



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa



Treball de final de grau

Estudi de l'ús del bioetanol com a possible substitut de la gasolina

Grau en Enginyeria Mecànica

Curs 2016/2017

Oriol Santacreu Prat

Tutor: Jordi Vives Costa

09/06/2017

Resum

“Estudi de l'ús del bioetanol com a possible substitut de la gasolina” és un treball que vol proporcionar a tota aquella gent que tingui un interès en el tema coneixements sobre el bioetanol i es seu ús com a combustible, per tenir una visió més àmplia sobre les seves possibilitats de cara a un futur pròxim.

Per aquest motiu l'objectiu en la realització d'aquest treball és el d'analitzar l'ús del bioetanol i la possibilitat d'utilitzar-lo com a alternativa a la gasolina en un futur pròxim. Per desenvolupar aquest estudi d'una forma acurada i que vagi més enllà del que podria ser un treball totalment teòric, s'ha volgut incloure, a més d'un estudi teòric de les possibilitats, mercat, inconvenients i principals característiques de la seva utilització, una part pràctica en la qual es pretén portar a terme la conversió d'un motor de 2 temps de gasolina a bioetanol en un vehicle real per analitzar les complicacions i la possibilitat de considerar-ho com a opció per a vehicles utilitzats i analitzar el seu rendiment comparant-lo amb el del mateix motor abans de la conversió.

S'analitzaran els avantatges i desavantatges comparat amb els combustibles utilitzats actualment, pel que fa a consum, prestacions i contaminació.

També s'intentarà descobrir el motiu pel qual en alguns països l'ús del bioetanol és molt extens però en altres com Espanya és pràcticament impossible de trobar gasolineres que disposin d'aquest combustible.

Abstract

“Study of bioethanol as a possible alternative to petrol” is a work that wants to proportionate to all the people that have an interest about the issue some knowledge about bioethanol and its use as a fuel to have the possibility to evaluate with some criteria its possibilities and future.

For this reason the aim of this work is to analyze the use of bioethanol and the possibility to use it as a substitute to petrol in the close future. To elaborate this study in an accurate form and that goes farther than what could be a theoretical essay, it includes not only a theoretical study of the possibilities, market, disadvantages and main characteristics, but also a practical part in which will try to have the conversion done on a real 2 stroke engine from petrol to bioethanol, to see the complications, possibility to be done on used vehicles and analyze its performance compared with the same engine before the conversion.

Advantages and disadvantages are going to be considered compared to fuel used nowadays, its consumption, performance and pollution too.

It will be also investigated why in some countries bioethanol use has been standardized but in some others like Spain is practically impossible to find fuel stations that can provide this fuel.

Índex

1. Introducció.....	1
2. Objectius	2
3. Gasolina	3
4. Bioetanol	3
5. Comparació entre l'etanol i la gasolina.....	7
6. Història del bioetanol.....	9
7. Producció bioetanol.....	12
8. Situació actual de l'etanol.....	15
9. Ús a la resta del món	18
9.1 Normativa.....	21
10. Avantatges	22
11. Desavantatges	23
12. Motius pels quals no s'utilitza a Espanya	24
13. Funcionament motor 2t.....	26
13.1 Admissió	26
13.2 Carburació	27
13.3 Compressió.....	29
13.4 Ignició.....	29
13.5 Combustió.....	30
13.6 Escapament	30
13.7 Mescla combustible-oli.....	30
14. Motiu pel qual es fa sobre un kart	32
15. Explicació kart	33
16. Preparació prèvia del kart.....	34
17. Conversió	50
17.1 Sistemes a modificar.....	50

17.2 Material	50
18.Esquema de funcionament.....	52
19.Càlculs.....	53
20.Càlcul gicleurs necessaris.....	54
21.Estudi termodinàmic de les característiques energètiques	56
21.1 Característiques del motor	56
21.2 Hipòtesi	56
21.2.1 Estudi preliminar	57
21.2.2 Estudi del motor segons els diferents combustibles	58
22.Ajustos a realitzar	63
22.1 Ajustos de carburació.....	63
22.2 Ajustos de compressió	66
22.3 Ajustos d'encesa	67
22.4 Elecció de bugia.....	69
23.Possibles problemes	71
24.Procés pràctic.....	73
25.Costos	82
26.Prestacions.....	84
26.1 Prova inicial.....	84
26.1.1 Banc de proves	84
26.1.2 0-80km/h	85
26.1.3 Consum.....	85
26.2 Prova final	85
26.2.1 Banc de proves	85
26.2.2 0-80km/h	86
27.Efectes de la conversió	87
28.Possibilitat d'aplicar en cotxes reals.....	90

<i>28.1 Sistemes a modificar</i>	90
<i>28.2 Complicacions</i>	92
<i>29.Efectes en la societat</i>	93
<i>30.Conclusions</i>	95
<i>Bibliografia</i>	99
<i>Webgrafia</i>	100
<i>Annexos</i>	103

Índex fotografies

1: Acció de fer gasolina	3
2: Combustible i materia primera (Font:www.portalcania.com.ar)	4
3: Esquema del procés d'obtenció del bioetanol (Font: www.miliarium.com)	5
4: Esquema del contingut d'etanol de l'E85 segons països i epoca (Font:.....	6
5: Collita de matèria primera tradicionalment. (Font: www.latina-press.com).....	9
6: Cultiu artificial d'algues per a la producció de bioetanol en un futur (Font: http://www.livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/crops_06.html).....	16
7: Panicum virgatum (Font:http://www.livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/crops_06.html).....	17
8: Ubicació de les estacions de servei en territori francès (Font: Google Maps)	20
9: Ubicació de les estacions de servei en territori espanyol (Font: Google Maps)	20
10: Caixa de làmines d'un motor de 2 temps (Font: www.ebay.com).....	26
11: Esquema d'un carburador (Font:www.fastech-racing.com).....	27
12: Gicleurs d'alta per a carburadors Keihin i Koso Font:www.enduroleon.com.....	28
13: Gicleurs de baixa per a carburadors Keihin i Koso (Font: www.enduroleon.com).....	28
14: Estator d'un motor de 2 temps (Font:www.powerdynamo.biz)	29
15: Competició de karts (Font; kartsportnews.com).....	32
16: Xassís abans i després de reparar, polir i pintar (Font: Foto pròpia).....	35
17: Soldadura part davantera kart (Font: Foto pròpia)	36
18: Part davantera soldada per arc elèctric (Font: Foto pròpia).....	36
19: Exemple de soldadura incorrecta (Font: Foto pròpia).....	37
20: Suport del radiador antic, amb risc per les persones que el manipulen (Font: Foto pròpia).....	37
21: Suport del radiador d'aigua reparat i soldat de nou (Font: Foto pròpia)	37
22: Vareta del canvi de marxes antiga a l'esquerra i nova fabricada des de zero a la dreta (Font: Foto pròpia).....	38

23: Instal·lació d'un suport pel pedal i reparació de l'orifici on va collat (Font: Foto pròpia).....	38
24: Tub d'escapament foradat (Font: Foto pròpia)	39
25: Tub d'escapament reparat per un professional (Font: Foto pròpia).....	39
26: Tub d'escapament acabat i polit (Font: Foto pròpia).....	40
27: Els dos dipòsits utilitzats (Font: Foto pròpia).....	40
28: Radiador abans de restaurar (Font: Foto pròpia).....	41
29: Radiador restaurat i netejat (Font: Foto pròpia).....	41
30: Modificació en el sistema de l'accelerador (Font: Foto pròpia).....	42
31: Motor desmuntat per netejar i repassar (Font: Foto pròpia).....	43
32: Instal·lació de la clau de gasolina (Font: Foto pròpia).....	44
33: Sonda de temperatura de líquid refrigerant (Font: Foto pròpia).....	44
34: Pantalla de temperatura de refrigerant (Font: Foto pròpia).....	45
35: Sistema de frenada reparat (Font: Foto pròpia).....	45
36: Pastilles i bombí de fre reparats (Font: Foto pròpia).....	46
37: Aplicació de pasta en el tub d'escapament (Font: Foto pròpia).....	46
38: Xassís engreixat abans de netejar (Font: Foto pròpia).....	47
39: Motor engreixat (Font: Foto pròpia).....	47
40: Suport de pantalles digitals (Font: Foto pròpia).....	48
41: Xassís i sistemes pintats (Font: Foto pròpia).....	48
42: Xassís soldat i pintat (Font: Foto pròpia).....	49
43: Palanca de canvi de marxes acabada (Font: Foto pròpia).....	49
44: Kart finalitzat (Font: Foto pròpia).....	49
45: Esquema dels diferents sistemes del kart (Font: Dissenyat amb profiCAD).....	52
46: Imatge del carburador del treball desmuntat (Font: Foto pròpia).....	63
47: Rang de funcionament de les diverses parts del carburador (Font: www.sites.google.com).....	64
48: Lubricant utilitzat (Font: Foto pròpia).....	64
49: Etiqueta del lubricant (Font: Foto pròpia).....	65
50: The Knock Box, aparell de detecció de la detonació en motors (Font: www.theknockbox.com.au).....	68
51: Danys produïts pels efectes de l'etanol en un tub de goma (Font: www.thetruthaboutcars.com).....	71

52: Efectes de la detonació en cas extrem en el pistó (Font: www.snowridermag.com).....	72
53: Mesura de la compressió del motor (Font: Foto pròpia).....	74
54: Color bugia amb mescla pobre (Font: Foto pròpia).....	75
55: Augment del forat d'un gicleur amb un mandril escairador (Font: Foto pròpia).....	77
56: Color bugia amb un funcionament correcte, petit excés de lubricant (Font: Foto pròpia).....	79
57: Escoltant la detonació del motor (Font: Foto pròpia).....	80
58: Vista del plat magnètic, amb la regulació d'avanç d'encesa (Font: Foto pròpia).....	80
59: Mesura de la posició del pistó en el moment d'encesa (Font: Foto pròpia).....	80
60: Gràfica de la corba de potencia en banc de proves (Font: Pep Motor).....	87
61: Imatge una vegada acabada la conversió (Font: Foto pròpia).....	97

Índex taules i gràfiques

1: Taula comparació de les propietats de l'etanol i la gasolina (Font: www.auto-forum.com)	7
2: Taula de la producció mundial de bioetanol segons país o regió (Font: www.afdc.energy.gov/data/)	13
3: Gràfica sobre la producció mundial de bioetanol segons país o regió (Font: www.afdc.energy.gov/data/)	13
4: Taula de la producció de bioetanol segons països, en milions de litres (Font: EU FAS Posts)	14
5: Taula de rendiment i cost de les diferents matèries primeres (Font: F.O.Licht)	15
6: Gràfica de l'ús global del bioetanol (Font: www.ogj.com)	18
7: Gràfica del consum de biocombustibles any 2015 (Font: http://rsta.royalsocietypublishing.org)	18
8: Taula de mesures dels gicleurs Keihin (Font: www.cycletreads.co.nz)	55
9: Taula de característiques dels diferents combustibles (Font: IFP)	56
10: Taula de comparació de resultats teòrics (Font: Càlculs)	62
11: Taula d'explicació de la nomenclatura de les bugies NGK (Font: www.picclick.com)	70
12: Taula de cost del material a utilitzar en el procés pràctic (Font: Estudi propi)	82
13: Taula de cost del material per a la conversió de vehicles moderns (Font: Estudi propi)	83
14: Taula de comparació de prestacions entre la gasolina i el bioetanol (Font: Creació pròpia)	86
15: Gràfica de la temperatura d'escapament en plena carrega amb gasolina i bioetanol (Font: www.biomotors.net)	89

1.Introducció

Avui en dia la fi dels combustibles fòssils és un dels temes que més preocupen a la societat. La dependència que generen aquests combustibles pel correcte funcionament de la societat pot esdevenir un problema en el moment en que no es pugui disposar de més petroli. És per aquest motiu que cal buscar formes alternatives d'obtenir aquesta mateixa energia per seguir fent funcionar les màquines i vehicles que mouen la societat actual.

Mentre que en alguns països l'ús dels biocombustibles s'està estenent de forma ràpida en els últims anys, en altres encara és una font d'energia pràcticament desconeguda, i que no s'utilitza tan pel seu desconeixement com per a la impossibilitat d'adquirir aquests combustibles o en cas de ser possible, per tenir un preu que no ho fa rendible.

La utilització d'aquests combustibles comporta un seguit d'efectes relacionats, tan positius com negatius, que cal estudiar abans d'estendre la seva utilització a gran escala. Alguns d'aquests efectes són pel que fa a la contaminació, fet preocupant en la societat actual, sobretot en les grans ciutats, on l'acumulació de vehicles té com a resultat un ambient fortament contaminat i que cal controlar. Per altra banda, alguns dels contra efectes que cal analitzar són la necessitat de cultivar i utilitzar vegetals per a la seva producció, que de no ser utilitzats per fer combustible es podrien cultivar per al consum humà.

Per analitzar si és viable la substitució dels combustibles fòssils amb aquests renovables, cal tenir en compte si és possible la utilització d'aquest combustible en els cotxes actuals, valorant els avantatges i inconvenients, així com l'adaptació que és necessària per a la seva utilització. També cal trobar la forma de que el balanç econòmic sigui positiu per fer d'aquest combustible un substitut ideal.

2.Objectius

El present projecte es sustenta en els coneixements adquirits durant el Grau d'Enginyeria Mecànica a l'EPSEM, així com coneixements i pràctica adquirits durant la meua carrera laboral a Calm Competició en la preparació de motors de cotxes de competició.

L'objectiu d'aquest estudi és principalment el d'adquirir coneixements més extensos sobre un combustible que a Espanya es desconeix gairebé en la totalitat, però que s'ha utilitzat en altres països des de fa dècades, i que està en constant desenvolupament com a possible substitut dels combustibles fòssils en un futur.

Es pretén estudiar el bioetanol per valorar els possibles avantatges i desavantatges que pot tenir i analitzar la possibilitat d'utilitzar-lo en vehicles domèstics. A més també s'investigarà tan en l'àmbit internacional, cercant en la seva evolució i ús, producció i matèria primera, com en l'àmbit nacional, buscant els motius pel qual es desconeix i si és possible el seu ús.

Com a objectiu pràctic d'aquest treball s'intentarà fer funcionar un motor de 2 temps amb aquest combustible i optimitzar les seves prestacions, per posteriorment comparar entre els dos combustibles.

A través d'aquest projecte, es pretén aportar, en mesura del possible, informació per a qualsevol persona que desitgi tenir informació sobre aquest combustible alternatiu i el seu ús, així com per a futurs estudiants d'enginyeria que tinguin intenció de treballar aquest interessant i extens món com és el de la preparació de motors, dels combustibles i el medi ambient.

3. Gasolina

La gasolina, coneguda popularment a Catalunya com a benzina, és un líquid gairebé transparent fruit d'una barreja d'hidrocarburs derivada del petroli que s'utilitza com a combustible en motors de combustió interna.

El seu procés d'obtenció a partir de la matèria primera és el següent:

- S'extreu el petroli del subsòl, mitjançant torres d'extracció o amb balancins, i es transporta a la refineria.
- El petroli es separa en fraccions d'hidrocarburs amb propietats similars utilitzant la destil·lació fraccionada, on el petroli s'escalfa de forma que els compostos s'evaporen.
- Els compostos es refreden i es condensen a mesura que puguen per la columna de destil·lació. En primer lloc s'obtenen els menys volàtils i al final els més volàtils.
- Els grups de compostos que es van separant tenen propietats similars. La gasolina és la mescla d'hidrocarburs més lleugera del líquids.

