sensors en funció de la temperatura**

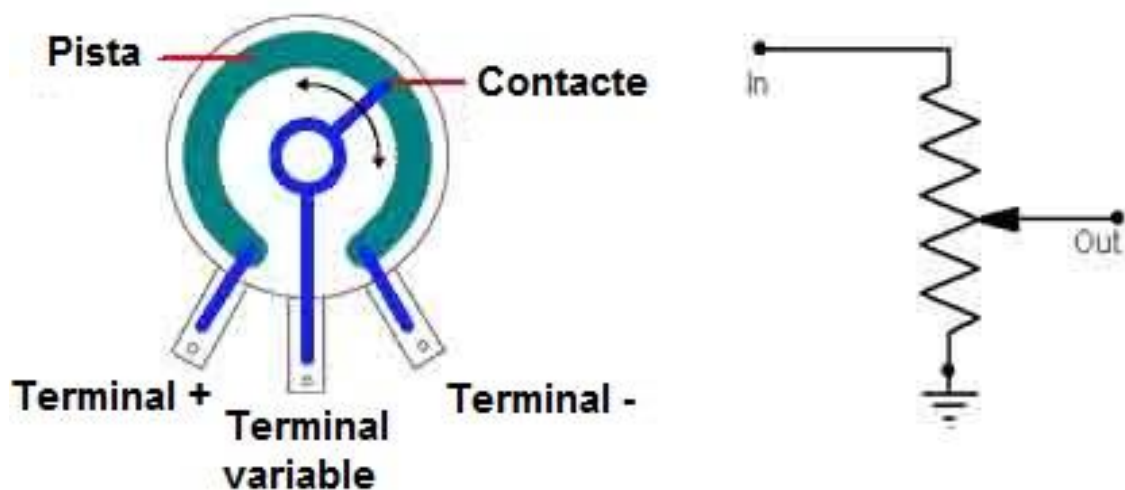
### B 4.5 MAF

El sensor MAF, de l'anglès " Mass air flow", es un sensor que ens permetrà mesurar la massa d'aire aspirada per el motor. El seu funcionament està basat en un filament que es manté habitualment a temperatures d'entorn als 120°C als 150°C i el circuit que el governa, gestionarà la intensitat per a que aquest es mantingui sempre a aquesta temperatura. Per tant, quan hi circuli molt aire, la temperatura baixarà i la intensitat pujarà per compensar la falta de temperatura.

D'aquesta manera, llegint la intensitat necessària per a mantenir la temperatura estable i coneixent les dimensions de l'àrea en la que es situa el sensor, podrem calcular el cabal d'aire aspirat. Habitualment, el propi sensor de temperatura d'aire va incorporat el en propi caudalímetre per a fer les correccions mes precises

### B 4.5 TPS

El TPS, de l'anglès "Throttle position sensor ", es el sensor que ens permetrà saber en quina posició esta situada la papallona d'admissió. Aquest sensor es basa en un potenciòmetre rotatiu, el qual ens indicarà un voltatge creixent a mesura que la posició avanci.



*Figura 29: Esquema de funcionament d'un potenciòmetre*

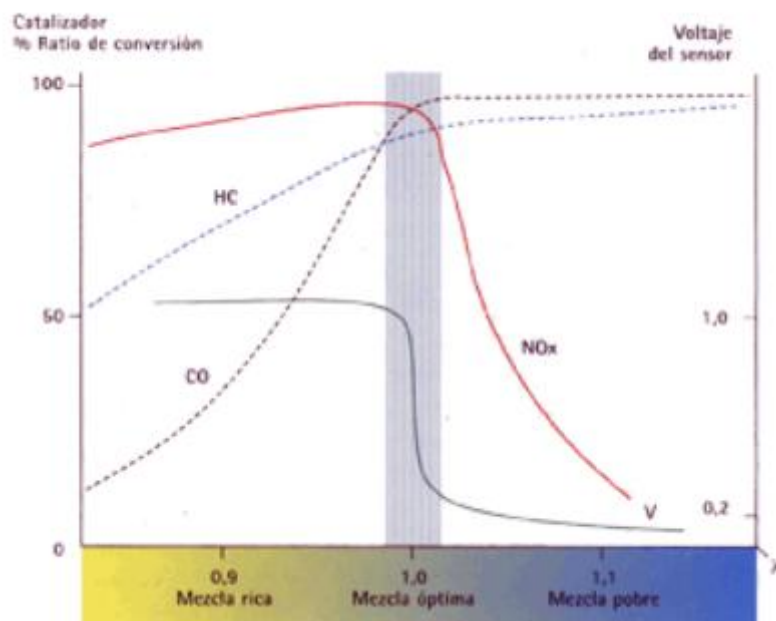
## B 4.6 Sonda lambda

Existeixen diversos tipus de sonda lambda. No obstant, ens centrarem en les lambdes de zirconi, ja que es el tipus de sensor que tenim. El seu funcionament es el següent:

L'exterior de l'element de zirconi està en contacte amb els gasos d'escapament, mentre que l'interior està en contacte amb aire ambiental. Les dos capes, tant la interior com la exterior, estan revestides d'una fina capa de platino. Aquestes capes de platini, actuen com a elèctrodes que transmeten la senyal del sensor des de l'element fins al cable de càrrega.

L'element de zirconi condueix els ions d'oxigen a partir de temperatures de 300°C o superiors. Degut a les característiques especials d'aquest element, quan les concentracions d'oxigen a un costat i altre son diferents, es genera una tensió.

Gracies a aquesta tensió, aconseguim realitzar una lectura de l'oxigen, que a través d'una taula de valors, podem conèixer la lambda corresponent per a cada voltatge resultant.



**Figura 30: Resposta elèctrica d'una sonda lambda**

## B.5 ACTUADORS EN UN MOTOR MEP

### B 5.1 Injectors

#### B 5.1.1 Que es un injector?

Un injector es un element indispensable en un motor d'injecció, ja que aquest es l'encarregat de dosificar les dosis de combustible a cada cilindre. Bàsicament, es tracta d'una vàlvula governada per un solenoide, i aquest, es controlat per la centraleta.

#### B 5.1.2 Funcionament d'un injector

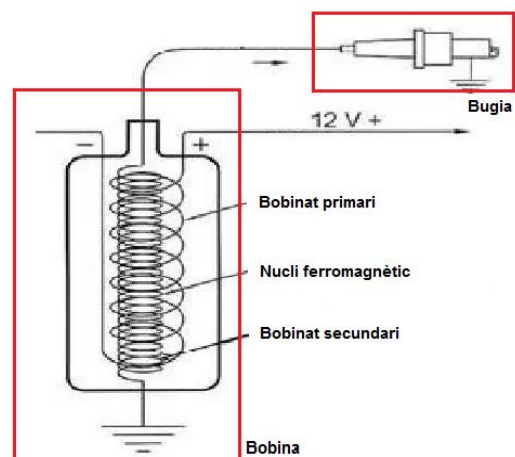
El funcionament d'un injector esta basat en un solenoide. Aquest solenoide, esdeve en un connexió de 2 pins a l'exterior d'aquest. El primer pin, esta connectat a 12volts a traves del seu corresponent element de protecció. L'altre pin, que correspondria al negatiu, va connectat a la ecu. A traves de commutacions a massa, la ecu governa aquest element.

A l'interior de l'injecto, hi trobem un orifici calibrat i una agulla de acer inoxidable que el mante tancat. Quan la ecu alimenta al solenoide, aquesta agulla es desplaça amunt deixant lliure l'orifici calibrat, a traves del qual, degut a la diferencia de pressions (entre 0 i 1 bar al col·lector i 3 bars al injector) polvoritzà el combustible.

### B 5.2 Bobines

#### B 5.2.1 Que es una bobina?

La bobina es un dels elements fonamentals per al funcionament del nostre motor. Esta constituït per dos bobinats, anomenats primari i secundari, a l'interior dels quals hi trobem un nucli ferromagnètic. Bàsicament, actuen com a transformador, de manera que es poden aconseguir crear voltatges de milers de volts, que com veurem a continuació, ens permetrà generar la guspira necessària per al funcionament del motor.



**Figura 31: Esquema intern d'una bobina**

### **B 5.2.2 Funcionament de una bobina**

Com acabem d'explicar, la bobina en essència es com un transformador de corrent i es alimentat de manera interrompuda i periòdica. Quant la centraleta li envia una senyal, el que esta fent es alimentar al bobinat primari de la bobina, i a conseqüència, aquest genera un camp magnètic. Aquesta senyal que envia la bobina, que sol ser de mil·lisegons, fa que aquest camp magnètic es vegi interromput just al acabar aquesta senyal. En acabar-se la senyal, fem que el camp magnètic creat per el primari desapareixia, aconseguint així una variació del flux magnètic.

Aquesta variació en el flux magnètic ens genera una força induïda (aquesta força dependrà de característiques físiques de la bobina (Veure Annex D), com ara el nombre d'espires dels bobinats, els seus gruixos, la relació entre el bobinat primari i secundari, etc). Aquesta força provocarà que el secundari generi un pic de voltatge tant alt que es capaç de fer conductor l'aire situat entre els elèctrodes de la bugia, i a conseqüència, generar una guspira suficientment potent com per generar una deflagració controlada a l'interior de la cambra de combustió del nostre motor.

## **B 6. SISTEMES AUXILIARS**

### **B 6.1 Actuator del control del ralenti**

Quan un motor es troba en ralenti, estem parlant de que es troba pràcticament en el límit del seu regim mínim de funcionament. Tot i que sol ser un regim molt estable, qualsevol petita variació que faci que aquest disminueixi pot traduir-se en una parada del motor. Es per aquest motiu, que ha d'haver-hi un mecanisme que garanteixi aquest regim mínim.