La seva fórmula química és C_xH_y , que dependrà de les característiques de cada gasolina.

Té un poder calorífic elevat, de 43MJ/kg, fet que el fa un perfecte combustible per als motors de combustió interna. La seva densitat és de 680g/l.

El seu índex d'octà per al consum domèstic normalment varia entre 87 i 98 octans RON en la majoria de països, mentre que en gasolines de competició pot passar dels 110 octans RON per permetre una major compressió del motor.



1: Acció de fer gasolina
(Font: www.profit.ndtv.com)

4. Bioetanol

És un alcohol obtingut a partir de la fermentació dels sucres que es troben en els vegetals. Aquest procés es pot portar a terme en infinitat de matèria primera, com poden ser cereals, remolatxa, canya de sucre o sorgo, entre altres, obtinguts directament del seu cultiu, però també poden provenir de residus d'altres processos, com la biomassa, palla de cereals, residus urbans o closques de cereals i arròs, aprofitant d'aquesta manera productes que no són més que un residu sense valor econòmic.

Depenent del país són utilitzats uns vegetals o altres per a la seva producció, però de forma general es podria dir que s'utilitza la canya de sucre a Brasil, blat a Amèrica, i remolatxa, cereals o residus orgànics en alguns altres països.



2: Combustible i matèria primera
(Font: www.portalcania.com.ar)

La seva fórmula química és $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.

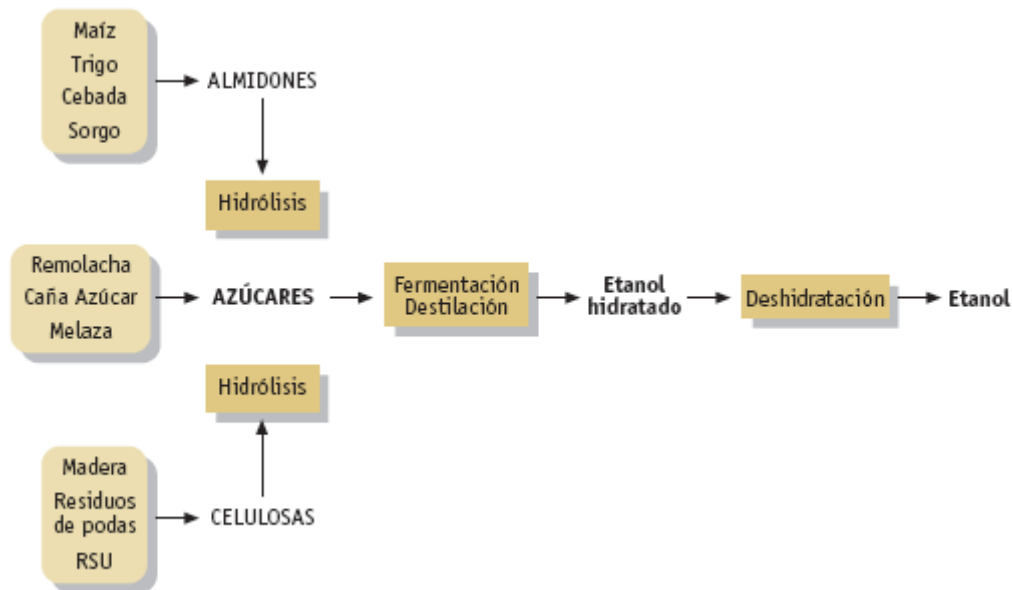
Per a l'obtenció de l'alcohol cal seguir un procés de transformació del sucre de les plantes fins a obtenir el combustible. Aquest procés és més senzill que el d'obtenció dels combustibles fòssils, fet pel qual surt a compte la seva producció.

- **Dilució:** Consisteix en afegir aigua per ajustar la quantitat de sucre en la mescla, o posteriorment, la quantitat d'alcohol en el producte.
- **Conversió:** És el procés per passar de midó o cel·lulosa a sucres fermentables. Es pot aconseguir amb l'ús de malta o amb un procés d'hidròlisi àcida.
- **Fermentació:** És un procés de transformació anaeròbic realitzat per llevadures sobre el subproducte anterior, que permet obtenir un gran nombre de productes, entre els quals l'etanol. L'alcohol obtingut conté un 5% d'aigua.

La fórmula química per passar de tenir sucre a tenir etanol i diòxid de carboni és la següent:



- **Destil·lació i deshidratació:** La destil·lació és l'operació de separar, mitjançant calor, els components líquids d'una mescla. S'utilitza per extreure l'etanol de la mescla fermentada. Un cop destil·lat el bioetanol té un contingut d'aproximadament un 5% d'aigua, que cal extreure realitzant una deshidratació amb zeolites, moment a partir del qual l'etanol es podrà utilitzar com a combustible.



3: Esquema del procés d'obtenció del bioetanol (Font: www.miliarium.com)

L'etanol pur, té un octanatge aproximat de 110 RON, per tant, amb el següent càlcul es pot establir l'octanatge de l'E85 tenint en compte que és una mescla de gasolina 95 i etanol.

$$Oct E85 = 0.15 \times 95 + 0.85 \times 110 = 107.7 oct$$

L'octanatge de l'E85 que es pot trobar a les estacions de servei es troba al voltant de 105 RON, depenent de la quantitat de bioetanol que es troba en la mescla. Aquest major octanatge retarda l'autodetonació fins a temperatures i pressions més elevades que en qualsevol de les gasolines.

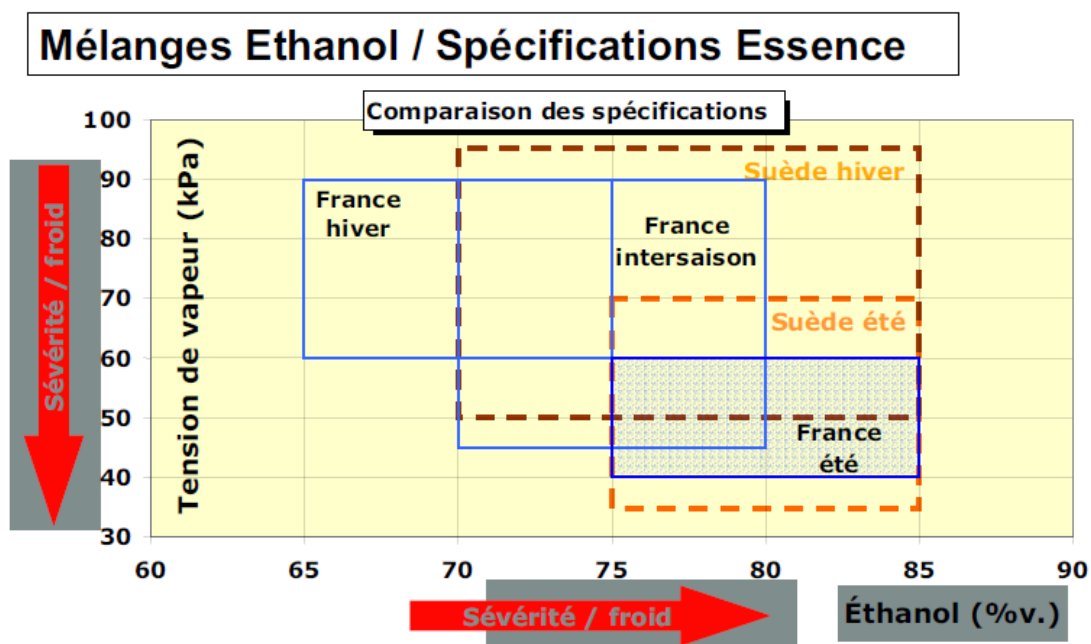
Percentatge de bioetanol segons temporada

En funció de les condicions ambientals de la zona es determina el percentatge d'etanol que incorpora la mescla, i que varia durant les estacions de l'any.

Del 16 de novembre al 15 de març el combustible conté una mitjana d'un 70% de bioetanol i la resta de gasolina. Aquest fet és degut a que l'etanol costa més de vaporitzar en fred, i seria molt difícil engegar un motor amb 85% d'etanol.

Del 16 de març a 1 de maig i de 1 d'octubre a 15 de novembre conté una mitjana de 75% d'etanol.

De l'1 de maig a al 30 de setembre conté entre un 75 i 85 de bioetanol. Per tant, l'etanol anomenat E85 tan sols és comercialitzat durant 5 mesos a l'any, durant els mesos de més calor en que té major facilitat per atomitzar.



4: Esquema del contingut d'etanol de l'E85 segons països i època (Font: www.prius-touring-club.com)

És un líquid molt higroscòpic, desfavorable pel que fa al seu emmagatzematge, que cal controlar per tal d'evitar l'absorció d'aigua.

Si aquest fet es produeix, essent possible per un alcohol de E90 absorbir fins a un 0.5% d'aigua abans que les seves fases es separin, s'afavoreixen les condicions per tal d'agilitzar el procés de corrosió dels elements metàl·lics en contacte.

En canvi, els combustibles tradicionals, no han comportat cap tipus de problema de corrosió, degut a la seva baixa miscibilitat en aigua.

5.Comparació entre l'etanol i la gasolina

Per tal de saber si és possible de substituir la gasolina amb bioetanol és imprescindible estudiar les característiques que aquests dos tenen i observar com es tradueixen aquestes en el funcionament del motor, per tal de variar els paràmetres i obtenir el millor rendiment possible alhora que el mínim augment en el consum.

Propriétés comparées de l'Ethanol et de l'Essence		
	Ethanol	Essence
Formule	C₂H₅OH	C_xH_y
Rapport H/C	3	1,9
Densité (g/cm³)	0,79	0,75
Pouvoir Calorique Inférieur (kJ/kg)	26 900	42 500
Tension de Vapeur Reid (kPa) à 37,8°C	16	60
Rapport air-carburant stoechiométrique	9	14,5
chaleur latente de vaporisation (KJ/Kg)	845	420
Indice d'Octane RON	110	95

1: Taula comparació de les propietats de l'etanol i la gasolina (Font: www.auto-forum.com)

Pel que fa a la fórmula química dels dos combustibles, els dos contenen àtoms de carboni i hidrogen però en disposicions diferents. L'etanol, també conté a més dels dos anteriors molècules d'oxigen.

L'etanol conté 1 molècula més d'hidrogen per cada molècula de carboni que la gasolina.

Cal tenir present que l'etanol de la comparació és 100%, mentre que el que s'utilitza com a combustible és una mescla d'etanol i gasolina en diferent proporció segons l'estació de l'any.

Les densitats dels dos combustibles són molt similars, dada important pel que fa al funcionament de les bombes i injectors dels vehicles, en que es podrien donar problemes en cas d'haver-hi una diferència molt gran.

El calor latent de vaporització és el doble en l'etanol en comparació amb la gasolina, i per tant, serà més difícil que s'evapori l'etanol que la gasolina en condicions normals.

Les característiques que influeixen directament en el funcionament del motor i que són per tant les més significants en quan al seu ús, com a combustible es refereix, són el poder calorífic inferior, que determina la quantitat de calor que produeix una unitat de massa en la combustió. Tot i tenir un PCI menor, l'etanol compensa aquest handicap amb l'augment de combustible en l'alimentació per obtenir unes millors prestacions.

Aquest major consum de bioetanol ve determinat per la riquesa o relació aire-combustible, que en el cas de l'etanol pur és de 9 parts d'aire per 1 d'etanol per tenir una proporció estequiomètrica, mentre que en la gasolina és de 14,7. Tenint en compte que la quantitat d'aire que entra al motor serà la mateixa, caldrà augmentar la quantitat de combustible injectat en el cas de l'etanol per obtenir aquesta relació estequiomètrica.

L'índex d'octans és juntament amb el PCI i la riquesa una de les diferències més importants en comparació amb la gasolina, concretament és l'avantatge principal que té l'etanol pel que fa a prestacions. L'octanatge de l'etanol és molt superior al de la gasolina, varia segons les fonts però l'etanol pur es troba entre 110 i 115 octans RON, mentre que la gasolina que es pot adquirir en les estacions de servei és teòricament de 95 i 98 octans RON, però normalment és lleugerament inferior. Pel que fa a l'E85, l'índex d'octans aproximat del bioetanol que es troba a les estacions de servei és d'entre 100 i 105 octans RON, depenent del percentatge de gasolina.

L'índex d'octans determina la capacitat d'antidetonació que pot suportar el combustible, de manera que un major octanatge permet augmentar l'avanç de l'encesa sense tenir la detonació que hi hauria amb el mateix avanç amb gasolina. D'aquesta forma es pot començar la combustió abans i es realitza de forma més completa i tenint el pic de pressió unes mil·lèsimes de segon abans.

6.Història del bioetanol

Els orígens de l'etanol obtingut a partir de vegetals es remunten al neolític, confirmat per restes trobades de la societat Xina que daten de fa al voltant de 9000 anys. La fermentació del sucre en etanol és una de les primeres reaccions orgàniques que la humanitat va aprendre a controlar per al seu consum.



5: Collita de matèria primera tradicionalment. (Font: www.latina-press.com)

L'ús del bioetanol com a combustible va directament relacionat amb la fabricació dels primers cotxes.

- Entre els anys 1824 i 1826 l'inventor Samuel Morey, conegut per crear el primer motor de combustió interna, va desenvolupar un motor per ser instal·lat en un vehicle que funcionava amb etanol i trementina.
- Nicholas Otto utilitza etanol per propulsar el seu motor.
- Els primers models de cotxes venuts a Estats Units estaven dissenyats per tal de funcionar amb etanol.
- A partir de 1919 es va prohibir l'ús de l'etanol als Estats Units, per potenciar el consum de gasolina i així enfortir aquesta indústria.
- Després de la primera guerra mundial, l'ús de gasolina es va tornar a estendre, tot i així, és a partir d'aquest moment que es comença a afegir etanol a la gasolina per tal de millorar les seves propietats.

- A partir dels anys 30, es normalitza l'ús de gasolina barrejada amb etanol a l'Oest mitjà dels Estats Units, on degut a la proximitat de la matèria primera es podia disposar d'un gran nombre de gasolineres, amb un percentatge d'entre 6 i 12% d'etanol.
- El 1945 s'acaba la segona guerra mundial, i per aquest fet el preu de la gasolina s'abaixa de forma important, de forma que als Estats Units i Europa l'ús de l'etanol es redueix dràsticament. En canvi a altres països com Brasil es segueix utilitzant, durant la guerra barrejat en un 50% amb gasolina, i un cop acabada amb un 10-12% d'etanol.
- No va ser fins als anys 70 que es va tornar a valorar l'etanol com a combustible.
- Arribats a aquesta etapa, cal dividir la història entre els diferents grans productors de petroli i el camí que va prendre cadascun per al posterior desenvolupament de la seva indústria i consum:

BRASIL

Brasil des del moment en que s'hi van començar a importar vehicles van estudiar la possibilitat d'utilitzar etanol com a combustible. Va ser a causa de la crisi del petroli del 1973 que es va haver de buscar una alternativa a la gasolina. El govern del país per tal de solucionar el problema que els havia sorgit va promoure estudis econòmics per a la producció d'etanol a gran escala, amb el programa anomenat "Pró-álcool", en el qual es van involucrar els fabricants de cotxes amb vendes al país dissenyant cotxes capaços de funcionar amb etanol. El 1978 es va vendre el primer vehicle impulsat per etanol. Des d'aquest moment i fins a l'any 1986 el nombre de vehicles produïts incrementava de forma important, fins a arribar a 619854 unitats venudes aquell mateix any, nombre que suposava un 76% de tots els vehicles fabricats al país. A partir d'aquell moment el bioetanol es va començar a encarir i la gent va deixar de comprar vehicles impulsats per bioetanol retornant a la gasolina. Es va arribar a un punt a finals del segle passat en que pràcticament no es venia cap cotxe de bioetanol, moment en que es van introduir en el mercat els vehicles Flexfuel i va tornar a augmentar el nombre fins a un 72% el 2007, últim any del qual es disposen dades reals.

A dia d'avui en aquest país el 100% de les gasolineres distribueixen bioetanol, la majoria de les quals disposen d'assortidors d'E100 i E20-25.

ESTATS UNITS

Als Estats Units el canvi cap a la utilització de l'etanol va haver d'esperar uns anys més. No va ser fins a l'any 1990 quan es va establir la "Clean Air Act", l'objectiu de la qual era reduir les toxines de la gasolina, especialment el benzè, toluè i zylé, i substituir-los per un combustible més net. La producció d'etanol, i com a conseqüència el cultiu de blat de moro, va tenir un boom d'enormes dimensions que va portar als Estats Units a ser el major productor d'etanol mundial.

Antigament pràcticament la totalitat de les gasolineres es trobava a l'oest mitjà, zona de cultiu del blat de moro. A dia d'avui s'ha estès més àmpliament, però tot i així el punt amb més abundància segueix essent el mateix.

EUROPA

A Europa no hi va haver un punt d'inflexió tan gran com a les dues grans potències pel que fa a producció d'etanol, i a més, la introducció d'aquest combustible va ser molt més tard que ells.

Va ser a principis dels anys 90 que es va començar a cultivar per a la producció d'etanol.

El país on es va introduir inicialment en el continent europeu va ser França, pionera en la transformació dels vehicles de gasolina al seu ús pel bioetanol.

Amb el pas dels anys es va ampliant la producció, primer a França, posteriorment a Espanya i ja cap a final dels anys 90 s'hi va introduir Suècia i Alemanya.

França sempre ha estat un pas endavant en el consum de bioetanol, mentre que Espanya tot i ser un productor molt important, mai ha estat un important consumidor del seu propi producte, de forma que el bioetanol produït era exportat a altres països, i últimament, una gran part per barrejar en una baixa proporció per a les gasolines de 95 i 98 octans.

Suècia per la seva part va seguir la tendència de França en menor escala fins a aconseguir un percentatge de vehicles que l'utilitzen important.

7. Producció bioetanol

A dia d'avui el país productor majoritari de bioetanol és Estats Units, que disposa d'un mercat automobilístic molt ampli, i ha aconseguit ser el primer productor mundial tot i el baix percentatge de vehicles que utilitzen bioetanol en el seu territori.

Per a la seva producció els americans utilitzen midó de blat de moro, tot i fer cada vegada més extens l'ús de canya de sucre i remolatxa en els llocs on és possible de cultivar-los.

Per darrere d'aquesta primera potència mundial, i amb aproximadament la meitat de la seva producció, es troba Brasil, amb una producció molt elevada pel nombre de vehicles que hi circulen, tot i que en aquest cas es produeix a partir de la canya de sucre pràcticament en la seva totalitat.

La producció de bioetanol a Brasil, a partir de canya de sucre, és molt més eficient que la indústria estatunidenca que utilitza midó de blat, resultant en 0,08USD menys en el cas del país sudamericà. És per aquest motiu que en els últims anys a Estats Units s'ha començat a introduir la remolatxa i la canya de sucre com a matèries primeres, per reduir el seu cost.

Aquests dos són els principals productors i alhora consumidors, ja que el més habitual és consumir el producte en el mateix país de producció per evitar costos en transports.

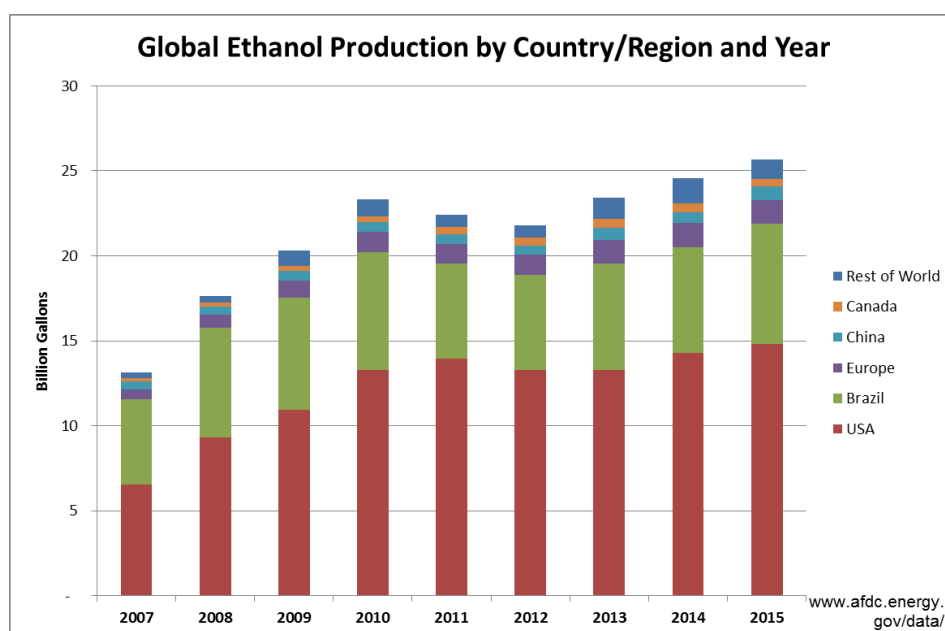
Després d'aquests dos països, que es reparteixen gairebé la totalitat de la producció mundial, es troba Europa, que amb França com a país pioner, té una producció important però repartida de forma molt dispersa segons els països.

Els països europeus tenen una matèria primera més variada, essent la que té major importància la remolatxa, utilitzada principalment a França, però també s'hi pot trobar blat de moro, cereals varis i residus forestals depenent de la situació de la planta productora de bioetanol i els recursos dels quals disposa.

Les dades de la taula i la gràfica són les mateixes però en format diferent, de manera que es pot analitzar de forma més visual el repartiment de la producció mundial d'etanol, amb la seva evolució durant els últims anys per països, que tal com s'ha descrit anteriorment està encapçalada per Estats Units, seguit de Brasil i la resta de països a una distància important.

World Fuel Ethanol Production by Country or Region (Million Gallons)									
Country	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
USA	6.521	9.309	10.938	13.298	13.948	13.300	13.300	14.300	14.806
Brazil	5.019	6.472	6.578	6.922	5.573	5.577	6.267	6.190	7.093
Europe	570	734	1.040	1.209	1.168	1.179	1.371	1.445	1.387
China	486	502	542	542	555	555	696	635	813
Canada	211	238	291	357	462	449	523	510	436
Rest of World	315	389	914	985	698	752	1.272	1.490	1.147
WORLD	13.123	17.644	20.303	23.311	22.404	21.812	23.429	24.570	25.682

2: Taula de la producció mundial de bioetanol segons país o regió (Font: www.afdc.energy.gov/data/)



3: Gràfica sobre la producció mundial de bioetanol segons país o regió (Font: www.afdc.energy.gov/data/)

Pel que fa a l'àmbit europeu, França és la primera potència, país on el govern ha apostat fort per aquest combustible alternatiu i ha servit per establir-se com a referent a nivell europeu, amb una producció anual de gairebé 1000 milions de litres en l'actualitat, dada estadística de l'any actual ja que no es disposa de dades actualitzades.. A darrere seu, i amb una producció similar, es troba Alemanya, que també ha volgut implantar aquest sistema com a forma de reduir el consum de combustibles fòssils i la contaminació.

Aquests dos països són els productors més importants d'Europa. Unes quantes posicions més enrere s'hi troba Espanya, que tot i ser un productor important, la majoria del bioetanol produït és exportat a altres països de la comunitat europea o mesclat amb la gasolina convencional, però no en forma de E85.

Amb nivells més baixos es poden trobar la resta dels països, que depenen de les condicions ambientals, situació governamental i intenció de substituir els combustibles fòssils, tenen una producció major o menor.

Production & Capacity

Table 5. Fuel Ethanol Production Main Producers (million liters)								
Calendar Year	2010^r	2011^r	2012^r	2013^r	2014^r	2015^e	2016^f	2017^f
France	942	846	829	995	975	968	970	970
Germany	765	730	776	851	920	937	950	950
Hungary	190	190	291	392	456	637	640	640
Belgium	315	400	410	451	557	560	560	560
Netherlands	100	275	451	524	520	520	450	520
Spain	471	462	381	442	453	494	400	400
United Kingdom	352	89	215	278	329	253	250	250
Poland	194	167	213	235	181	214	241	253
Austria	199	216	216	223	230	235	235	235
Total	4,268	4,392	4,658	5,000	5,250	5,190	5,050	5,050

r = revised / e = estimate / f = forecast EU FAS Posts. Source: EU FAS Posts

4: Taula de la producció de bioetanol segons països, en milions de litres (Font: EU FAS Posts)

8.Situació actual de l'etanol

Actualment aquest és un combustible que està en fase d'expansió a nivell global, ja que una vegada comprovades les seves capacitats i amb la generalització de la venda de vehicles FlexFuel s'ha establert com una alternativa viable als combustibles fòssils a un preu similar.

El baix cost d'aquest combustible i la seva menor contaminació, ha estat suficient per convèncer a un gran nombre de conductors que en temps en els quals la gasolina no deixa d'encarir-se, opten per aquest tipus d'energia renovable per als seus trasllats.

Avui en dia no hi ha un cultiu suficient com per subministrar bioetanol per a tots els vehicles i màquines que es disposa en la superfície terrestre, però gràcies als avanços tecnològics cada vegada la producció pot ser major i el cultiu més fàcil i ràpid, reduint l'energia invertida en el cultiu i transformació.

La producció en sèrie dels anomenats vehicles Flex Fuel ha significat un canvi de dimensions considerables en el consum de bioetanol, ja que permet utilitzar qualsevol mescla de gasolina i etanol que es pugui trobar a les estacions de

	rendimiento por área (lt/Ha)	rendimiento por masa (lt/Ton)	costo de la materia prima (cent. USD/lt)
remolacha	7000	100	25
caña de azúcar	6000	70	8
maíz	3000	380	24

Tabla 1: Rendimiento por área, rendimiento por masa y costo de la materia prima
Fuente: F. O. Licht, con datos para Francia (remolacha), Brasil (caña de azúcar) y Estados Unidos (maíz)

5: Taula de rendiment i cost de les diferents matèries primeres (Font: F.O.Licht)

servei i s'adapta de forma automàtica a ell, variant els paràmetres que cal modificar per obtenir el millor rendiment sense necessitat de modificar cap element mecànic ni canviar el software del motor. Aquest fet permet evitar la complicada decisió d'escollir entre comprar un cotxe de gasolina o d'etanol i valorar l'impacte econòmic d'un i altre, ja que es poden utilitzar indiferentment.

A dia d'avui hi ha moltes matèries primeres utilitzades, depenent principalment del país i les seves condicions climatològiques per tal d'extreure'n el màxim de producció.

La font de producció amb més futur de les que s'utilitzen avui en dia és la canya de sucre, que en països tropicals és una font d'immensos recursos. Gracies a la gran quantitat de sucre pot ser fàcilment processada i fermentada produint un gran percentatge d'etanol respecte la matèria primera utilitzada.

De cara a seguir millorant en un futur, s'estan portant a terme diversos estudis en països diferents per tal de millorar el rendiment i les formes d'obtenir aquest combustible, i poder obtenir el màxim de producció amb el mínim de costos possibles.

El més recent dels estudis que es coneixen, i que té una bona previsió de futur, es basa en la utilització d'algues com a matèria primera, que en condicions ideals són capaces de duplicar la seva massa en qüestió d'hores. A més, poden viure en aigües residuals o salades, solament requereixen aigua, llum i diòxid de carboni per viure i no tenen una delicadesa important.



6: Cultiu artificial d'algues per a la producció de bioetanol en un futur
(Font: http://www.livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/crops_06.html)

Altres estudis són a partir de l'ús de la planta *Panicum Virgatum* com a matèria primera, aquesta font ha creat un gran interès científic. És una planta de creixement ràpid, que pot elevar-se fins a més de 2 metres d'altura, requereix

molt poca aigua pel seu creixement i pot cultivar-se en terra poc fèrtil. Igual que en el cas de la canya de sucre, els residus produïts de la planta una vegada s'ha destil·lat poden ser utilitzats com a combustible per a la producció d'energia per fer funcionar la pròpia maquinaria de producció del bioetanol.



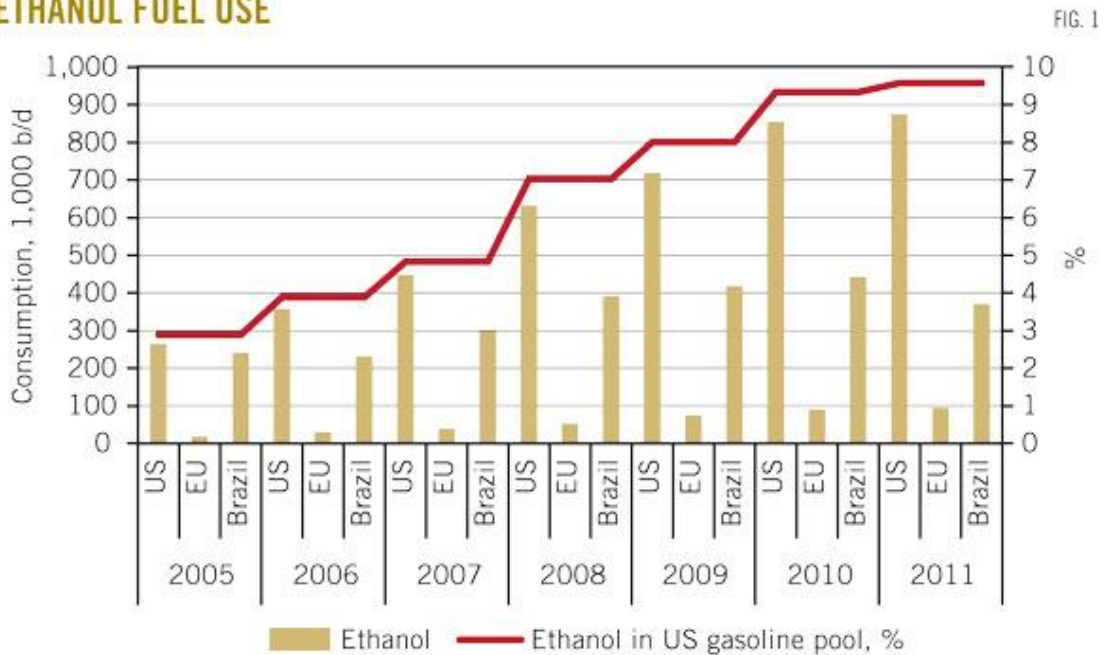
Switchgrass is a perennial grass that could be a source of ethanol and stores carbon in a root system that can grow to 10 feet deep.