Aquest mecanisme, basat en un motor de corrent continua governat per PM, actua sobre la papallona d'admissió donant pas a mes o menys aire per tal de mantenir el regim en una regió establerta en el qual el motor te un regim perfectament estable.

El motor utilitzat en l'estudi ja disposa d'un mecanisme de control, per la qual cosa s'ha estudiat el seu funcionament i com s'explicarà mes endavant en el seu corresponent capítol, s'ha adaptat i configurat per que aquest funcioni correctament.

### B 6.1.1 Funcionament del motor CC

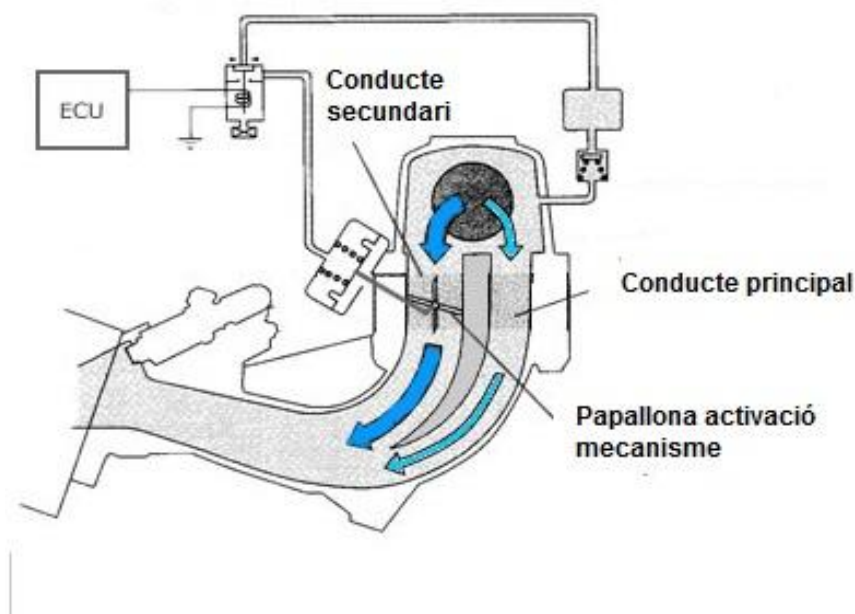
El mecanisme d'actuació consta de 3 elements; un motor de corrent continua, un mecanisme reductor i una molla i el seu funcionament es relativament senzill.

El motor, activat a través d'una senyal de tipus PWM, genera un moment que es multiplica gràcies al reductor i que actua sobre l'eix de la papallona. En aquest eix, també hi actua una molla, la qual garanteix que en cas de no actuar el motor, aquest eix es mantingui en la zona de repòs i quan aquest actua, s'encarrega de generar un moment resistent.

Es gràcies a aquest equilibri de forces generat entre el motor i la resistència de la molla, que podem aconseguir que la papallona es mantingui en una posició concreta, i a conseqüència, gestionar a la perfecció el regim al qual es troba el ralenti.

### B 6.2 Actuador del sistema d'admissió variable

Una de les limitacions que trobem en els motors MEP es que la geometria de diversos components estan optimitzades a un regim concret de revolucions, que acostuma a ser el regim de parell màxim. A conseqüència, es habitual parla de motors que tenen el parell màxim en zones molt diferenciades. Es per aquest motiu, que se sol parlar de motors que tenen millor resposta en règims alts i d'altres en baixos (sense deixar de banda que existeixen molts altres factors).



**Figura 32: Esquema funcionament sistema d'admissió variable**



Però, que passa si es vol ampliar aquest rang de parell màxim i optimitzar el rang òptim de funcionament? Doncs tot i que pugui semblar molt dràstic, la solució es modifica les dimensions del col·lector d'admissió.

### **B 6.2.1 Funcionament del mecanisme**

El mecanisme que ens permetrà dur a terme aquests canvis es basa en una papallona governada per una electrovàlvula.

L'interior del col·lector d'admissió el trobem dividit en dos seccions per a cada cilindre, una permanentment oberta i una altra tancada per la papallona. Aquesta papallona, es accionada per una electrovàlvula de vuit, on un accionament elèctric obre o tanca la vàlvula, que amb la mateixa força del vuit generat per el motor, ens permet la posició d'aquesta.

# ANNEX C: ECU; FUNCIONAMENT I CONFIGURACIO

## **C 1. FUNCIONAMENT LA ECU**

Des que els sistemes d'injecció van començar a substituir els sistemes de carburació, va ser necessari la implementació d'una electrònica que s'encarregués del control del motor, les ECU's. Una ECU, del seu nom de l'angle (Electronic control unit), es una unitat electrònica de control que gestiona el motor gracies a una sèrie de sensors i actuadors.

### **C 1.1. Funcionament basic**

El funcionament de la ECU es basa en una sèrie de càlculs que permeten controlar els diferents actuadors per aconseguir la combustió desitjada. En funció de la lectura de diversos sensors, juntament amb la informació prèviament emmagatzemada en el seu interior, majoritàriament en taules de valors, la unitat de control pot calcular el moment exacte en el qual a de realitza la injecció de combustible i la durada exacte d'aquest impuls, el moment precís en el que realitzar la guspira, entre altres, de manera que permetran al motor funcionar correctament.

Per a realitzar aquest procediment, la ECU segueix un cicle en forma de llaç tancat en el qual realitza tots aquests càlculs. Ara be, aquest cicle no es l'únic que realitza la ECU, ja que hi moltes mes aplicacions que segueixen cicles a part. No obstant, degut a que aquest es el que garanteix el funcionament del motor, i per tant, el mes important, a continuació es mostra el procés que segueix alhora de realitzar aquestes operacions.

a) Comprovar si el motor esta girant. El mes important al començament es saber si el motor esta girant, ja que del contrari, es impossible que aquest sigui posat en marxa (com be sabem, per arrencar un motor de combustió es necessari prèviament l'ajuda d'un motor elèctric que el posi en funcionament abans de que es pugui valdre per si sol). Per a realitzar aquesta tasca, es calcula el temps que ha passat des de la ultima lectura d'una dent. Si aquest temps es superior al temps que hi hauria entre les dents en el regim de revolucions en el qual establim que estem arrancant , sabem que el motor no esta girant. Del contrari, ja obtindrem una lectura i el cicle podrà continuar.

b) Un cop determinem que el motor esta girant, el següent pas mes important es conèixer de forma precisa en quina situació ens trobem. Per a realitzar aquesta tasca, realitzarem una lectura del sensors, posant especial atenció en els mes importants, com el de revolucions i el de posició de l'arbre de lleves. Cal tenir en compte que hi ha sensors que no varien en

interval·s de temps molt petits, com ara la temperatura de l'aire. Es per això que alguns d'aquests sensors només es llegiran cada certs cicles.

c) A continuació, basant-se en tots els valors que a llegit en l'anterior pas, anirà a buscar la posició al mapa de combustible i a la posició del mapa d'encesa i aplicant les corresponents correccions, calcularà la posició del motor respecte la referència i procedirà a calcular el moment i la quantitat de combustible (en ms que obrirà l'injector), així com el moment en el que farà saltar la guspira.

d) Un cop realitzat tots aquest càlculs, executarà totes les accions pertinent sobre els actuadors per a injectar i fer saltar la guspira en el moment adequat.

D'altre banda, cal esmentar que per a poder entendre correctament el funcionament de la ECU, es necessari saber que tots els càlculs, taules o valors correctius, acaben traduint-se sempre en unitats de temps, temps respecte la referència a la qual actuarà i la durada d'aquesta actuació.

A continuació, s'explica detalladament el funcionament de cada etapa del funcionament de la ecu, sobretot en els que intervenen sensors i actuadors.

### **C 1.2 Lectura de les revolucions i posició del motor**

En la gestió electrònica d'un motor, es fonamental i imprescindible, conèixer les revolucions a les quals gira el motor, així com la posició exacta en tot moment.

En primer lloc, ens centrarem en les revolucions del motor. El sistema de captació de revolucions es basa en un sensor inductiu que llegeix les variacions de camp magnètic produïdes per la roda fònica, permetent a traves de la freqüència generada, conèixer les revolucions del motor (ANNEX càlculs).

Un cop la ecu coneix aquest valor, coneix els graus que esta girant el motor per cada cert temps, i per tant, a traves d'una referència fixa, ens permet estipular els segons que han de passar fins que el motor es trobi en la posició de referència, el PMS del cilindre numero 1.

D'altre banda, i de igual importància que el de revolucions, tenim el sensor de posició de l'arbre de lleves. Aquest sensor, es el que ens proporcionarà aquesta posició respecte la qual reverenciarem totes les accions sobre els injectors i altres actuadors que influeixen en la gestió del motor.

En aquest cas, el sistema de captació es basa en un sensor hall. Aquest sensor, genera un pols de 5v, es a dir, una senyal digital, que cada cop que passa per una posició concreta, ens enviarà informació precisa de la posició exacte del motor. Aquesta posició concreta, que la mesurarem en graus, equivaldrà a l'angle existent entre la posició en el moment de lectura del sensor respecte i el PMS.

D'aquesta manera, amb aquests dos sensors, coneixerem amb exactitud un punt de referència i podrem calcular amb exactitud els càlculs posteriors.

### **C 1.3 Gestió de l'encesa**

La correcta gestió del sistema d'encesa es fonamental per al correcte funcionament del motor. Una guspira dolenta o en un moment no oportú, per poc distant que sigui del moment idoni, pot comprometre greument les parts internes del motor.

Per a una correcta gestió, tindrem en compte 4 factors per a generar la guspira en el moment idoni i de la manera mes adient. Aquests factors seran: moment en el que saltarà la guspira, temps de carrega de la bobina, mapa d'encesa i correccions.