7: *Panicum virgatum*

(Font:http://www.livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/crops_06.html)

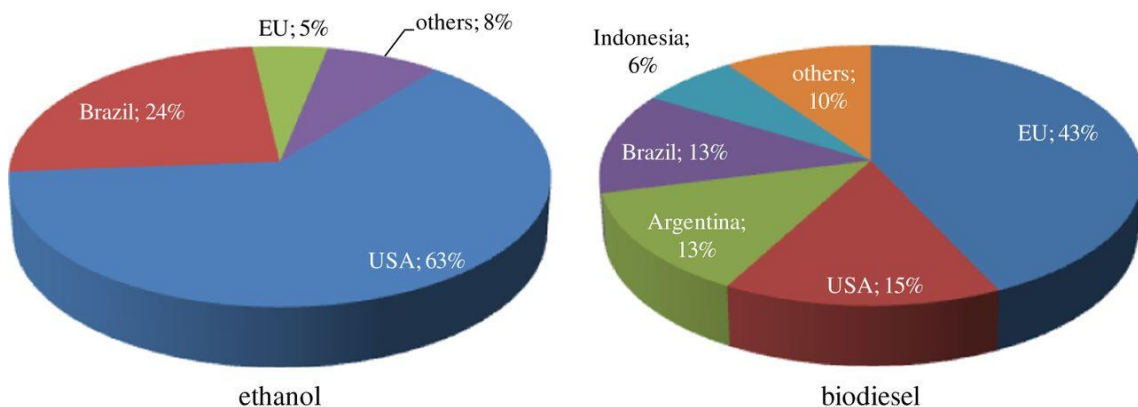
9.Ús a la resta del món

ETHANOL FUEL USE



6: Gràfica de l'ús global del bioetanol (Font:www.ogj.com)

El consum del bioetanol té una relació molt lligada amb la seva pròpia producció. Un dels grans avantatges que té és pel fet de que pot ser produït en el mateix país on es consumirà, evitant costos innecessaris en transport. És per aquest motiu que la diferència entre el bioetanol produït i el consumit segons països és molt petita, ja que la majoria de grans productors consumeixen tot el bioetanol sense tenir excedents.



7: Gràfica del consum de biocombustibles any 2015 (Font: <http://rsta.royalsocietypublishing.org>)

En el cas del primer productor i consumidor mundial de bioetanol, té una important diferència respecte el seu principal perseguidor, i és que als Estats Units la major part del bioetanol produït és utilitzat com a additiu per a la gasolina convencional, barrejat en un 10-15% normalment, de forma que s'aconsegueix un octanatge major i es redueix el consum de petroli en una proporció important.

Pel que fa a Brasil, país que més ha apostat per aquest combustible, i el primer d'utilitzar-lo en grans proporcions, té un gran nombre d'estacions de subministrament amb E100, de forma que no es depèn de la gasolina d'altres països, tan sols de la seva producció de canya de sucre. A més d'aquest combustible molt utilitzat en el país, també es pot trobar gasolina amb una mescla de 20-25% de bioetanol, que proveeix una gran part dels vehicles actuals.

Aquests dos són els països amb major consum de bioetanol, que tot i fer-ho de formes molt diferents, han estat els primers en estendre la seva producció i consum a gran escala.

La resta de països s'ha adaptat posteriorment a aquesta tendència, sobretot pel que fa a Europa, on alguns països han apostat fort per aquesta energia renovable i a dia d'avui tenen una gran proporció del parc automovilístic que l'utilitza. Tot i així, al tenir un nombre de vehicles inferior no s'arriba a les quantitats de consum dels Estats Units i Brasil.

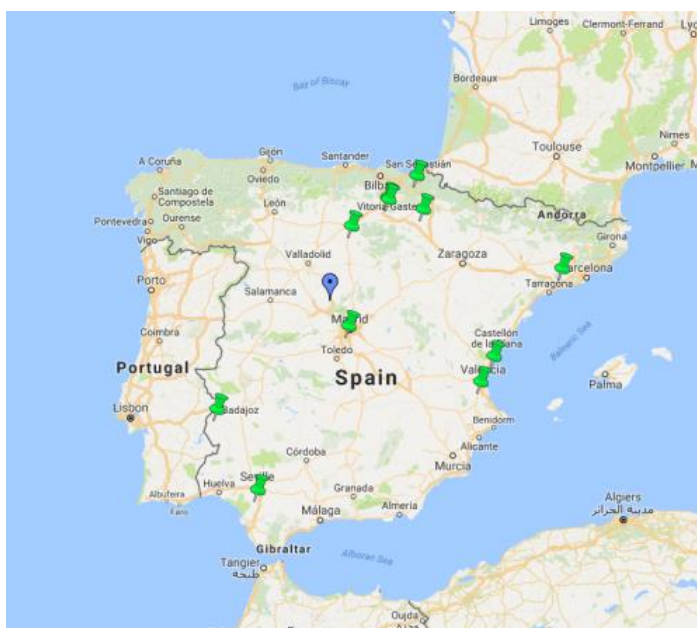
A la Unió Europea es poden observar dos tipus de països molt diferenciats, els que han apostat per aquest combustible com a una alternativa i l'han promocionat perquè s'adapti a la societat i es pugui substituir pels combustibles fòssils, i els que no han apostat per ell, com Espanya, que tot i ser productors i en una menor part el consumeixen mesclat amb la gasolina, han deixat d'apostar en aquest combustible en grans proporcions, com l'E85, que es troba al voltant de 0,5€ al litre més car que França.

En quan s'observa el nombre d'estacions de servei dels diferents països d'Europa es pot observar clarament una diferència desmesurada. Quan en països com França i Alemanya el consum d'E85 està totalment extès, a Espanya tansols es disposa d'11 gasolineres que puguin subministrar aquest combustible, comparat amb les més de 600 del territori francès.



8: Ubicació de les estacions de servei en territori francès (Font: Google Maps)

Per altra banda cal dir que els combustibles convencionals de la gran majoria de països actualment incorporen un percentatge de bioetanol que varia entre 2% i 7%, sense ésser considerats biocombustibles. Aquest percentatge està establert pel govern de cada país per tal de donar una empenta major a la indústria de bioetanol, així com reduir els gasos contaminants dels combustibles.



9: Ubicació de les estacions de servei en territori espanyol (Font: Google Maps)

En les Fig.8 i 9 s'observa la ubicació de totes les estacions de servei de les quals es disposa a Espanya i les de França, repartides uniformement en el cas de França, degut al gran nombre del qual disposen, però en el cas d'Espanya disposades de forma inviable excepte si tens la sort de viure aprop d'una d'elles.

En el cas de Catalunya tan sols es disposa d'una estació de servei que en pugui proporcionar, situada a Igualada, i que és on es va comprar l'etanol per a la part pràctica del treball.

L'encarregat de l'estació de servei ens va comentar que els dos assortidors de E85 dels quals disposa estan totalment en desús, degut al cost del combustible i la falta d'iniciativa governamental per promocionar-lo i fer-lo compatible davant la gasolina.

9.1 Normativa

A Europa el consum de biocombustibles està regulat per la norma UNE-EN 15376:2015 que determina les característiques que han de tenir, requisits i mètodes d'assaig. Aquesta mateixa norma en el moment en que es va imposar va suposar un avanç per la producció pròpia de bioetanol, frenant considerablement la importació a baix cost, de forma que es promocionava el producte local.

La majoria dels països de la Unió Europea disposen de subvencions per promocionar el seu ús i fer d'aquesta manera el medi ambient més net. Antigament a Espanya també es disposava d'aquesta subvenció, moment en que es van construir gasolineres amb aquest combustible i es pretenia estendre una xarxa de subministrament eficaç, i que des del dia en que es va acabar la subvenció, i com a conseqüència es va pujar el preu al voltant de 0.6€ el litre d'un dia per l'altre, han anat desapareixent aquestes estacions de servei.

A Amèrica la normativa exigeix la obligació de que com a mínim un 2% del combustible que es troba a les estacions de servei ha de ser biocombustible.

A més en diferents països com Suècia, exemple a seguir, s'ofereixen descomptes de fins a un 20% en les assegurances en utilitzar aquest combustibles, places d'aparcament gratis, reducció en l'impost de circulació i deduccions d'impostos per a les empreses amb flotes de vehicles amb aquest combustible.

10. Avantatges

- Amb el seu ús s'evita o retarda el final del petroli.
- Es redueix de forma important la quantitat de contaminants emesos.
- Augment de potència del motor si la conversió es fa de forma correcta.
- Menor preu en la majoria de països consumidors.
- Temperatura de funcionament del motor més baixa.
- Es redueixen les vibracions del motor, té un funcionament més suau.
- Es pot produir al mateix país on es consumeix, estalviant en transport.
- Facilitat i baix cost per utilitzar en vehicles d'última generació amb motor de gasolina.
- És el combustible líquid amb un procés d'obtenció més senzill.
- Es deixa de ser dependent del país productor de petroli ja que es pot cultivar pràcticament en qualsevol país.
- Menor detonació del motor al tenir un índex d'octà major.
- Possibilitat de reutilitzar els residus forestals i donar-los-hi una segona utilitat.
- Es pot fabricar a casa en cas de ser desitjat i disposar del material necessari.
- Millora la olor de les emissions.
- És biodegradable, els petits vessaments no suposen un problema important pel medi.
- El mercat ja disposa de cotxes adaptats al seu ús.

11.Desavantatges

- Major consum comparat amb el mateix motor funcionant amb gasolina.
- Poder calorífic inferior (PCI) menor.
- Tot i contaminar menys que la gasolina no és una energia 100% neta.
- Cal cultivar grans extensions de terreny per a la seva producció.
- Tan sols es pot utilitzar en vehicles dissenyats per funcionar amb varis combustibles o cal adaptar-los.
- Disponibilitat limitada del combustible, tot i estar en augment actualment.
- Actualment no podria ser suficient per tots els vehicles de combustió interna en circulació.
- Elevada energia que es gasta en la seva producció.
- És molt higroscòpic, fet crític en el seu emmagatzematge.
- Requereix lubricant especial en cas de ser un motor de 2 temps.
- La producció d'etanol depèn de les condicions climatològiques.

12. Motius pels quals no s'utilitza a Espanya

Sabent que Espanya és un dels principals productors de bioetanol d'Europa es pot assegurar que el fet de que no s'utilitzi aquest combustible no és per la manca del material en el territori.

També està provat el seu bon funcionament en altres països en els quals està augmentant de forma important el consum de bioetanol en els vehicles particulars, sense veure's afectats per cap problema generalitzat a més de tenir un estalvi considerable cada vegada que es reomple el vehicle.

Per trobar les raons per les quals no s'utilitza el bioetanol a Espanya cal observar el marc polític i econòmic que hi ha darrere, així com la forma en la qual es determina el preu dels combustibles a Espanya.

El preu del combustible en les poques gasolineres on es pot proveir d'E85, tan sols 11 en tot Espanya, és un 70% major que a França, fet que anul·la el major benefici que pot proporcionar aquest combustible a les persones, un preu més econòmic, i per tant evita que proliferi el seu ús.

En els països lliures, els preus dels combustibles es formen segons les següents variables:

- Cotització internacional de la material prima
- Cotització internacional del producte
- Cotització de la divisa del país respecte a la divisa amb que cotitzen la material prima i el producte
- Impostos vigents
- Marge de distribució i comercialització

Tenint en compte com s'estableix el preu del combustible, podem observar que en l'etanol de producció nacional s'anul·len les variacions per canvis entre les divises dels diferents països, el marge de distribució i comercialització es redueix, ja que els desplaçaments són menors, i la cotització de la matèria prima, el producte i els impostos, són establerts en el mateix país de producció.

Sabent que el preu del bioetanol depèn en la totalitat del mateix país de producció, la lògica fa pensar que el seu preu hauria de ser similar al de països

com França, dins la Unió Europea i igualment productors i consumidors d'etanol, o com a mínim, a un preu inferior a la gasolina, de forma que sigui rendible utilitzar aquest combustible.

Degut al monopoli entre les empreses distribuïdores de gasolina i el govern, no interessa la possibilitat de tenir un benefici menor amb un altre combustible, tot i ser millor pel medi ambient i per l'economia del país.

A causa de l'alt preu al que es ven l'etanol la gent no disposa de cap motivació per comprar-lo, fet totalment corroborat amb el nombre de gasolineres que distribueixen E85 en el territori espanyol.

Probablement si l'E85 tingués un cost similar al d'altres països de la Unió Europea (0,6€-1€) una gran massa de gent es decidiria a utilitzar-lo, per la facilitat per adaptar els vehicles o de comprar-ne un amb la capacitat de funcionar amb els dos, i d'aquesta forma tenir un estalvi considerable a final d'any, a més dels beneficis mediambientals que suposaria per la societat.

13. Funcionament motor 2t

Per tal de poder modificar un motor adequadament cal entendre perfectament el seu funcionament, de forma que es tingui coneixement dels sistemes que caldrà modificar i com afectaran aquestes modificacions en el desenvolupament de la conversió i finalment en el funcionament del motor i el seu rendiment.

A continuació es descriu el funcionament del motor i els sistemes que el formen, la majoria dels quals s'hauran de modificar per tal de realitzar la conversió.

13.1 Admissió

És el primer pas, encarregat d'alimentar el motor. L'energia que utilitza el motor per al seu funcionament és extreta de la mescla de gasolina i aire que s'hi introdueix.

Aquesta mescla entra al motor per la succió que aquest mateix genera en el càrter degut al recorregut lineal del pistó i els canvis de pressió que es produeixen a l'interior del motor.

Per tal de gestionar la mescla que entrarà al motor en cada moment és imprescindible l'ús d'un carburador que amb un seguit de regulacions determinarà la quantitat de mescla que passa a través dels seus orificis i quina és la proporció aire-combustible d'aquesta mescla.

És indispensable l'ús de la caixa de làmines que permet el pas de la mescla a l'interior



10: Caixa de làmines d'un motor de 2 temps
(Font: www.ebay.com)

del motor però no el seu retorn al carburador, de forma que quan augmenta la pressió del carter, la mescla vagi al cilindre i no al carburador.

Les làmines han de ser flexibles però a la vegada tenir un retorn ràpid i sense vibracions per tal de tancar en el moment adequat.

En la majoria de motors de sèrie són de plàstic, mentre que en motors de competició o de més altes prestacions s'utilitzen normalment les làmines de fibra de carboni, amb una major rigidesa i reducció de les vibracions, fet que permet augmentar les revolucions del motors sense tenir problemes en aquest element.

13.2 Carburació

En el sistema d'admissió s'hi troba el carburador, que és on es produeix la mescla d'aire i gasolina que entrarà al motor posteriorment.

El carburador consisteix en un orifici gran pel qual passa l'aire que prové del filtre i que serà introduït al motor.

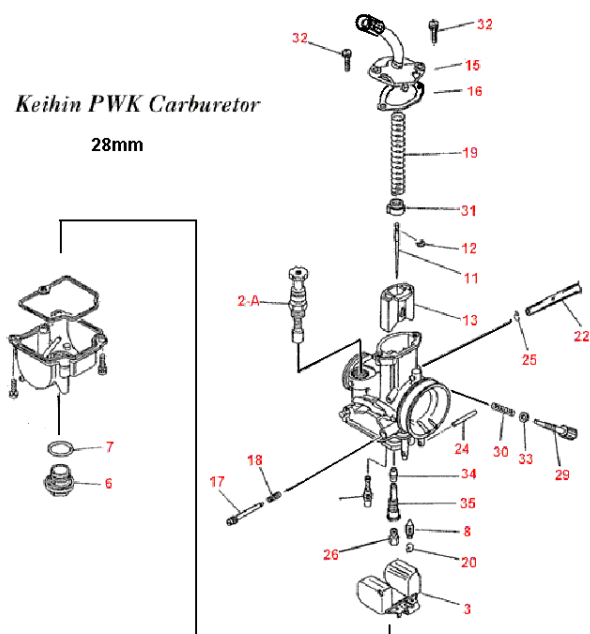
Aquest orifici conté una tanca, anomenada guillotina, que en funció del gas i mitjançant un cable, regula el cabal d'aire per tal d'accelerar més o menys el motor.

Per altra banda, incorpora un seguit

de passos de gasolina d'una mesura determinada i amb la possibilitat de variar-la, pels quals circula el combustible per ajustar en cada moment la mescla requerida pel motor. Aquests són anomenats comunament "xicles", que prové del francès gicleur.

Segons l'obertura de la papallona, l'agulla es troba en una posició o una altra, de forma que deixa passar en tot moment el combustible just per tal de tenir la mescla ideal. *(Veure Annex 1)*

Una altra regulació important a l'hora de carburar un motor per treure el millor rendiment és el cargol de l'aire, aquesta regulació permet en tot el règim de



11: Esquema d'un carburador
(Font: www.fastech-racing.com)

revolucions la possibilitat de regular l'obertura d'un petit orifici pel qual circula aire per tal d'augmentar-ne el cabal en tot moment. S'utilitza una vegada el motor està regulat amb els gicleurs per acabar d'ajustar a la perfecció la mescla, realitzant canvis més precisos que el salt que hi pot haver entre dos calibres de mides consecutives.



12: Gicleurs d'alta per a carburadors Keihin i Koso (Font: www.enduroleon.com)



13: Gicleurs de baixa per a carburadors Keihin i Koso (Font: www.enduroleon.com)

També disposa de regulacions per al ralentí, moment en el qual la guillotina està totalment tancada, i per tant sense l'entrada de mescla es pararia el motor, així com per a l'arrancada en fred, en la qual també es disposa d'un orifici per tal de que circuli una major quantitat de gasolina a l'interior del motor.

Depenent de la climatologia i les condicions en les quals es troba el motor caldrà realitzar ajusts de la carburació contínuament, per obtenir el millor rendiment possible en qualsevol condició.

Sobretot cal prestar especial atenció a la regulació del gicleur d'altres, ja que és quan el motor està donant el màxim de treball, i un

error en aquest moment podria suposar una avaria important pel motor.

13.3 Compressió

Una vegada la mescla necessària es troba a l'interior del cilindre, el pistó puja degut a la inèrcia de la volta anterior i es comprimeix fins a arribar a tenir un volum molt menor a l'inicial, de forma que es donin les condicions ideals per a tenir la millor combustió possible.

Depenent de les característiques del motor, el combustible utilitzat i la utilitat que es pretén donar al determinat motor permet determinar el ratio de compressió d'aquell motor, variant les corbes de parell motor i potència, per aconseguir les característiques que es busquen en aquell motor.

Per tal d'aconseguir una determinada relació de compressió es pot treballar amb moltes variables, les més importants són el recorregut del pistó, la forma del pistó, tamany de la culata, obertura de les vàlvules d'escapament o dimensions de la bugia, entre d'altres.

13.4 Ignició

Quan el motor està ple amb la mescla de gasolina i aire i comprimit és imprescindible d'un activador per tal de produir una explosió i extreure el treball en el motor.

L'encarregat d'aquesta explosió és la bugia, que fa saltar l'electricitat produïda pel rotor a la bugia de forma que crea una guspira que encén la mescla.



Per tal de tenir la millor combustió possible, és a dir, cremar tot el combustible possible, és necessari regular la guspira per tal de que es produeixi en el moment adequat.

Aquest ajust es realitza variant la posició del plat magnètic, de forma que

14: Estator d'un motor de 2 temps
(Font: www.powerdynamo.biz)

s'avança o retarda el pas de l'electricitat fins a saltar en el punt adequat.

13.5 Combustió

Una vegada s'ha encès la mescla d'aire i combustible es produeix una explosió, que mitjançant una pujada en la pressió de l'interior del cilindre es transmet en forma de treball per fer girar el motor.

Com més completa és la combustió de la mescla, gràcies als ajustos d'ignició i carburació adequats, major serà el rendiment del motor, aprofitant al màxim tota l'energia disponible i per tant aconseguir tenir el màxim de potència amb el mínim de consum.

13.6 Escapament

Consisteix en un cop s'ha produït la combustió, i durant el procés d'expansió dels gasos i descensió del pistó, expulsar els gasos pel tub d'escapament.

La vàlvula d'escapament té un funcionament semblant a la guillotina del carburador, a diferència que aquesta en lloc de ser regulada segons l'accelerador es regula de forma automàtica en funció de les revolucions del motor. D'aquesta forma és possible tenir un bon rendiment tan a poques revolucions com a moltes. Quan el motor va a poques revolucions la vàlvula es manté pràcticament tancada ja que la quantitat de gasos d'escapament és menor i el motor gira més lentament, i d'aquesta manera s'obté una relació de compressió major, de 7,5 respecte a 6,3 de quan està oberta, en que es requereix una major obertura per tal d'evacuar la major quantitat de gasos possible en el mínim de temps.

És important la forma del tub d'escapament per tal d'expulsar els gasos de la forma més ràpida i per tan més eficient pel motor. Segons la forma que aquest tingui el motor tindrà unes característiques o unes altres, així com un major o menor rendiment.

13.7 Mescla combustible-oli

En els motors de 2 temps, cal afegir lubricant a la gasolina per tal de lubricar el motor en tot moment, ja que no disposa de lubricant en el carter com els motors

de 4 temps, i per tal de tenir un funcionament suau i sense problemes és imprescindible de realitzar aquesta mescla.

Prèviament cal realitzar la mescla entre el combustible i el lubricant amb el percentatge adequat.

Si aquesta mescla és excessivament pobre en lubricant el motor té risc d'avaría, amb la possibilitat de malmetre el cilindre i pistó fins a arribar a perdre tota la compressió i posteriorment deixar de funcionar. És per aquest motiu que no es pot estalviar amb lubricants de poca qualitat o amb una mescla pobre.

Si es dona el cas contrari, un excés de lubricant, la possibilitat és de que la bugia s'ompli d'oli i pugui deixar de saltar la guspira des del seu elèctrode, ja que queda completament molla i circula la corrent sense saltar la guspira. A més, extreu molt de fum pel tub d'escapament, senyal de que conté molt de lubricant i cal estar alerta. També és un bon indicador observar la bugia per tal d'observar el seu estat i saber si té un excés o una manca de lubricant.

14. Motiu pel qual es fa sobre un kart

Després de valorar la possibilitat de realitzar aquest mateix projecte sobre la base d'un cotxe o una moto es va optar per un kart per la seva major facilitat de modificar qualsevol sistema comparat amb el cotxe, en el qual per provar qualsevol variació s'ha de dedicar molt més temps en desmuntatge i muntatge i per tant és un procés molt més llarg. A més també és molt més difícil de manipular, per les seves dimensions i pesos. Pel que fa a la moto, disposa d'un motor pràcticament igual al del kart, en cas de ser 2t, però amb un accés més complicat per desmuntar i modificar la majoria de les parts.

Un altre motiu important pel qual es va decidir fer a partir d'un kart i amb motor de Cagiva Freccia és pel seu preu, ja que davant la impossibilitat de realitzar aquest projecte sobre algun dels vehicles disponibles a casa, el cost del kart era molt menor que les altres opcions, i en cas de que durant les proves hi hagi qualsevol problema i es vegi perjudicada alguna part mecànica del motor es poden trobar recanvis barats per reconstruir-lo.

També destacava el motor, per la facilitat amb la qual es pot modificar qualsevol paràmetre, sobretot pel que fa a l'encesa, que en el cas de ser electrònica, com en la majoria de motors moderns, es requereix la utilització de sistemes complexos i costosos per modificar els paràmetres.

Es disposa de circuits en el territori català en els quals es pot anar a provar i



analitzar el comportament en condicions de funcionament habituals per un preu no excessivament alt.

15: Competició de karts (Font: kartsportnews.com)

15. Explicació kart

Per a la realització d'aquest treball s'ha utilitzat un kart de segona mà, un xassís Italcorse al qual s'ha adaptat un motor de Cagiva Freccia 125, ja que originalment incorporava un motor de kart.

Per tal d'adaptar el motor al xassís del kart, l'anterior propietari va realitzar una bancada de motor totalment nova, i es va haver de modificar el tub d'escapament, modificació que pot influir en el rendiment del motor, degut a que el flux de gasos d'escapament tindrà un recorregut diferent. Aquest canvi es podrà veure en el banc de potència.

Pel que fa al motor, és un motor de 124,63cc de 2 temps, refrigerat per aigua, amb un diàmetre de pistó de 56mm, una carrera de 50,6mm, ratio de compressió amb la vàlvula d'escapament oberta de 6,3:1 i amb la vàlvula tancada de 7,5:1. L'avanç de sèrie és de 14°30' abans del punt màxim superior.

El carburador és un Koso de 34mm amb gicleurs de 1,3mm i 0,45mm i una agulla N68E a la posició 2.

La caixa de làmines incorpora làmines de fibra de carboni.

Per tal de subministrar el combustible al carburador es disposa d'una bomba per aspiració de la marca Alkini que mitjançant el buit que genera el motor fa circular el combustible del dipòsit al carburador.

(Veure Annex 2)

16.Preparació prèvia del kart

Una vegada adquirit el kart es va procedir a comprovar el seu estat, pel fet de que tots els defectes que pugui tenir deguts al seu ús anterior, poden influir i retardar el procés posterior, ja sigui en problemes relacionats amb el motor i carburador, que és on es portarà a terme el projecte, com en la resta del vehicle, com pot ser en el sistema de transmissió, frens, embragatge i accionament de l'accelerador. Tots aquests sistemes no influeixen de forma directe en el funcionament del motor, però poden perjudicar les jornades de proves amb errors que comporten dificultat en identificar i solucionar, així com augmentar els costos i posar en risc la seguretat de la persona que el piloti.

Per aquest motiu, just després de l'adquisició del kart, es va procedir al seu desmuntatge complet per reparar els desperfectes que pugui tenir, canviar les peces amb desgast i repintar i condicionar totes les parts necessàries.

El motor no es va procedir a desmuntar pel fet de que funcionava correctament, totes les marxes entraven de forma correcta i tan l'estat de la bugia com el soroll del motor eren correctes. La vàlvula d'escapament funcionava correctament.

Es va observar l'estat del pistó de la millor manera possible, tot i que sense desmuntar el cilindre i la culata és molt difícil de veure i comprovar el seu estat. Tot i així, no es va veure cap desperfecte important a la part superior del pistó ni la quantitat de sutge era gran com per afectar en el rendiment.

En cas de que més endavant hi hagi algun problema o sigui necessari per la conversió, es procedirà al seu desmuntatge, però si segueix funcionant correctament seguirà tal com està.

El que si que es va realitzar va ser la comprovació de l'estat de l'oli del canvi, ja que es desconeixia l'últim cop que s'havia canviat i la quantitat que n'hi havia.

Inicialment l'estat del kart no era excessivament bo, amb parts del xassís ressoldades de forma bastant dolenta, probablement per peces que s'havien trencat pel seu ús. En el seu aspecte superficial es podia veure el pas dels anys, amb la pintura envellida, els pneumàtics que perdien aire o grans quantitats de grassa al motor i peces varies.

Es va començar desmuntant completament totes les peces que formaven el kart, per a continuació, fer una llista de totes les peces que caldria substituir, les que s'havien d'arreglar i les que no calia tocar.

El xassís era una de les parts en pitjor estat, és per aquest motiu que és on es va dedicar la major part del temps de la restauració. Es va fer ús dels coneixements adquirits a l'assignatura de soldadura de l'any anterior, ja que va ser necessari eliminar moltes de les soldadures i tornar-les a fer amb una qualitat superior.

Es va polir tot el xassís per tal de treure la pintura de tots els llocs on s'havia de soldar i deixar el màxim de llis tota la resta per poder procedir amb la pintura.



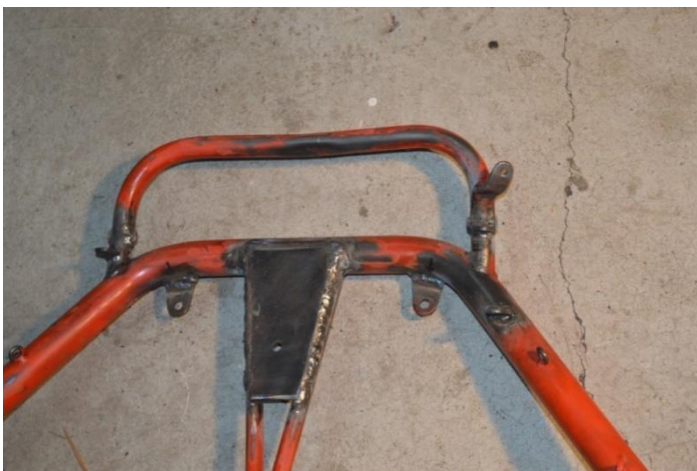
16: Xassís abans i després de reparar, polir i pintar (Font: Foto pròpia)

A la Fig.17 s'observa la diferencia entre el xassís inicialment, quan ja tenia algunes de les parts polides per procedir a soldar-les, i el xassís una vegada polit, soldat i tornat a pintar. Es van eliminar les soldadures existents en moltes de les parts i es van fer de nou, reforçant els punts crítics de l'estructura per evitar nous trencaments.

A continuació s'observen algunes de les peces que es van haver de soldar, degut al seu estat inicial, amb diferents defectes de soldadura que afecten en la duresa final i que poden propiciar que es torni a trencar la peça.



17: Soldadura part davantera kart (Font: Foto pròpia)



18: Part davantera soldada per arc elèctric (Font: Foto pròpia)



19: Exemple de soldadura incorrecta (Font: Foto pròpia)

Pràcticament tots els suports d'accessoris es van haver de reparar, modificar o substituir, tal com s'observa a continuació amb el suport del radiador, que podia provocar lesions a les persones que ho manipulen. Per aquest motiu es va modificar el mateix suport, tallant-lo i soldant de nou amb una part nova per posteriorment polir-lo i donar-li forma més suau.