#### **C 1.3.1 Configuració de la bobina**

Un cop calculat el moment exacte, el punt de partida es una guspira adequada. Una guspira adequada ens proporcionarà una deflagració controlada, i a conseqüència, una combustió dionea. Per a aconseguir-ho, el mes important es que aquesta segueixi el cicle complet de càrrega, ja que del contrari, no assolirà el voltatge necessari per a fer saltar la guspira.

#### **C 1.3.2 Mapa d'encesa**

El mapa d'encesa, es una taula de valors que ens aportarà un punt de referència en qualsevol regim i carrega de motor. Es tracta d'una taula de valors, que ens acaba

proporcionant un mapa tridimensional, en el que hi tindrem els valors ideals en condicions estandards, dels graus d'avanç de la nostra encesa. Aquests graus, seran els graus en que saltarà la guspira respecte el PMS, que com ja em comentat, es el nostre punt de referència.

Però com s'acaba de mencionar, son els graus en condicions ideals, que seria una hipotètica situació de pressió atmosfèrica i de 20° de temperatura ambient. Com el nostre motor nomes treballarà ocasionalment en aquesta situació, el que farem es fer servir aquest valor com a punt de partida. Com veurem a continuació, les correccions els convertiran aquests valors estandards en els idonis per a cada situació.

### **C 1.3.3 Correccions**

Les correccions aplicades al nostre mapa motor, ens faran arribar al punt òptim de l'encesa per tal d'arribar al correcte i mes idoni funcionament del motor. Totes aquestes correccions ens permetran augmentar o reduir l'angle d'encesa per a cada situació.

Els principals factors que interferiran en aquest valor seran el voltatge de la bateria i els canvis de temperatura

#### **C 1.3.1.1 Correccions per temperatura**

Les correccions per temperatura, com be diu el seu nom, son aquelles correccions que aplicarem al nostre valor d'encesa en funció de la temperatura. Bàsicament, el funcionament es basa en un factor multiplicador en el qual ajustarem el valor de l'encesa per a que sigui ideal.

Però, com ens afecta la temperatura de l'aire en l'angle d'encesa? Doncs be, senzillament modifiquem la temperatura de l'aire, i aquest factor ens incideix directament el la quantitat de combustible. A conseqüència, s'ha d'ajustar la guspira.

#### **C 1.3.1.2 Correccions per voltatge**

Com be sabem, la guspira es un arc elèctric produït per la descarrega de la bobina. Es per aquest motiu, que el voltatge es un factor molt important. No obstant, aquest paràmetre no ens afecta directament sobre el valor del mapa, sinó que ens afecta al dwell.

El dwell, com ja em vist en apartats anteriors, es el terme mes important alhora de configurar una bobina. En aquest cas, la correcció es sobre aquest paràmetre. Això es deu a que el temps de carrega de la bobina es diferent en funció del voltatge, on habitualment, per a un voltatge inferior, se sol utilitzar dwells mes elevats.

### **C 1.4 Temps d'injecció**

Seguit de l'encesa, la injecció es el següent terme mes important, ja que com es lògic, sense benzina el motor no funcionaria. Bàsicament tindrem dos factors a tenir en compte, el moment en que es fa la injecció i la durada d'aquesta.

El moment en el que es fa la injecció, normalment es un paràmetre que no afectarà dràsticament al funcionament del motor, però si al rendiment i a la eficiència d'aquest. El moment idoni en el que produir aquesta acció es aquell que en permeti que tot el combustible injectat sobre l'aire que circula pel col·lector d'admissió entri en la seva totalitat dins de la cambra de combustió.

En el moment en que ho aconseguim, evitem que quedi combustible dins el col·lector d'admissió. I això de gran importància, ja que quan el combustible queda dins del col·lector, sobretot a baixes temperatures, part de la benzina es condensa a les parets d'aquest i fent que aquesta part no es cremi de la manera adequada. A mes, cal tenir en compte que tenir benzina no controlada dins del col·lector pot tornar lleugerament inestable el motor, entre d'altres fenòmens que no son bons per al bon funcionament del motor.

D'altre banda, tenim el temps d'injecció. Aquest si que es tracta d'un valor summament important, ja que sense una correcta quantitat de combustible, el motor no funcionarà de manera adient. Aquest càlcul es força mes complex, on bàsicament el que fa es calcular la quantitat de benzina necessària a partir de l'aire que esta entrant dins del motor.

De nou, com en el cas de l'encesa, partim d'una taula de valors reverenciats respecte les revolucions i la carrega de motor, anomenada "VE table fuel". Teòricament, el que fas es determinar la eficiència volumètrica per a cada casella del mapa, on posteriorment, amb l'ajuda de certs valors estendards, com son el cc de l'injecto i alguns paràmetres del motor, la ECU calcula els temps en el qual l'injecto a de romandre obert.

### **C 1.4.1 Correccions en l' injecció**

Els temps d'injecció no tant sols depenen de les revolucions i de la carrega del motor (posició del mapa), sinó que es susceptible a moltes variacions, principalment degudes a afectacions en l'aire

#### **C 1.4.1.1 Correccions per voltatge**

Com be s'ha explicat anteriorment, un injector basa el seu funcionament en un solenoide. El problema el trobem que la velocitat en la que es desplaçarà aquest dependrà del voltatge de la bateria. Es per això, que si per exemple es troba a un valor superior al nominal, injectarà més combustible, ja que per a una mateixa excitació, s'obrirà més ràpid i en aquest període d'obertura, injectarà més combustible.

Per evitar-ho, se sol fer un estudi en el qual es comprova l'evolució del caudal de l'injector en funció del voltatge de la bateria, i d'aquesta manera, es pot corregir les diferències en el cabal causades per la variació del voltatge.

#### **C 1.4.1.2 Correccions en fase d'acceleració**

En els moments en que tenim fortes variacions en l'accelerador, el motor té un cert retard en llegir la nova posició del mapa, ja que tardarà uns instants en detectar el canvi bruscat en la depressió del col·lector. Es per això que s'utilitza el TPS per anticipar-se a aquest vuit en el comportament.

Quant la ECU detecta un interval petit en el que l'increment de TPS és elevat, el que fa és injectar un % més gran de gasolina per tal d'anticipar-se. Habitualment tindrem una taula de correccions, on hi tindrem diversos valors d'enriquiment en funció de l'increment que hagi estat aplicat sobre l'accelerador.



### **C 1.4.1.3 Correccions al arrancar el motor**

El moment en el que es posa en marxa un motor, es un moment molt crític. En aquest període, una gran part de la gasolina que injectem es condensa degut al contacte amb les parets del motor ja que aquestes estan molt fredes. Si injectéssim la dosis que li correspondria, no aconseguiríem engegar el motor.

Per aquest motiu, el que es fa es injectar una quantitat enorme de gasolina, entor al 400% del que li correspondria per a poder assegurar que hi ha suficient gasolina evaporada com per a dur a terme la combustió. Un cop el motor en marxa, els valors tornen a la normalitat de seguida.

### **C 1.5 Control del ralenti**

El control del ralenti es una de les tasques mes delicades en quant a trobar un correcte funcionament. Quan el motor esta en ralenti, tot i tendir a mantenir-se estable en un punt del mapa que ja ha estat dissenyat per fer-ho, es molt fàcil que pateixi oscil·lacions. Aquestes oscil·lacions, que poden ser provocades per diversos motius, des de l'aire condicionat, les condicions meteorològiques, etc, en generaran un regim inestable.

Per a poder evitar aquest regim inestable, el que es fa anar variant l'entrada d'aire per aconseguir retrobar aquest estabilitat de nou, així com per augmentar el regim del motor en les fases d'arrencada, fins que aquest arriba al seu punt òptim de funcionament,

El que farem es crear un cicle de control basat en un llaç tancat. En primer lloc, li definirem a traves d'una taula de valors uns punts objectius, on hi tindrem les revolucions en funció de la temperatura de motor. A traves de l'actuador sobre la papallona, la ECU anirà obrint i tancant el pas d'aire per aconseguir el regim desitjat.

No obstant, aquest mecanisme planteja diversos problemes. En primer lloc, la manera de generar aquest llaç tancat es fa mitjançant un PID. Si aquest no es configura be, pot donar pas a un comportament erràtic o oscil·lacions molt marcades.