20: Suport del radiador antic, amb risc per les persones que el manipulen (Font: Foto pròpia)



21: Suport del radiador d'aigua reparat i soldat de nou (Font: Foto pròpia)

Algunes de les peces externes al xassís, com poden ser els diferents suports de seient, motor i accessoris, es van modificar per tal de fer-los més fiables i menys perillosos, ja que estaven bastant mal acabats. Peces com la vareta del canvi de marxes es van fabricar de zero degut a la seva mala qualitat i dificultat per reparar.



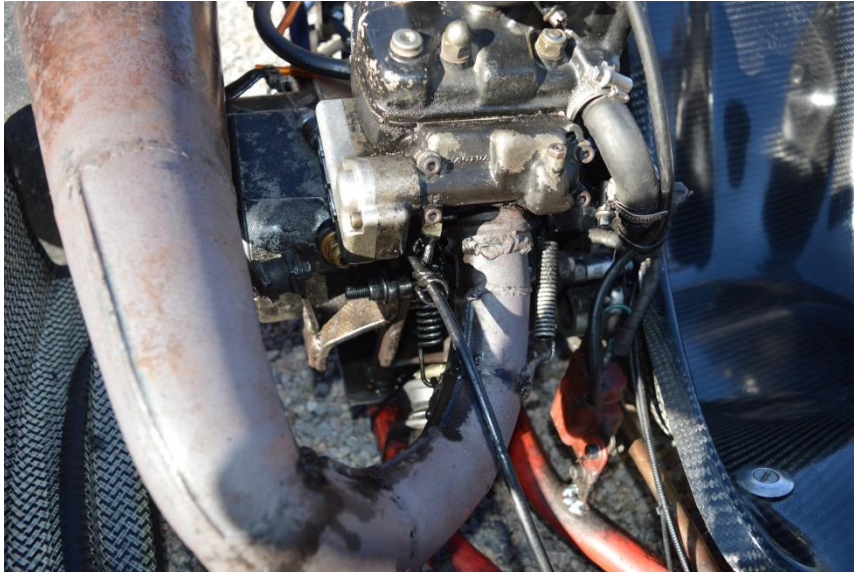
22: Vareta del canvi de marxes antiga a l'esquerra i nova fabricada des de zero a la dreta (Font: Foto pròpia)

També va ser necessari fabricar i soldar alguns suports, com el de la imatge següent, que va ser necessari per tal d'establir un recorregut màxim de l'accelerador de forma fixa, ja que l'original no tenia un punt màxim exacte.



23: Instal·lació d'un suport pel pedal i reparació de l'orifici on va collat (Font: Foto pròpia)

El tub d'escapament (Fig.) es va portar a soldar en un lloc especialitzat, ja que és d'un espessor molt fi, i era imprescindible soldar-lo amb TIG, perquè d'altra forma era impossible de soldar sense foradar la làmina metàl·lica que forma el tub de forma important degut a la major penetració dels altres tipus de soldadura.



24: Tub d'escapament foradat (Font: Foto pròpia)



25: Tub d'escapament reparat per un professional (Font: Foto pròpia)

També es va polir i abrillantar el tub d'escapament, per eliminar l'òxid que s'havia anat formant amb el pas del temps i les escalfades que ha tingut.



26: Tub d'escapament acabat i polit (Font: Foto pròpia)

El dipòsit de combustible es va substituir per un de nou. Durant el procés de prova entre els diferents combustibles es va utilitzar un dipòsit per a cada combustible. D'aquesta manera es facilitava el procés de conversió.



27: Els dos dipòsits utilitzats (Font: Foto pròpia)



28: Radiador abans de restaurar (Font: Foto pròpia)

El sistema de refrigeració també és de vital importància en un motor que va a altes revolucions pràcticament en la totalitat de la seva vida útil, ja que assoleix temperatures elevades que suposen una pèrdua de rendiment del motor i un risc per a la seva fiabilitat. Per aquest motiu es va netejar de forma consistent el circuit de refrigerant, a més de canviar el refrigerant que portava per un de nou i de més qualitat, i netejant el radiador al màxim de les seves possibilitats.



29: Radiador restaurat i netejat (Font: Foto pròpia)

Una de les coses amb més prioritat de realitzar era reparar els suports dels pedals, ja que estaven en molt mal estat i hi havia la possibilitat de trencar-se

en qualsevol moment. Per solucionar aquest problema, es va soldar la part fissurada, fent de nou el forat per poder passar el cargol.

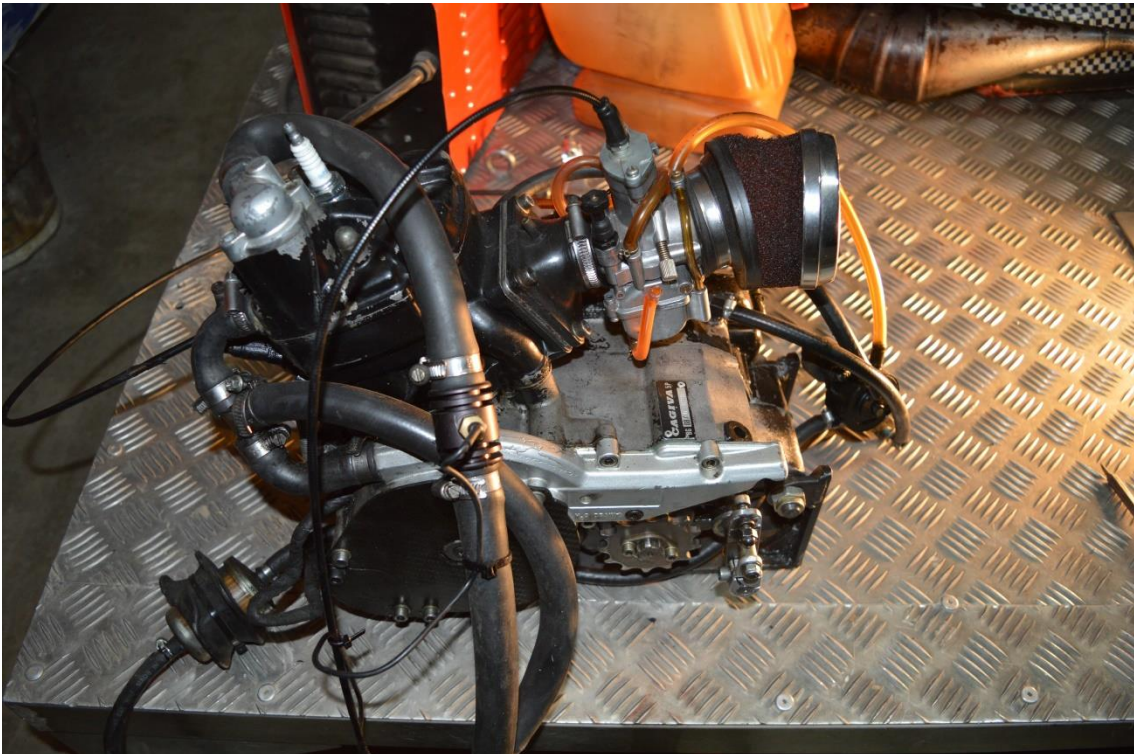
També es va modificar el sistema d'accionament de l'accelerador, que era poc precís i en algunes ocasions feia que es quedés accionat, essent perillós per a la seva conducció, així com un problema important a l'hora de carburar el motor, ja que no es disposava d'una posició fixe en la qual les revolucions del motor depenguessin simplement de la mescla que entrava al motor. Per tal de millorar aquest sistema es van variar els punts d'anclatge, cargols i gruixos i es van substituir el cable i la funda per uns de nous i més llargs.



30: Modificació en el sistema de l'accelerador (Font: Foto pròpia)

Tot i no desmuntar l'interior del motor per realitzar una revisió completa si que es va netejar i reparar els desperfectes en el seu exterior, a més de comprovar l'entrada d'aire i sortida d'escapament, així com la bugia, el pistó i l'estat de l'oli del canvi.

També es va comprovar que no hi haguessin fuites, i per millorar aquest aspecte es va posar pasta en algunes tapes del motor. Per evitar l'entrada de brutícia al plat magnètic es va construir una tapa d'acer inoxidable per un forat on algun dia es va perdre la tapa que tenia i que estava completament obert a l'exterior.



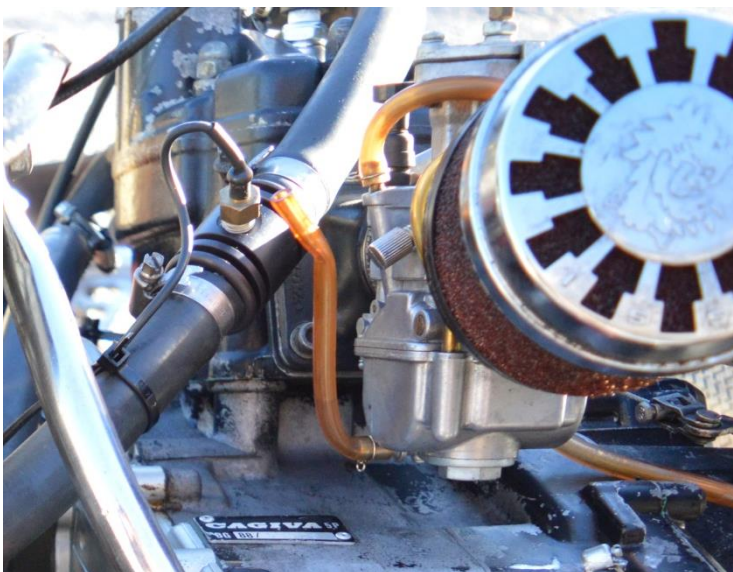
31: Motor desmuntat per netejar i repassar (Font: Foto pròpia)

Com a mesura de seguretat es va instal·lar una clau de gasolina en el circuit de combustible, el màxim de prop del carburador, per tal de poder tallar el subministrament de



combustible de forma immediata en cas de ser necessari. També es va instal·lar un botó de parada per tallar el pas de corrent elèctric quan es vol parar el motor. Anteriorment es parava de forma que es "calés" el motor fins a aturar-se, una pràctica útil però no gaire elegant de realitzar.

Ja quan es va comprar el kart incorporava una sonda de temperatura del circuit de refrigerant, un element molt important per tal de detectar de forma immediata si hi ha algun problema amb el motor o la carburació i tenir la possibilitat de modificar-lo immediatament.



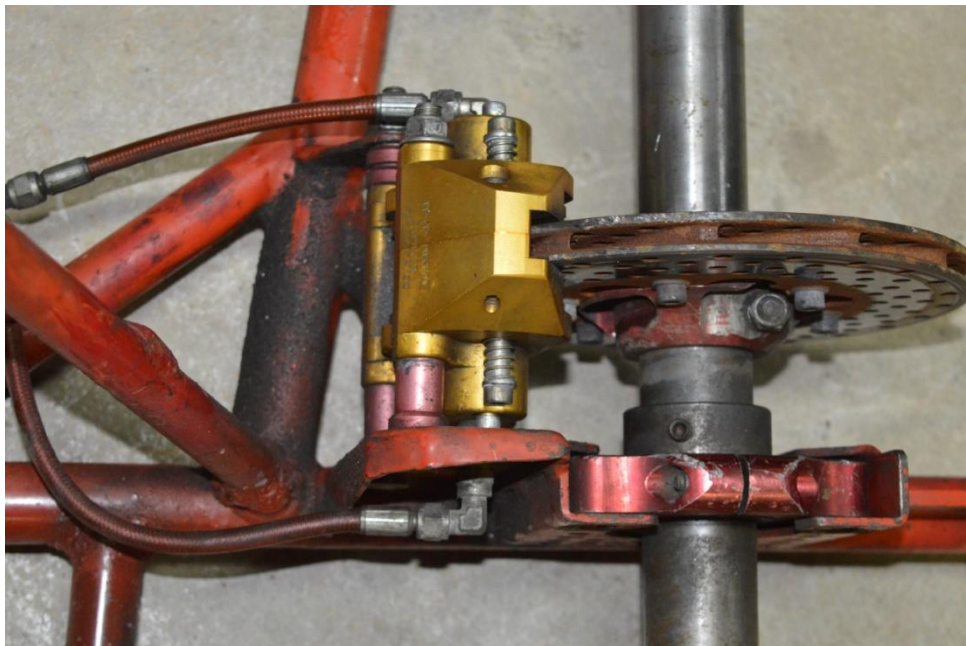
33: Sonda de temperatura de líquid refrigerant (Font: Foto pròpia)



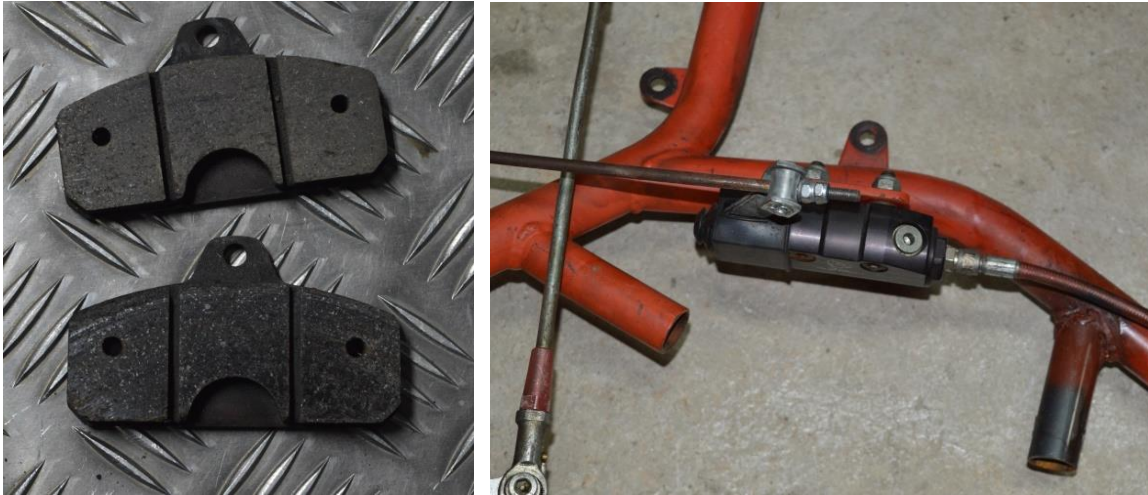
34: Pantalla de temperatura de refrigerant (Font: Foto pròpia)

Es va canviar un dels connectors del fre, que estava esquerdat i perdia poc a poc el líquid de frens, fet que resultava en poca potència de frenada i un tacte el pedal molt dolent. Un cop canviat el connector es va canviar el líquid de fre per un de nou i es va purgar el circuit per extreure tot l'aire que hi havia i que no permetia extreure tot el potencial del fre.

També es van modificar els suports de la pinça per tal de que estigués totalment paral·lela al disc de forma que les pastilles tinguin un contacte major i sense la possibilitat de tocar la pinça amb el disc.

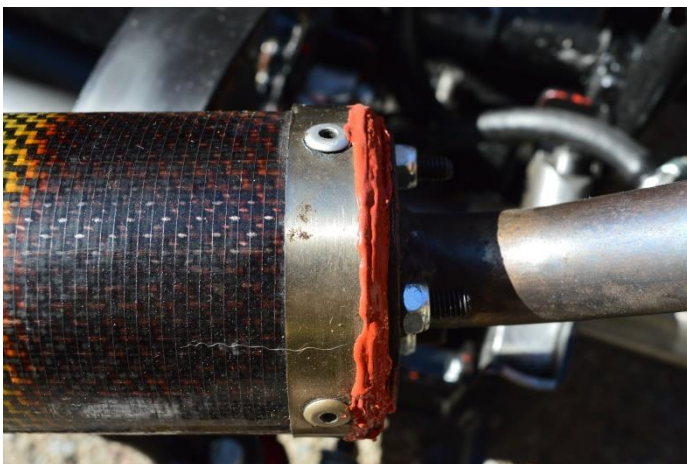


35: Sistema de frenada reparat (Font: Foto pròpia)



36: Pastilles i bombí de fre reparats (Font: Foto pròpia)

A més es van polir les pastilles de fre, per tal de deixar-les totalment planes de forma que s'adaptin a la nova posició de la pinça, a part també millora el seu rendiment retirant la capa superior en la qual hi ha brutícia.



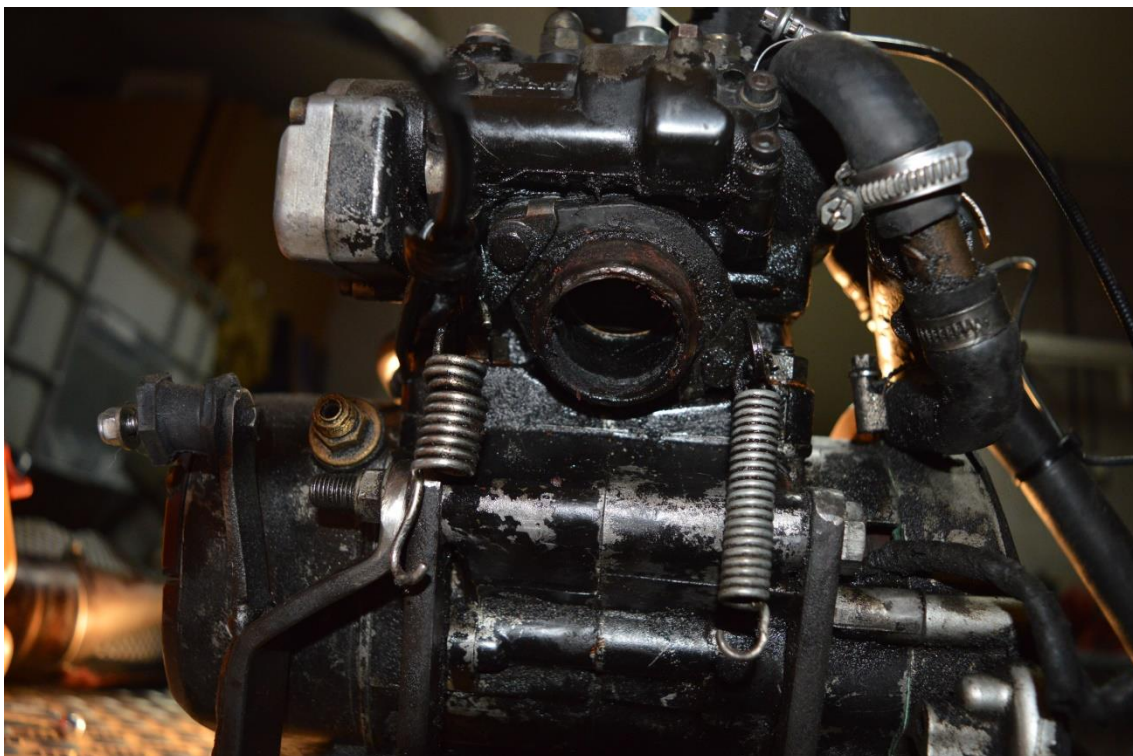
37: Aplicació de pasta en el tub d'escapament (Font: Foto pròpia)

Com a complement de la soldadura del tub d'escapament es va posar cola segelladora per a altes temperatures, per evitar alguns petits forats pels quals sortien gasos.

Com a última tasca i imprescindible en totes les peces i mecanismes del kart, es va netejar amb desengreixant, dissolvents i diferents tipus de polidores per deixar totes les peces en un estat el màxim de similar a l'original.



38: Xassís engrixat abans de netejar (Font: Foto pròpia)



39: Motor engrixat (Font: Foto pròpia)

Finalment es van pintar totes les peces en que era necessari perquè no s'oxidin i tinguin una millor estètica. També es van vinilar les parts de la carrosseria amb vinil negre i groc per millorar la imatge. Com a últim detall es va fabricar un suport d'alumini on es va instal·lar la pantalla de la sonda de temperatura i un velocímetre i comptador d'hores per portar un manteniment de les parts i tenir un control del funcionament del motor, proporcionant un indicador en cas de que hi hagi una avaria de motor.



40: Suport de pantalles digitals (Font: Foto pròpia)



41: Xassís i sistemes pintats (Font: Foto pròpia)



42: Xassís soldat i pintat (Font: Foto pròpia)



43: Palanca de canvi de marxes acabada (Font: Foto pròpia)



44: Kart finalitzat (Font: Foto pròpia)

17. Conversió

La part pràctica del treball consisteix en estudiar quins són els sistemes a modificar i de quina manera caldrà fer-ho per tal de que funcioni el motor amb bioetanol i pugui tenir el millor rendiment possible.

Es tindran en compte les característiques del motor, i s'adaptarà al combustible per tal d'optimitzar al màxim les prestacions, sense comprometre la fiabilitat del motor i a la vegada aprofitant el màxim les prestacions que pot proporcionar aquest motor.

17.1 Sistemes a modificar

La utilització d'un combustible diferent, i encara més en aquest cas, on les diferències són importants, fa imprescindible realitzar un seguit de modificacions en els diferents sistemes del motor, per tal d'adaptar-lo al nou combustible i que funcioni.

- Carburació
- Encesa
- Material

17.2 Material

Tot i que a primera vista pugui semblar una conversió directe, la veritat és que la gasolina i l'etanol són dos combustibles totalment diferents, i és per aquest motiu que és imprescindible modificar el motor en el qual es vol realitzar la conversió de forma que es puguin obtenir les millors prestacions possibles sense tenir risc d'avaries. Per tal d'utilitzar l'etanol en un motor de gasolina sense estar exposat a múltiples problemes i obtenint el seu major benefici, és imprescindible realitzar un seguit de canvis en el motor i components varis per adaptar-los a les propietats de l'etanol i les seves majors prestacions.

Parts plàstiques

Degut a les propietats de l'etanol alguns plàstics i gomes es fan malbé amb el contacte amb l'etanol i perden les seves propietats o fins i tot es poden arribar a foradar.

Actualment la majoria de components plàstics utilitzats en els motors, i en molts casos en la totalitat, són resistents a la corrosió de l'etanol, de forma que no es requereix la seva substitució.

En motors més antics, que no s'havia tingut en compte la possibilitat de que en un futur es pogués utilitzar l'etanol, i la menor tecnologia disponible en aquell moment feia que, en fer circular etanol pel circuit, es trobessin les conseqüències en un curt termini, fent en molts casos impossible el seu ús, per la impossibilitat de trobar les mateixes peces amb un material que pugui suportar l'etanol.

Gicleurs

Per tal de permetre un major cabal de combustible cal adaptar el sistema d'alimentació de forma que es pugui subministrar la quantitat necessària per al seu funcionament, per obtenir aquest augment de combustible en la mescla cal modificar els passos de gasolina que incorpora el carburador, de forma que tingui la mescla adequada en tots els règims de revolucions.

Tuberies

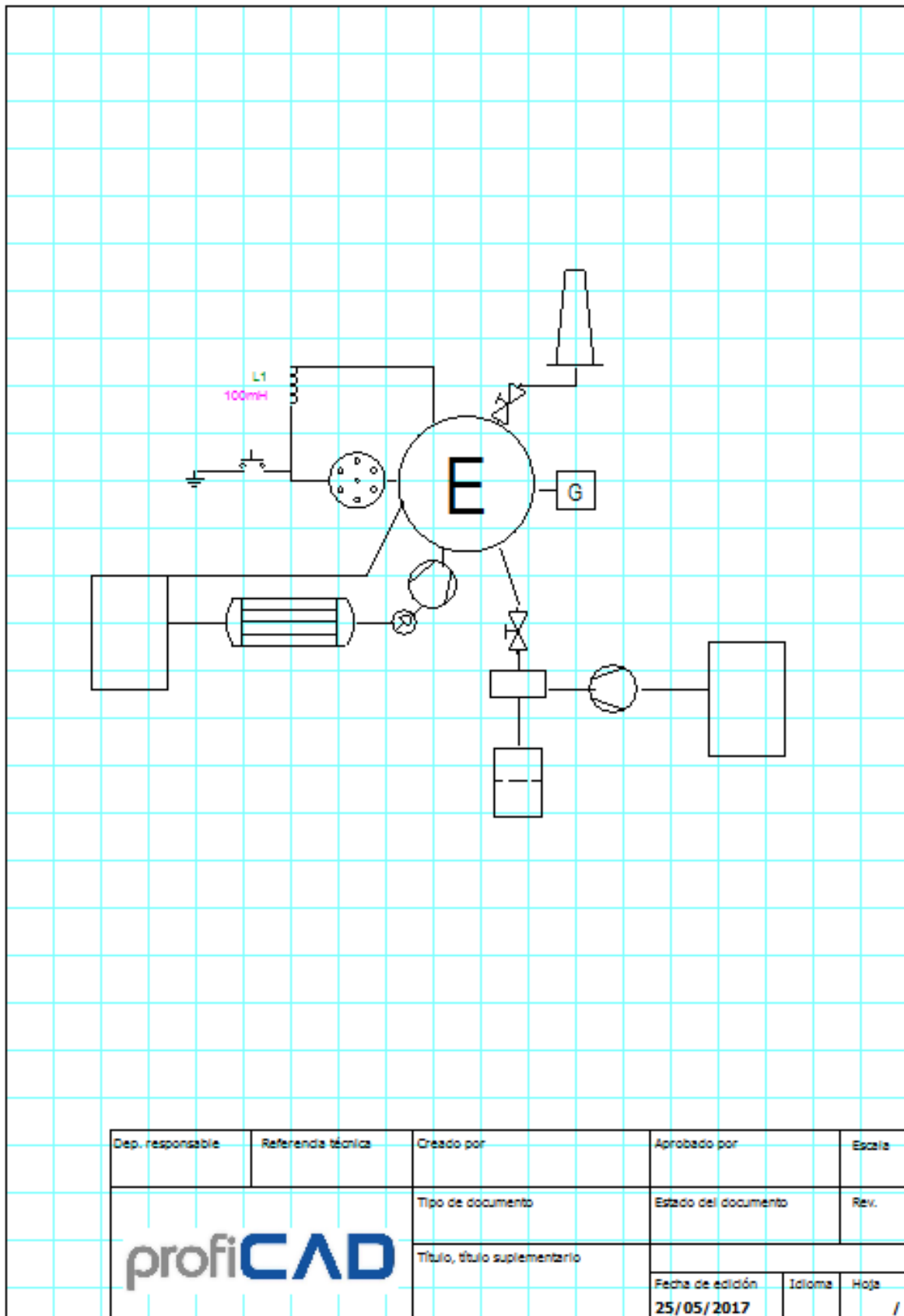
Pel mateix motiu que les parts plàstiques mencionades anteriorment, caldrà substituir alguns dels tubs que porten el combustible fins al carburador.

Aixeta de gasolina i sistema d'aturada

Com a mesura de seguretat durant el procés de conversió i les seves respectives proves, cal tenir una forma d'aturar el motor el màxim de ràpid possible evitant així danys pel motor i lesions a les persones.

En qualsevol vehicle és imprescindible disposar d'un sistema d'aturada que talli la corrent del circuit parant el motor immediatament.

18. Esquema de funcionament



45: Esquema dels diferents sistemes del kart (Font: Dissenyat amb profiCAD)

19.Càlculs

Per poder començar la conversió el més important és calcular el combustible necessari per tal de funcionar i tenir el millor rendiment. Degut al fet de que l'etanol té unes característiques diferents a la gasolina, sobretot pel que fa al poder calorífic, és imprescindible calcular la quantitat de bioetanol necessari per obtenir la mateixa potència. Aquest valor s'obté dels següents càlculs.

$$\text{Volum aire} = 10000\text{RPM} \times 0.125\text{l} = 1250\text{l}$$

$$1250 \times 1.29\text{g} = 1612.5\text{g}$$

$$129\text{g} \times \frac{1\text{l}}{2760\text{g}} = 0.1697\text{l}$$

$$31800 \frac{\text{KJ}}{\text{l}} \cdot 0.1697\text{l} = 5397.63\text{KJ} \cdot \text{min}$$

$$5397.63\text{KJ} \cdot \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 89.96\text{KW}$$

$$\frac{89.96\text{KW}}{60\text{s} \cdot 0.7355\text{CV}} = 122.31\text{CV}$$

$$24,2\text{CV reals} = 122.31 \cdot \mu$$

Rendiment efectiu $\mu = 19,79\%$

Per tenir mateixa potència utilitzant E85:

$$5397.63\text{KJ} = 22790 \cdot x$$

$$x = 0.2368\text{l}$$

$$\text{Augment} = \frac{0.2368\text{l}}{0.1697\text{l}} = 1.395$$

20. Càlcul gicleurs necessaris

Sabent el percentatge que caldrà augmentar el cabal de combustible serà necessari determinar els gicleurs necessaris per determinar aquest cabal de forma que el motor tingui sempre una relació estequiomètrica.

Gicleurs carburador de sèrie

- Alta: 1,3mm
- Baixa: 0,45mm
- Agulla: N68E Posició: 2

El cabal que passa a través del carburador ve determinat per l'àrea del forat que tenen els calibres i per la velocitat del fluid. Ja que no es pot influir a la velocitat del fluid, per augmentar el cabal cal augmentar l'àrea proporcionalment a l'augment de cabal que es vol obtenir.

Gicleur alta

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi \cdot 0,65^2 = 1,33mm^2$$

$$1,33mm^2 \cdot 1,28 = 1,7mm^2$$

$$1,7mm^2 = \pi \cdot R^2$$

$$R = 0,769mm$$

$$D = 0,769mm \cdot 2 = \mathbf{1.538mm}$$

Gicleur baixa

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi \cdot 0,225^2 = 0,159mm^2$$

$$0,159mm^2 \cdot 1,395 = 0,222mm^2$$

$$0,222mm^2 = \pi \cdot R^2$$


$$R = 0,266mm$$

$$D = 0,266mm \cdot 2 = \mathbf{0,53mm}$$

Degut a que els gicleurs es venen amb unes mides determinades i no es poden trobar les mides exactes, cal buscar el més adequat i a partir d'aquí regular d'altres maneres o si és necessari modificar el forat fins a obtenir la mesura adequada.

Degut a l'estoc de gicleurs que es disposava i el marge d'error del càlcul s'ha optat per utilitzar un gicleur d'alta de 150 i un de baixa de 50 per a la prova inicial, i utilitzant la mateixa agulla. A partir d'aquí cal ajustar per trobar la millor mescla. S'anirà augmentant els gicleurs fins a trobar l'adequat.

A continuació es mostra una taula amb les mesures de gicleurs que es troben al mercat per aquest carburador, es cas d'utilitzar un de sèrie caldrà escollir entre una d'aquestes mesures, en cas contrari, s'haurà de fer un forat de tamany personalitzat amb un calibre.