# ANNEX D: CONNEXIONS I ESQUEMES ELÈCTRIQUES

D 1. CONNEXIONS DE LA ECU

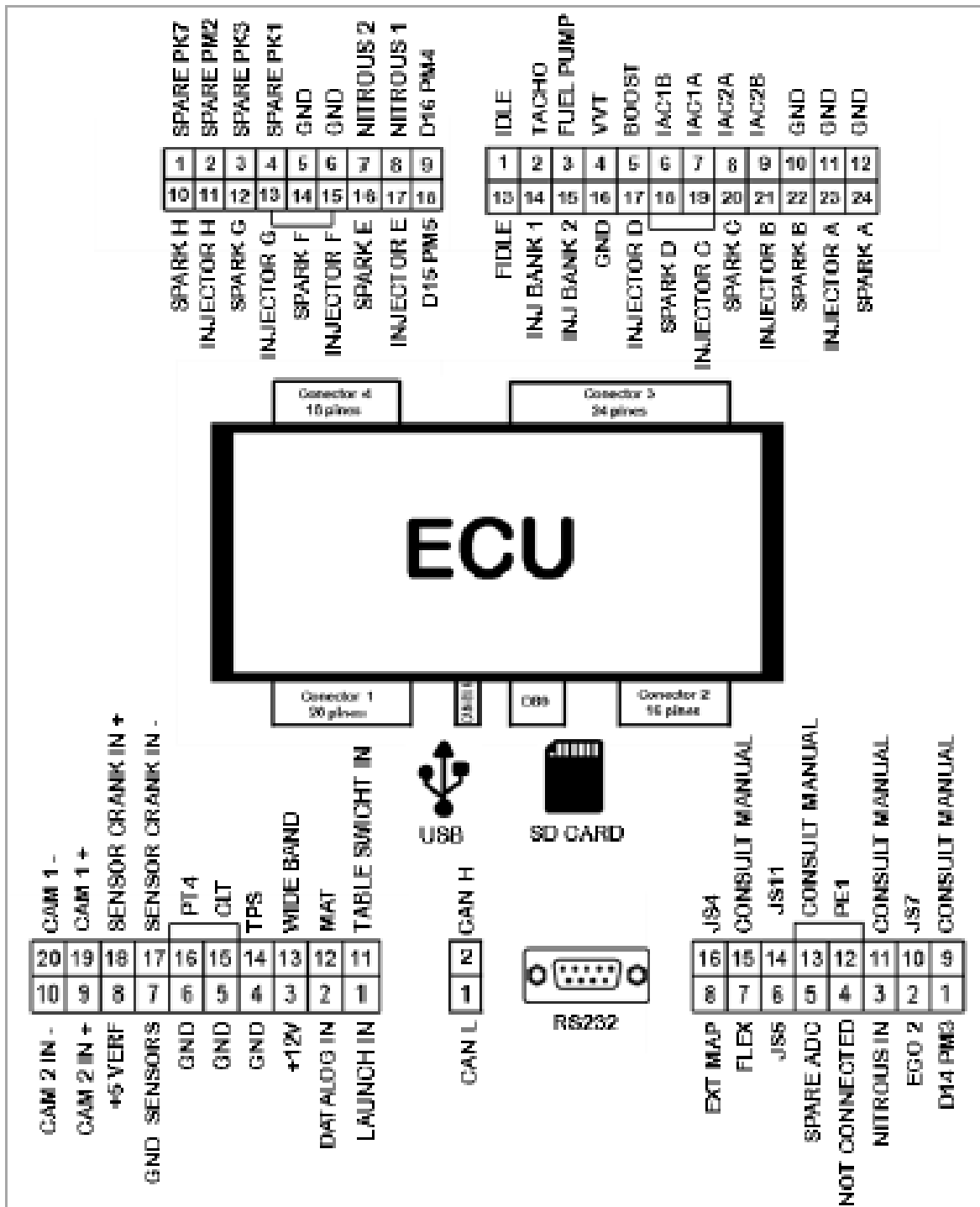


Figura 33: Esquema de connexions de la ECU

D 2. ESQUEMA DEL CABLEJAT ORIGINAL DEL MOTOR

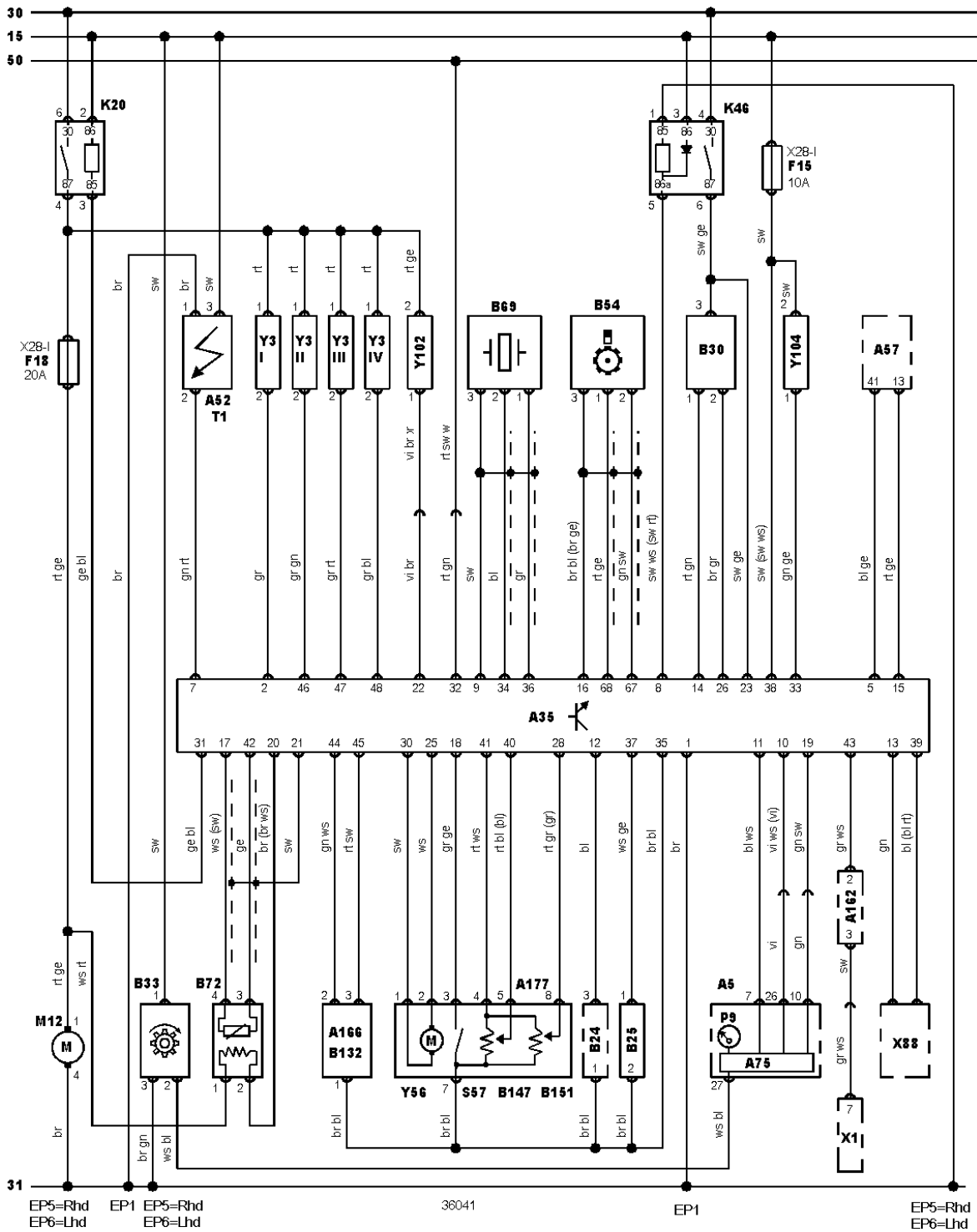


Figura 34: Esquema del cablejat original del motor

### D 3 CONNEXIONS DE L'ALTERNADOR

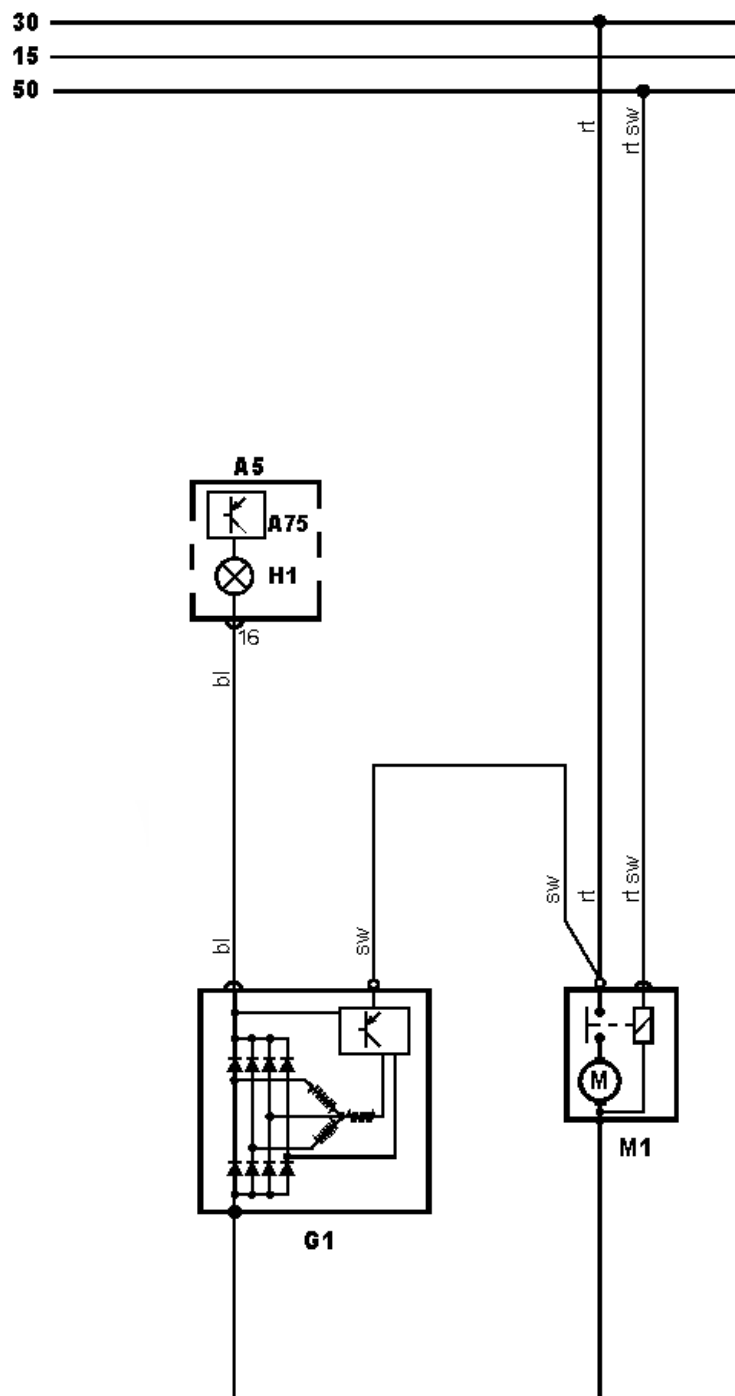
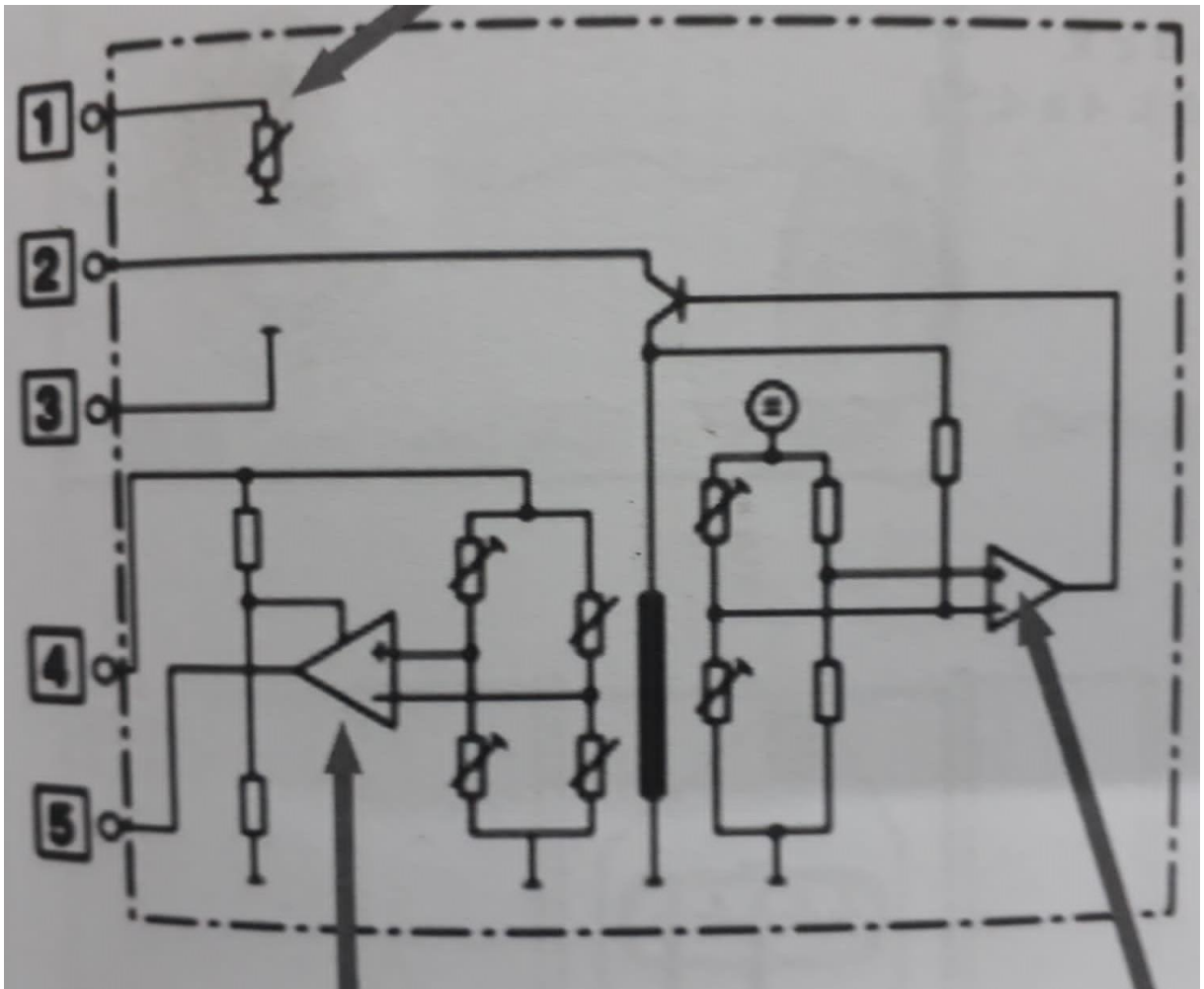


Figura 35: Connexions de l'alternador

#### D 4. ESQUEMA DEL SENSOR MAF



*Figura 36: Esquema elèctric intern del sensor MAF*

# ANNEX E: ESPECIFICACIONS TECNiques

## E 1. ESPECIFICACIONS DEL MOTOR

Aquest annex té la finalitat de proporcionar totes les característiques físiques referents al motor necessàries per a la comprensió dels càlculs i els diversos apartats en els que aquestes són citades.

### E 1.1 Especificacions generals del motor

• Fabricant	SEAT
• Codi motor	AFT
• Cilindrada	1595 cc
• N <sup>o</sup> de cilindres	4
• Disposició dels cilindres	En línia
• Tipus de motor	OHC
• Relació de compressió	10.3:1
• Diàmetre	81 mm
• Carrera	77.4 mm
• Relació carrera - diàmetre	0.9

### E 1.2 Distribució

• Vàlvules per cilindre	2
• Diàmetre vàlvula admissió	40 mm
• AOA (Avanç obertura admissió)	1.2°
• RTA (Retard tancament admissió)	37.4°
• Diàmetre vàlvula escapament	33 mm
• AOE (Avanç obertura escapament)	40.8°
• RTE (Retard tancament escapament)	4.5°
• Ordre d'encesa	1-3-4-2
• Disposició escapament	4-2-1



**E 1.2.1 Diagrama d'obertura de vàlvules**

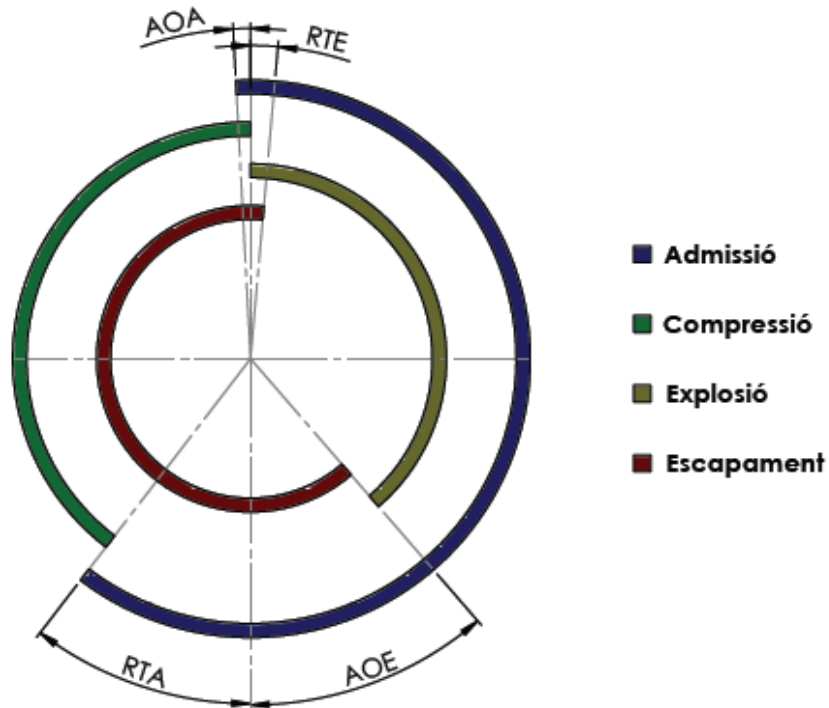


Figura 37: Diagrama d' obertura de vàlvules del motor AFT

**E 1.2.2 Perfil obertura vàlvula admissió**

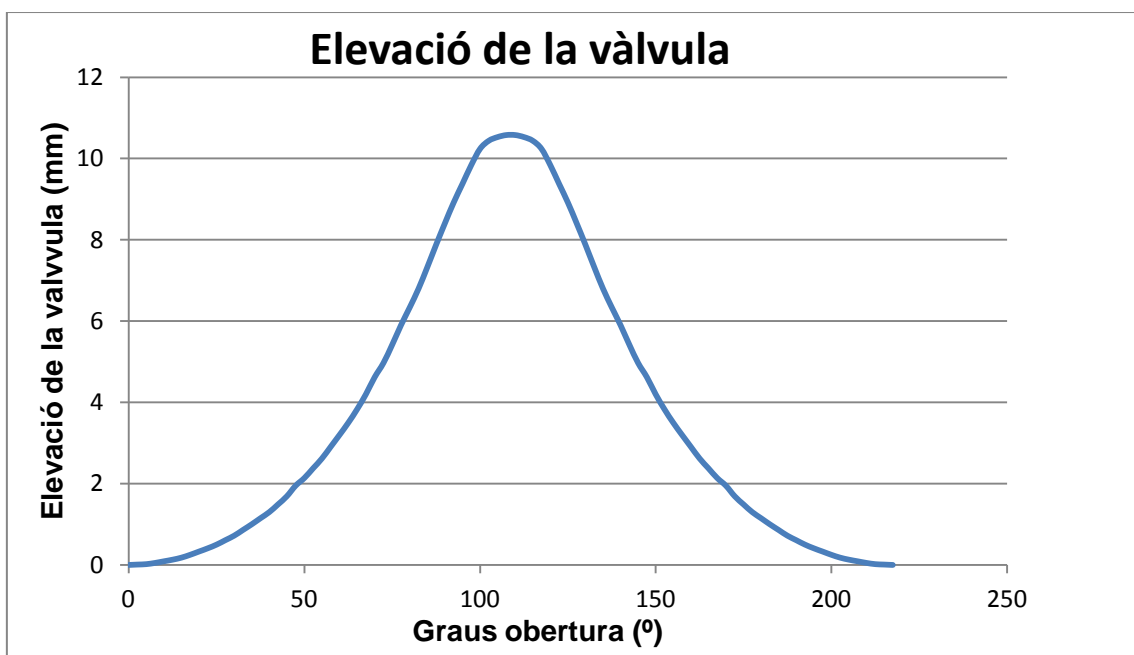
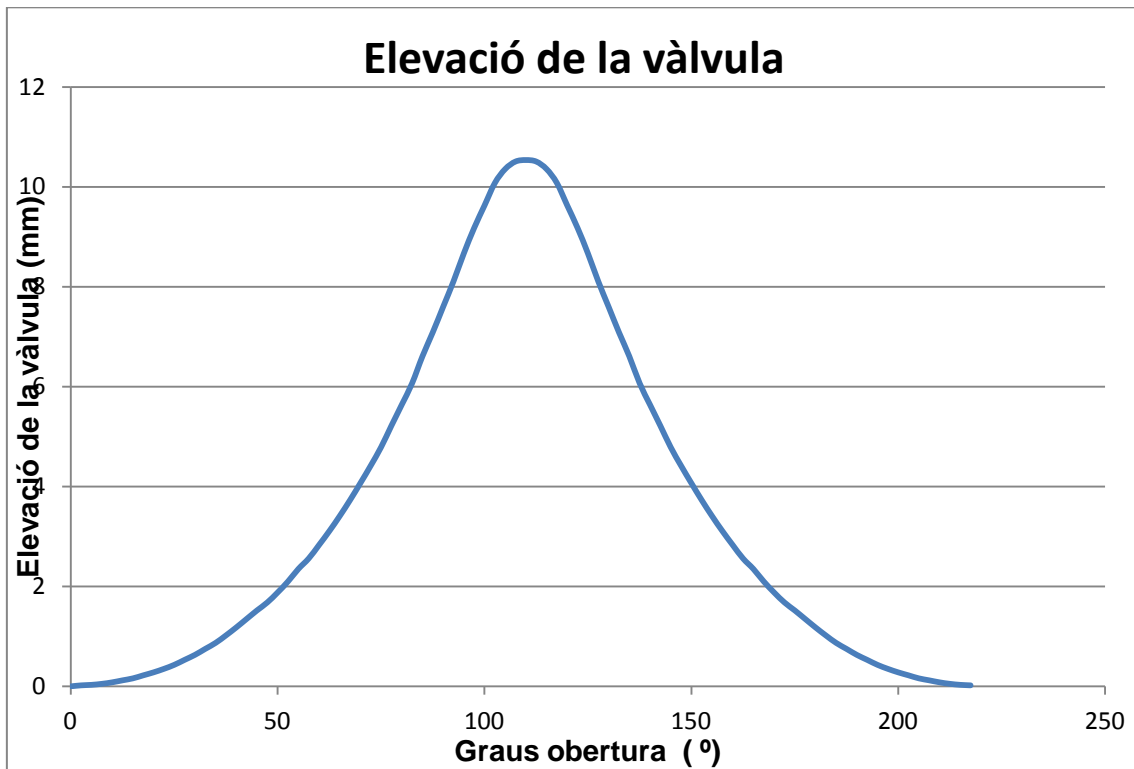


Figura 38: Gràfic d'elevació de la vàlvula en funció de l'angle girat

### E 1.2.3 Perfil obertura vàlvula escapament

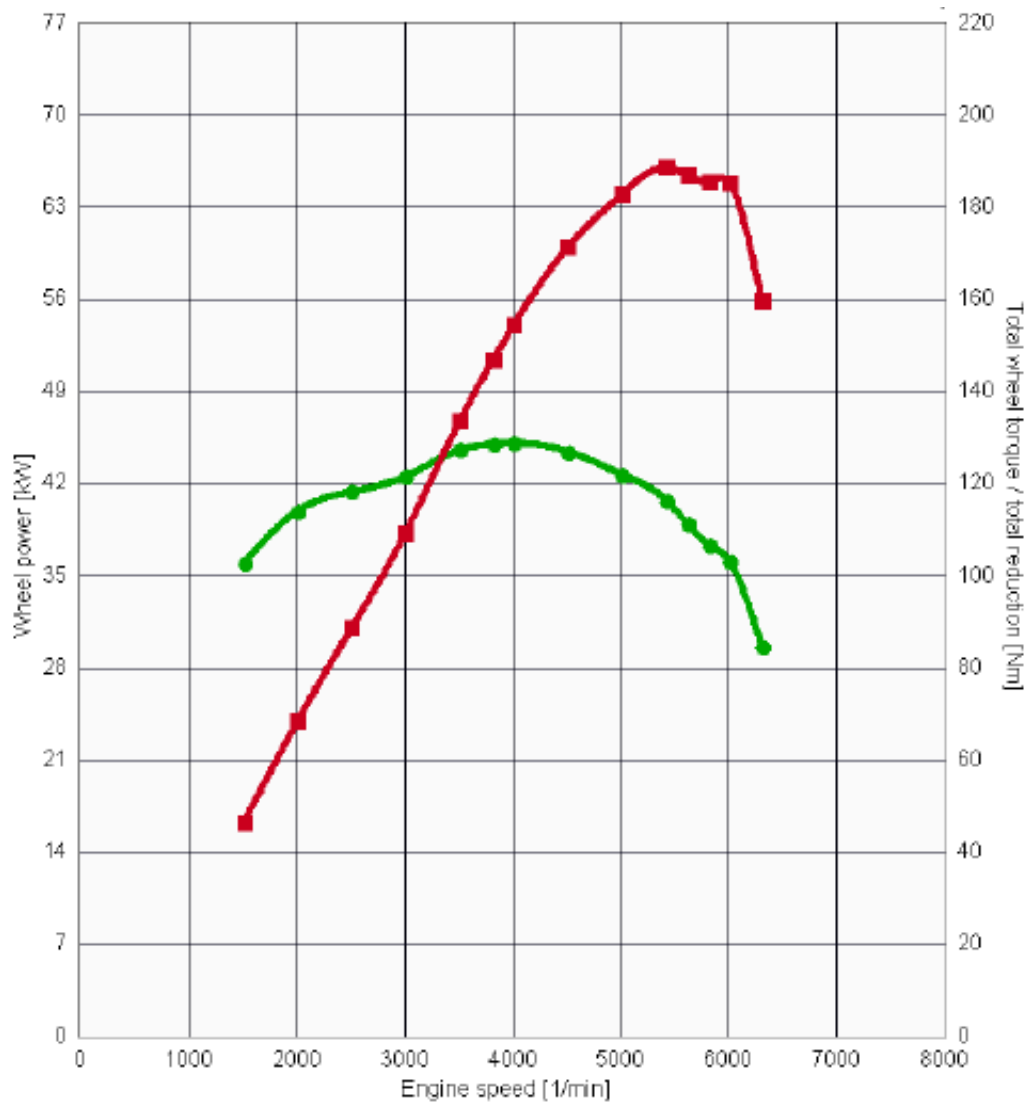


*Figura 39: Gràfic d'elevació de la vàlvula en funció de l'angle girat*

### E 1.3 Prestacions

- Regim mínim de gir 600 RPM
- Regim màxim de gir 6200 RPM
- Potència màxima 74 Kw
- Regim de gir a potència màxima 5800 RPM
- Parell màxim 141 Nm
- Regim de gir a Parell màxima 3500 RPM

### E 1.4 Gràfiques de potencia



**Figura 40: Gràfic de potencia i parell en funció de les revolucions**

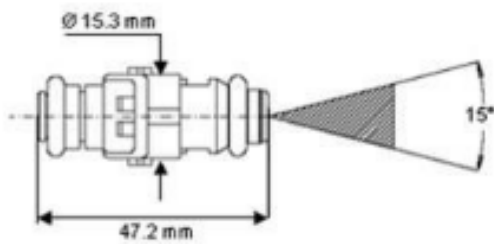
## E 2 ESPECIFICACIONS ACTUADORS

### E 2.1 Injectors

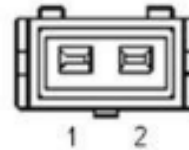
# IWP023 Pico Fuel Injector - Top feed

Single hole – Cone spray

Fluid	N-Heptane
Pressure	3 bar
R	14.5 $\Omega$
V	14 Vdc
F	100 Hz
Pw	2.5 ms
Static Flow	1.8 g/s



PIN	Description
1	GND
2	8 + 16 Vdc



*Figura 41: Característiques tècniques de l'injector*

## **E 3 Especificacions ECU**

### **E 3.1 Especificacions de les connexions**

- Connexió a través de USB y RS232
- Lector targeta de memòria microSD
- Sensor MAP de 260Kpa
- Sensor Baromètric
- 12 sortides de commutació a massa
- 5 entrades ADC per a sensors externs
- 8 entrades de commutació a massa
- 8 sortides injecció
- 8 sortides d'encesa per a bobines transistoritzades

### **E 3.2 Especificacions de funcionalitats**

- Possibilitat de treballar amb MAP, TPS o MAF, o combinacions d'elles
- Mapa de combustible de 16x32, amb increments de 0.1
- Mapa d'encesa de 16x32, amb increments de 0'1°
- Mapa d'ajust de cada cilindre de forma individual
- Doble mapa de motor
- Mapes 2D i 3D de sortides programables
- Control de llaç tancat de la gestió del turbo
- Control en llaç obert o tancat del control del ralenti

## E 4 ESPECIFICACIONS DELS COMBUSTIBLES

## E 4.1 RON 95

CARACTERÍSTICAS	LÍMITES		UNIDADES	ENSAYOS
	Mín.	Máx.		
Densidad a 15°C	720	775	Kg/m <sup>3</sup>	EN ISO 3675/12185 ASTM D1298/4052
Índice de octano research (RON)	95		-	EN ISO 5164 ASTM D2699
Índice de octano motor (MON)	85		-	EN ISO 5163 ASTM D2700
Presión de vapor (DVPE)				
• Invierno	45	60	kPa	EN ISO 13016-1
• Verano	50	80		
Destilación				
• Evaporado a 70°C				
• Verano	20	54	%v/v	EN ISO 3405 ASTM D86
• Invierno	22	56	%v/v	
• Evaporado a 100°C	46	74	%v/v	
• Evaporado a 150°C	75	-	%v/v	
• Punto final	-	210	°C	
• Residuo	-	2	%v/v	
VLI (10VP+7E70)	-	1160		
Análisis de hidrocarburos				
• Olefinas	-	18	%v/v	EN ISO 22854/ EN 15553 ASTM D1319 EN 12177/EN ISO 22854/EN 238/ ASTM D2267
• Aromáticos	-	35	%v/v	
• Benceno	-	1	%v/v	
Contenido de oxígeno	-	3,7	%m/m	EN 1601
Oxigenados				
• Metanol		3	%v/v	EN 1601/ 13132/ EN ISO 22854
• Etanol		10	%v/v	
• Alcohol isopropílico		12	%v/v	
• Alcohol tert-butílico		15	%v/v	
• Alcohol iso-butílico		15	%v/v	
• Éteres que contengan 5 átomos o más de carbono por molécula		22	%v/v	
• Otros compuestos oxigenados		15	%v/v	
Contenido de azufre		10	mg/kg	EN ISO 20846/20884
Contenido de plomo		0,005	g/l	EN 237 ASTM D3237
Corrosión lámina de cobre (3h. a 50°C)	-	Clase 1	Escala	EN ISO 2160 ASTM D130
Estabilidad a la oxidación	360	-	minutos	EN 7536 ASTM D525
Contenido de gomas actuales (lavadas)	-	5	mg/100 ml	EN ISO 6246 ASTM D381
Aspecto	Azul			
Detergencia	< 30		mg/válvula	CEC F05 A93
	< 6		mg/100 mL @ 450°C	TGA FLTM BZ154-01
Propiedades antiherrumbre	A		Clasificación NACE	ASTM D665 A y B @ 37,8°C

## E 4.2 RON 98

	LÍMITES		UNIDADES	ENSAYOS
	Mín.	Máx.		
Densidad a 15°C	720	775	Kg/m <sup>3</sup>	EN ISO 3675/12185 ASTM D1298/4052
Índice de octano research (RON)	98		-	EN ISO 5164 ASTM D2699
Índice de octano motor (MON)	85		-	EN ISO 5163 ASTM D2700
Presión de vapor (DVPE)				
• Invierno	45	60	kPa	EN ISO 13016-1
• Verano	50	80		
Destilación				
• Evaporado a 70°C				
• Verano	20	54	%v/v	EN ISO 3405 ASTM D86
• Invierno	22	56	%v/v	
• Evaporado a 100°C	46	74	%v/v	
• Evaporado a 150°C	75	-	%v/v	
• Punto final	-	210	°C	
• Residuo	-	2	%v/v	
VLI (10VP+7E70)	-	1160		
Análisis de hidrocarburos				
• Olefinas	-	18	%v/v	EN ISO 22854/ EN 15553
• Aromáticos	-	35	%v/v	ASTM D1319
• Benceno	-	1	%v/v	EN 12177/EN ISO 22854/EN 238/ ASTM D2267
Contenido de oxígeno	-	3,7	%m/m	EN 1601
Oxigenados				
• Metanol		3	%v/v	EN 1601/ 13132/ EN ISO 22854
• Etanol		10	%v/v	
• Alcohol isopropílico		12	%v/v	
• Alcohol tert-butílico		15	%v/v	
• Alcohol iso-butílico		15	%v/v	
• Éteres que contengan 5 átomos o más de carbono por molécula		22	%v/v	
• Otros compuestos oxigenados		15	%v/v	
Contenido de azufre		10	mg/kg	EN ISO 20846/20884
Contenido de plomo		0,005	g/l	EN 237 ASTM D3237
Corrosión lámina de cobre (3h. a 50°C)	-	Clase 1	Escala	EN ISO 2160 ASTM D130
Estabilidad a la oxidación	360	-	minutos	EN 7536 ASTM D525
Contenido de gomas actuales (lavadas)	-	5	mg/100 ml	EN ISO 6246 ASTM D381
Aspecto	Azul intenso			

## E 4.3 E85

Rapporto di Prova						
Proprietà	Unità di Misura	Specifiche		Metodi di Prova	Risultati	
		min.	max.			
Aspetto	-	chiaro e limpido		Metodo Visivo	<b>chiaro e limpido</b>	
Colore		regolamentare		Metodo Visivo	<b>regolamentare</b>	
Densità a 15°C.	kg/litro	To report		En ISO 3675	<b>0,778</b>	
Numero di Ottano RON	-	102	-	prEN ISO 5164	<b>108,4</b>	
(RON+MON)/2	-	90	-	prEN ISO 5163	<b>91,5</b>	
Pressione di Vapore ( metodo Reid )	hPa	350	450	EN 13016 -1	<b>467</b>	
Distillazione	Punto iniziale	° C	To report		EN ISO 3405	<b>41</b>
	10 % vol. di evaporato	° C	To report			<b>64</b>
	50 % vol. di evaporato	° C	To report			<b>75</b>
	90 % vol. di evaporato	° C	To report			<b>81</b>
	Punto Finale	°C	To report			<b>113</b>
	Residuo	% vol	To report			<b>0,8</b>
Contenuto di Piombo	gr/lt	-	0,005	prEN 237	<b>&lt; 0,002</b>	
Contenuto di Zolfo	ppm	-	10	EN ISO 20846	<b>&lt;1</b>	
Contenuto di Benzene	% vol	-	1,0	EN ISO 12177	<b>&lt; 0,1</b>	
Contenuto di Idroc. Aromatici	% vol	-	35	ASTM D 1319	<b>15,0</b>	
Contenuto di Idroc. Olefinici	% vol	-	18	ASTM D 1319	<b>&lt; 0,2</b>	
Contenuto di Etanolo	% vol	55	65	D4815	<b>62,4</b>	
Contenuto di ossigeno	% p	To report		EN 1601	<b>22,0</b>	
Contenuto di Gomme Esistenti	mg/100ml	-	4	EN ISO 6246	<b>&lt; 3</b>	
Contenuto di Zolfo Totale	% p	-	0,015	EN ISO 20884	<b>&lt; 0,005</b>	
Corrosione su Rame ( 3 h. a 50°C)	-	-	classe 1	EN ISO 2160	<b>1 a</b>	
Periodo d'Induzione	minuti	480	-	EN ISO 7536	<b>&gt; 1200</b>	



# **ANNEX F: SISTEMES D'INJECCIÓ ELECTRÒNICA**

## F 1 INTRODUCCIÓ

Un sistema d'injecció electrònica es un sistema de gestió molt sofisticat que va aparèixer per a substituir el tradicional carburador. Son sistemes que gracies a una sèrie de sensors, poden conèixer amb precisió l'estat de motor i actuar en conseqüència, obtenint un control total sobre la dosificació del combustible en el motor.

No obstant això, la complexitat d'un sistema d'una injecció electrònica pot variar molt en funció del grau de precisió que es vulgui i la inversió que s'hi vulgui realitzar. Bàsicament, podem agrupar-ho en tres grups: injecció, encesa i sistema de gestió.

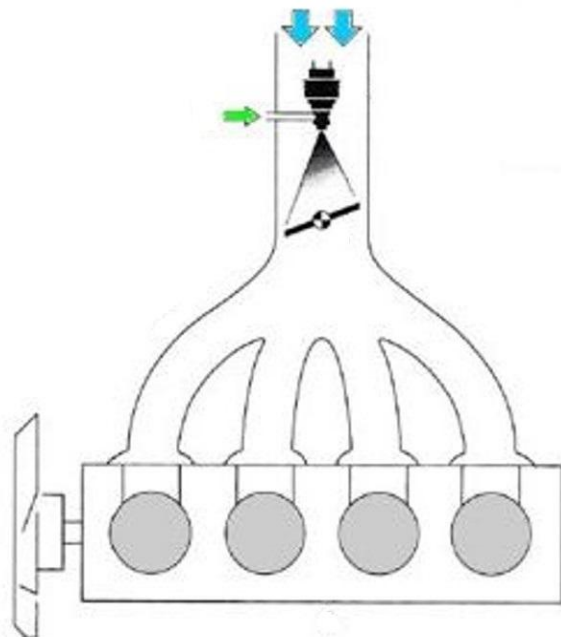
## F 2 SISTEMES D'INJECCIÓ

Quan parlem d'un sistema d'injecció electrònica ens referim a la part de la electrònica de la centralita que gestiona els injectors per tal de dosificar el combustible correctament. El grau de precisió al governar el motor vindrà donat principalment per el nombre d'injectors i la manera en que els gestionem.

### F 2.1 Injecció mono punt

El sistema d'injecció mono punt es un sistema d'injecció molt semblant a un motor de carburació. Es tracta d'un sol injector situat a l'altura de la papallona d'admissió, on aquest va injectant constantment combustible com si es tractes d'un carburador.

El principal problema que planteja aquest sistema es que no podem garantir el repartiment de gasolina entre els cilindres de manera equitativa, ja que serà la pròpia aspiració del motor la que determinarà la quantitat de aire -combustible que entra

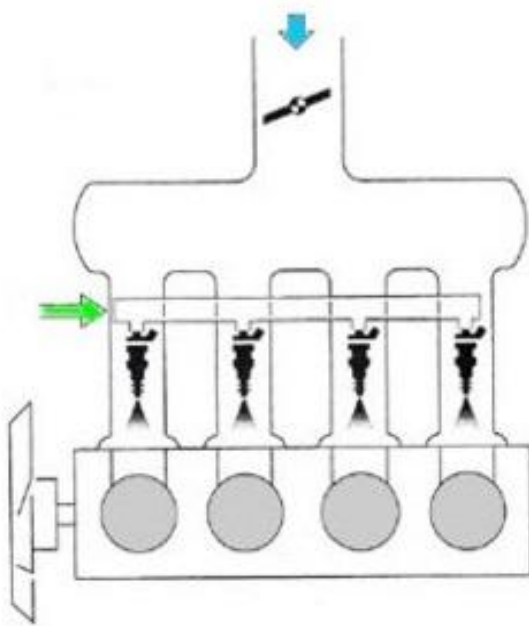


*Figura 42: Esquema de funcionament d'un sistema d'injecció mono punt*

a cada cilindre. No obstant, es tracta d'un sistema d'injecció electrònica molt senzill i relativament fàcil d'implementar.

## F 2.2 Injecció multipunt

Els sistemes d'injecció electrònica multipunt són aquelles que disposen d'un injector per a cada cilindre. Aquest sistema d'injecció ens permet dosificar la quantitat de gasolina de manera exacte per a cada cilindre. A més, en comparació a un sistema



*Figura 43: Esquema de funcionament d'un sistema d'injecció multipunt*

d'injecció mono punt, es tracta d'un sistema molt més eficient, ja que al tenir un injector per a cada cilindre, podem ubicar-los molt més a prop de la vàlvula d'admissió, reduint així el temps en el que la gasolina està en el conducte d'admissió, i per tant, reduïm la quantitat de gasolina que es pugui condensar de nou.

No obstant, la manera de gestionar aquests injectors pot dependre de diversos factors, i com veurem a continuació, es poden governar per bancades o bé individualment.

### F 2.2.1 Injecció multipunt semi seqüencial

La injecció multipunt semi seqüencial és aquella en que els injectors actuen per bancades. Aquests sistemes fan que una sola senyal de la ECU actuï sobre dos injectors a la vegada. No obstant, el principal problema que planteja aquest sistema és que en un cilindre estarà injectant en la fase d'admissió, però en l'altre, ho estaria fent en la fase d'explosió, amb la qual cosa la gasolina estaria dins del col·lector a l'espera de que s'obris la vàlvula d'admissió, amb el que tot això comporta.

Per altre banda, a nivell d'implementació és més senzill d'implementar que altres sistemes d'injecció, ja que amb un sol captador en el cigonyal i una roda fònica amb dent faltant, tenim suficient informació com per gestionar aquest tipus d'injecció.

### F 2.2.2 Injecció multipunt seqüencial

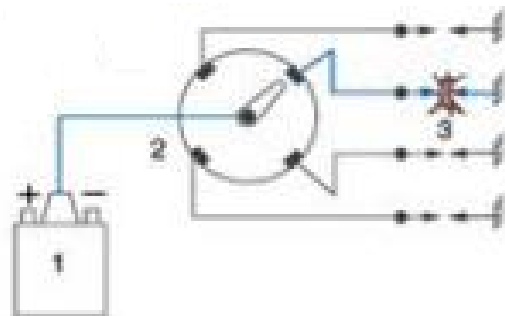
El sistema d'injecció multipunt seqüencial es el sistema d'injecció més precís que es pot aconseguir. Es un sistema basat en un injector per cilindre on cada injector es governat de manera independent per la ECU. No obstant, també es el sistema d'injecció més complex i més difícil de implementar. En aquest sistema, necessitem conèixer les revolucions del motor i el PMS del primer cilindre, en el qual tindrà lloc l'encesa. Per aquest motiu, per a aquest tipus de sistemes, serà necessari la implementació d'un sensor de revolucions en el cigonyal i un sensor de posició de l'arbre de lleves.

## F 3 SISTEMES D'ENCESA ELECTRÒNICA

Quan parlem d'un sistema d'encesa electrònica ens referim a la part de la electrònica de la centralita que gestiona les bobines per tal d'obtenir la guspira més idònia en el moment més adequat per a la combustió. El grau de precisió al governar el motor vindrà donat principalment pel nombre de bobines i la manera de funcionar d'aquestes

### F 3.1 Encesa electrònica amb distribuïdor

Aquest tipus d'encesa es el tipus d'encesa més senzill. Tenim una única bobina que genera 4 guspises en cada cicle i que posteriorment, un distribuïdor les envia al cilindre corresponent. No obstant, també es la més ineficient. Degut a que la bobina a de realitzar 4 guspises per cada cicle, ens limitarà la capacitat de la bobina: o be no podrem garantir una carrega completa per falta de temps, o be haurem de recorre a bobines de menys capacitat, i per tant, menys temps de carrega per a poder realitzar el cicle complet. A mes, el fet de tindre un distribuïdor fa que tinguem un petit retard i unes pèrdues energètiques importants, ja que la distribució d'aquesta guspira es fa de manera totalment mecànica



### **F 3.2 Encesa electrònica semi seqüencial**

Aquest sistema de gestió de l'encesa, sovint anomenat encesa per guspira perduda, es un sistema en el qual disposem una bobina per a cada dos cilindres. Es un sistema molt més eficient, amb una guspira més neta i sense les pèrdues que ens genera el distribuïdor. Però aquest sistema té una gran desavantatge, la guspira perduda.

En aquest tipus d'encesa, la guspira salta en el mateix instant per als 2 cilindres que governa, hi ho fa 2 cops cada cicle. La primera guspira salta en la fase d'explosió, tal i com li correspondria, però en el segon cilindre, salta instants abans de l'admissió. Aquest fenomen genera falses explosions i en casos detonacions a l'admissió. Tot això causa que la posada a punt del motor sigui més difícil, alhora que apareixen limitacions degut a la segona guspira.

### **F 3.3 Encesa electrònica seqüencial**

Es el millor sistema que existeix. Cada cilindre disposa d'una bobina independent i connectada directament a la part superior de la bugia. D'aquesta manera, podem controlar la guspira de manera independent per a cada cilindre sense interferir en cap dels altres, alhora que es un sistema on la connexió es directa i no presenta cap tipus de unió o cable d'alta longitud on pugui aparèixer cap tipus de pèrdua. Ara bé, igual que passava amb la injecció, passa a ser un sistema més complex i que requereix de molta més informació en quant a sensors.

## **F 4 SISTEMES DE GESTIÓ**

Tots els sistemes de gestió basen el seu funcionament en els mapes de motor. Aquests mapes, que bàsicament són unes taules de valors que estan emmagatzemades a l'interior de la ECU, són uns valors estàndards per al funcionament del motor. Aquests mapes, ens indiquen en cada moment la quantitat de gasolina i els graus d'avanç que són necessaris.

Aquests mapes sempre comparteixen l'eix horitzontal, on hi trobem les revolucions del motor però no sempre el vertical. És en aquest eix on hi trobem grans diferències en la gestió del motor, ja que els mapes poden estar basats en diferents principis de

funcionament, i en conseqüència, podem trobar sistemes molt diferents en quant a complexitat i precisió en la gestió del motor.

#### **F 4.1 Alfa N**

Quan parlem de la gestió en Alfa N, ens referim a la gestió basada en la posició de la papallona d'admissió (TPS). En aquest cas, la taula de referència estaria conformada per revolucions (eix horitzontal) i posició de la papallona (en posició vertical). En aquest sistema de gestió, tindriem un mapa motor en el qual ens basariem en combinacions entre posició del TPS i revolucions.

Aquest sistema es el mes senzill de tots, i el que te una implementació mes bàsica, ja que tant sols amb un TPS podem dur a terme la gestió del motor. No obstant, també es el mes imprecís i el menys robust. Això be donat perquè per poc que variem la posició de l'accelerador, el motor ja respondrà i això crearà un motor que tindrà una gran dificultat per trobar règims de funcionament estables, com per exemple circular a velocitat constant. I no tant sols això, sinó que serà un motor que no s'adaptarà correctament a canvis en l'entorn ni al seu propi desgast.

Habitualment, aquests sistemes pràcticament no son utilitzats a excepció d'algunes motos de trial o motos molt senzilles, que tant sols busquen sistemes d'injecció molt senzills i econòmics.

#### **F 4.2 MAP**

Els sistemes basats en MAP son aquells que estipulen la carrega de motor gracies a la depressió que aquest genera. Igual que els altres mapes, trobarem les revolucions a l'eix horitzontal i en aquest cas, la càrrega de motor en el vertical.

Aquest sistema es molt mes precís que el Alfa-N. Es un sistema que ens permetrà mantenir velocitats estables molt còmodament però una resposta molt directa en fases d'acceleració. A mes, en situacions com ara el desgast del propi motor, s'adaptarà millor que en sistemes anteriors.

De nou, al ser un sistema més complex, implicarà a part d'un TPS, la implementació d'un sensor MAP, i per tant, ja estariem parlant d'un sistema més complex.

### **F 4.3 MAF**

Quan parlem d'un sistema basat en MAF, ens referim a un sistema que basem en un caudalímetre. Aquest sistema de gestió es el més precís de tots, ja que calcula la quantitat de gasolina exacte per a cada moment. L'únic inconvenient en quant a funcionament el presenta en la resposta del sensor, que es molt més lenta en comparació a qualsevol dels altres sistemes.

### **F 4.4 Combinació entre MAP i MAF**

Aquest sistema de funcionament es el millor amb diferència. Es el més precís i més robust de tots, capaç d'adaptar-se a cada situació alhora que obtenim la màxima potència i eficiència.

En situacions on el motor es mante a velocitats constants, es guia del caudalímetre per tal d'obtenir la mescla més adient possible i quan es produeix una oscil·lació important en el regim, que precisament es on no es del tot efectiu el MAF, la centralita es capaç de detectar-ho gracies al TPS i utilitzant el MAP en aquell moment per a garantir una resposta adient del motor.