SI-99101-357		Application							
KEIHIN MAIN JET		CR,FCR,PJ,PWK,PWM,PE,PD Harley Davidson							
									
80	82	85	88	90	92	95	98	100	102
105	108	110	112	115	118	120	122	125	128
130	132	135	138	140	142	145	148	150	152
155	158	160	162	165	168	170	172	175	178
180	182	185	188	190	195	200	205	210	215
220									

8: Taula de mesures dels gicleurs Keihin (Font:www.cycletreads.co.nz)

21. Estudi termodinàmic de les característiques energètiques

L'objectiu del següent estudi és el de comparar les característiques energètiques entre els dos combustibles així com el preu que té el kW/h a potència màxima.

21.1 Característiques del motor

- Motor 2 temps
- 1 cilindre de 124,63cm³
- Ratio de compressió vàlvula tancada 7,5
- Ratio compressió vàlvula oberta 6,3
- Potència efectiva 24.2 cv
- Parell motor 1.94 KG·M/rpm

21.2 Hipòtesi

Cicle Otto 2 temps

Condicions atmosfèriques $P_1 = 96\text{Kpa}$ $T_1 = 15^\circ\text{C}$

Riquesa = 1

Coeficient adiabàtic $\gamma = 1,29$

Constant dels gasos perfectes $r = 287 \text{ J.Kg}^{-1}/\text{k}$

Rendiment efectiu $\eta = 1$

- Característiques dels combustibles:

	SP95	Bioetanol pur	E85
Poder calorífic inferior	32389 kJ/l 42900 kJ/kg	21283 kJ/l 26805 kJ/kg	22950 kJ/l 29219 kJ/kg
Poder comburivor	14,6	9	9,8
Massa volumètrica	0,750 kg/l 750 kg/m ³	0,794 kg/l 794 kg/m ³	0,787 kg/l 787 kg/m ³

9: Taula de característiques dels diferents combustibles (Font: IFP)

21.2.1 Estudi preliminar

$$\text{Volum} = 124,63\text{cm}^3$$

1- Determinació dels volums en el punt mort superior i inferior (V_1 i V_2).

$$V_u = V_1 + V_2$$

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_1 = \varepsilon \cdot V_2$$

$$V_u = (\varepsilon \cdot V_2) + V_2$$

$$V_u = V_2 (\varepsilon + 1)$$

$$V_2 = \frac{V_u}{\varepsilon + 1}$$

$$V_2 = \frac{124,63}{6,3 - 1} = 23,515\text{cm}^3$$

$$V_1 = 6,3 \cdot 23,515 = 148,145\text{cm}^3$$

2- Determinació de la massa volumètrica al final de l'admissió

$$\rho_1 = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{P_1}{r \cdot T_1} = \frac{0,96 \cdot 10^{-5}}{(287 \cdot 288)} = 1,17\text{kg/m}^3$$

3- Determinació de la capacitat tèrmica massica (C_v)

$$r = C_p - C_v$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_p = \gamma \cdot C_v$$

$$r = (\gamma \cdot C_v) - C_v$$

$$r = C_v (\gamma - 1)$$

$$C_v = \frac{r}{\gamma - 1} = \frac{287}{1,29 - 1} = 989,65\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}/\text{K}$$

4- Determinació de la pressió i temperatura al final de la compressió. (P2 i T2)

$$P2 \cdot V2^\gamma = P1 \cdot V1^\gamma$$

$$P2 = \left(\frac{V1}{V2}\right)^\gamma$$

$$P2 = 0,96 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{148,145}{23,515}\right)^{1,29} = 10,314 \cdot 10^5 Pa$$

5- Determinació de la massa de la mescla

$$M_{mescla} = Vu \cdot \rho1 \cdot \tau$$

$$M_{mescla} = 124,63 \cdot 10^{-6} \cdot 1,17 \cdot 1$$

$$M_{mescla} = 1,46 \cdot 10^{-4} kg/cicle$$

La temperatura al final de la compressió (T2) serà:

$$P1 V2 = m \cdot r \cdot T2$$

$$T2 = \frac{P2 \cdot V2}{m \cdot r}$$

$$T2 = \frac{10,314 \cdot 10^5 \cdot 2,3515 \cdot 10^{-5}}{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 287} = 578,81K$$

21.2.2 Estudi del motor segons els diferents combustibles

1- Determinació de les masses de combustible amb una riquesa igual a 1

Gasolina

$$M_{mescla} = M_{aire} + M_{95}$$

$$\frac{M_{mescla}}{M_{aire}} = \frac{1}{PCO} = \frac{1}{14,6}$$

$$M_{95} = \frac{M_{aire}}{14,6}$$

$$M_{mescla} = M_{aire} + \frac{M_{aire}}{14,6}$$

$$M_{mescla} = \frac{14,6 \cdot M_{aire}}{14,6} + \frac{M_{aire}}{14,6} = \frac{15,6 \cdot M_{aire}}{14,6}$$

$$M_{aire} = \frac{14,6 \cdot M_{aire}}{15,6}$$

$$AN: \frac{14,6 \cdot 1,46 \cdot 10^{-4}}{15,6} = 1,3664 \cdot 10^{-4} kg$$

$$M_{95} = M_{mescla} + M_{aire}$$

$$M_{95} = 1,46 \cdot 10^{-4} - 1,3664 \cdot 10^{-4} = 9,359 \cdot 10^{-6} \text{kg/cicle}$$

E85

$$\frac{ME_{85}}{M_{aire}} = \frac{1}{PCO} = \frac{1}{9,8}$$

$$M_{aire} = \frac{9,8 \cdot M_{mescla}}{10,8}$$

$$M_{aire} = \frac{9,8 \cdot 1,46 \cdot 10^{-4}}{10,8} = 1,3248 \cdot 10^{-4} \text{kg}$$

$$ME_{85} = M_{mescla} - M_{aire}$$

$$ME_{85} = 1,46 \cdot 10^{-4} - 1,3248 \cdot 10^{-4} = 1,35185 \cdot 10^{-5} \text{kg/cicle}$$

2- Determinació de les característiques al final de l'etapa de combustió

Quantitat de calor emesa pel combustible

$$Q_{23} = M_{95} \cdot PCI = 9,359 \cdot 10^{-6} \cdot 42\,900\,000 = 401,5 \text{ kJ/cicle amb SP 95}$$

$$Q_{23} = M_{95} \cdot PCI = 1,35185 \cdot 10^{-5} \cdot 42\,900\,000 = 395 \text{ kJ/cycle amb E85}$$

Temperatura al final de la combustió (T3)

$$Q_{23} = M_{mescla} \cdot C_v (T_3 - T_2)$$

$$T_3 = \frac{Q_{23}}{M_{mescla} \cdot C_v} + T_2$$

$$T_{395} = \frac{401,5}{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 989} + 616 = 3\,396,58 \text{ K}$$

$$T_{395} = \frac{395}{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 989} + 616 = 3\,351,57 \text{ K}$$

Determinació de la pressió al final de la combustió (P3)

$$P_{3\,95} = \frac{m \cdot r \cdot T_3}{V_3}$$

$$P_{3\,95} = \frac{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 287 \cdot 3396,58 \text{ K}}{10,314 \cdot 10^{-5}} = 13,81 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{3\,E85} = \frac{m \cdot r \cdot T_3}{V_3}$$

$$P_{3\,E85} = \frac{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 287 \cdot 3351,57 \text{ K}}{10,314 \cdot 10^{-5}} = 13,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

3- Determinació de les característiques al final de l'expansió.

Pressió P4 :

$$P3 \cdot V_{3\gamma} = P4 \cdot V_{4\gamma}$$

$$P4 = P3 \cdot \left(\frac{V3}{V4}\right)^\gamma$$

$$P_{4\ 95} = 13,81 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{10,314}{148,145}\right)^{1,29} = 44394,43 \text{ Pa}$$

$$P_{4E85} = 13,62 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{10,314}{148,145}\right)^{1,29} = 43783,64 \text{ Pa}$$

Temperatura T4 :

$$T4 = \frac{P4 \cdot V4}{m \cdot r}$$

$$T_{4\ 95} = \frac{44394,43 \cdot 1,48 \cdot 10^{-4}}{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 287} = 156,8\text{K}$$

$$T4 = \frac{43783,64 \cdot 1,48 \cdot 10^{-4}}{1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 287} = 154,64\text{K}$$

4- Determinació del treball teòric del cicle Wtotal

$$W_{12} = m \cdot C_v (T_2 - T_1) = 1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 989 (616 - 288) = 47,36 \text{ kJ}$$

$$W_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{34\ 95} = m \cdot C_v (T_4 - T_3) = 1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 989 (156,8 - 3396,58) = -467,8 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} W_{34\ E85} &= m \cdot C_v (T_4 - T_3) = 1,46 \cdot 10^{-4} \cdot 989 (154,64 - 3351,57) \\ &= -461,62 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$W_{45} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{total\ 95} = -420,44 \text{ kJ}$$

$$W_{total\ E85} = -414,26 \text{ kJ}$$

5- Determinació de la potència calorífica a 9500 rpm.

$$P_{cal} = Q_{comb} \cdot \text{nombre de } \frac{\text{cicles}}{s}$$

$$P_{cal\ 95} = 401,5 \cdot \frac{9500}{120} \cdot 4 = 127 \text{ kW}$$

$$P_{cal} E85 = 395 \cdot \frac{9500}{120} \cdot 4 = 125 \text{ kW}$$

6- Determinació del rendiment efectiu global a 9500 rpm

$$P_{ef} = P_{cal} \cdot \eta_{ef}$$

Sabent que la potència efectiva a 9500 rpm és de 24,2 CV funcionant amb gasolina:

$$\eta_{ef} = \frac{P_{ef}}{P_{cal}}$$

$$\eta_{ef} = \frac{17,8}{127} = 0,14$$

Determinació de la potència efectiva funcionant amb bioetanol.

$$125 \cdot 0,14 = 17,52 \text{ kW}$$

7- Determinació del consum específic a 9500 rpm.

$$C_{sp} = \frac{q_m}{P_{ef}}$$

$$Q_m SP95: 0,00936 \cdot \frac{9500}{60} = 1,482 \frac{g}{s} \Rightarrow \times 3600 = 5335,2 \frac{g}{h}$$

$$Q_m E85: 0,0135 \cdot \frac{9500}{60} = 2,138 \frac{g}{s} \Rightarrow \times 3600 = 7695 \frac{g}{h}$$

$$C_{sp} 95 = \frac{5335,2}{17,8} = 299,73 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$$

$$C_{sp} E85 = \frac{7695}{17,52} = 439,21 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$$

8- Consum en litres/hora

$$Q_m = q_v \cdot \rho$$

$$q_v = \frac{q_m}{\rho}$$

$$q_v 95 = \frac{5,335}{750} = 1,976 \frac{10^{-4} m^3}{s} \Rightarrow 1,976 \cdot 10^{-3} dm^3/s \Rightarrow \times 3600 = 7,11 \text{ l/h}$$

$$q_v E85 = \frac{7,695}{787} = 2,716 \cdot 10^{-6} m^3/s \Rightarrow 2,716 \cdot 10^{-3} dm^3/s \Rightarrow \times 3600$$

$$= 9,78 \text{ l/h}$$

9- Conclusions

	Potència	Consum	Temperatura al final de l'explosió
Gasolina	17,8kW	7,11l/h	3396,58K
E85	17,52kW	9,78l/h	3351,57K
Diferència	0,28kW	2,67l/h	45,1K

10: Taula de comparació de resultats teòrics (Font: Càlculs)

Des del punt de vista econòmic

Preu mig de l'E85 a França : 0,8481 €

Preu mig de l'E85 a Espanya : 1,273 €

Preu mig de la gasolina : 1,218 €

E85 Preu França

9,78 l/h

$9,78 / 17,52 = 0,558 \text{ l.h}^{-1}.\text{kW}^{-1}$

$0,558 \cdot 0,8481 = \mathbf{0,4732 \text{ € kW.h}^{-1}}$

E85 Preu Espanya

9,78 l/h

$9,78 / 17,52 = 0,558 \text{ l.h}^{-1}.\text{kW}^{-1}$

$0,558 \cdot 1,273 = \mathbf{0,71 \text{ € kW.h}^{-1}}$

Gasolina

7,11 l/h

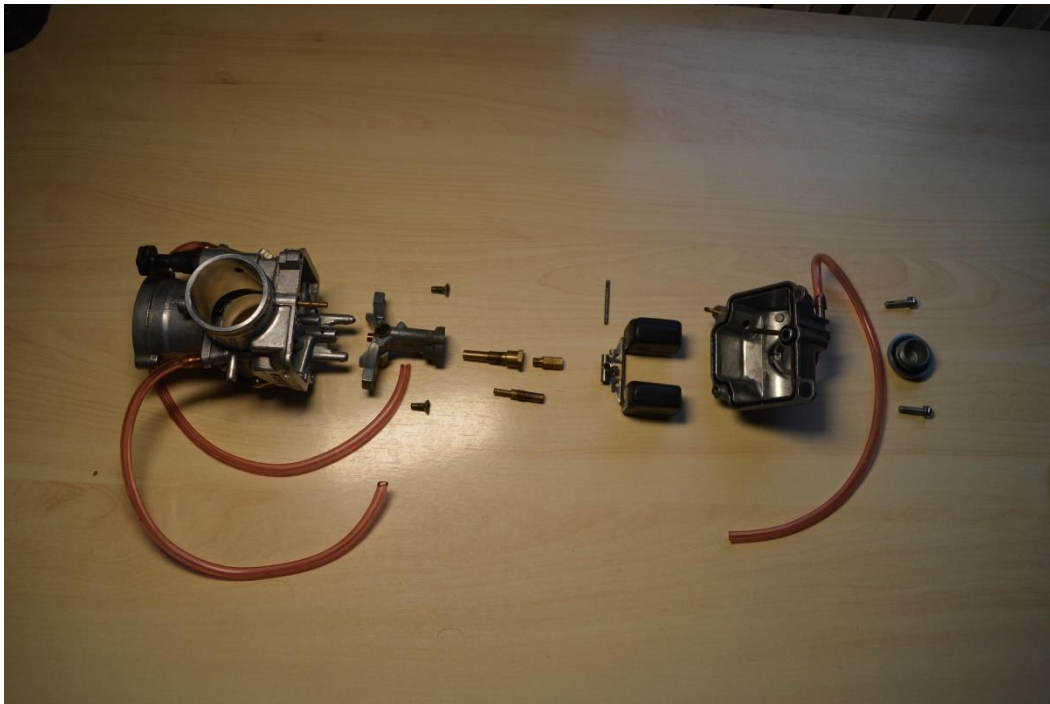
$7,11 / 17,8 = 0,399 \text{ l.h}^{-1}.\text{kW}^{-1}$

$0,399 \cdot 1,243 = \mathbf{0,4959 \text{ € kW.h}^{-1}}$

22. Ajustos a realitzar

22.1 Ajustos de carburació

Primer de tot i una vegada realitzats els canvis per augmentar la seguretat i evitar fuites o avaries, cal modificar el sistema per tal de que es pugui subministrar al motor el combustible necessari per al seu funcionament. La forma d'obtenir aquest canvi és a través dels calibres de pas de la gasolina,

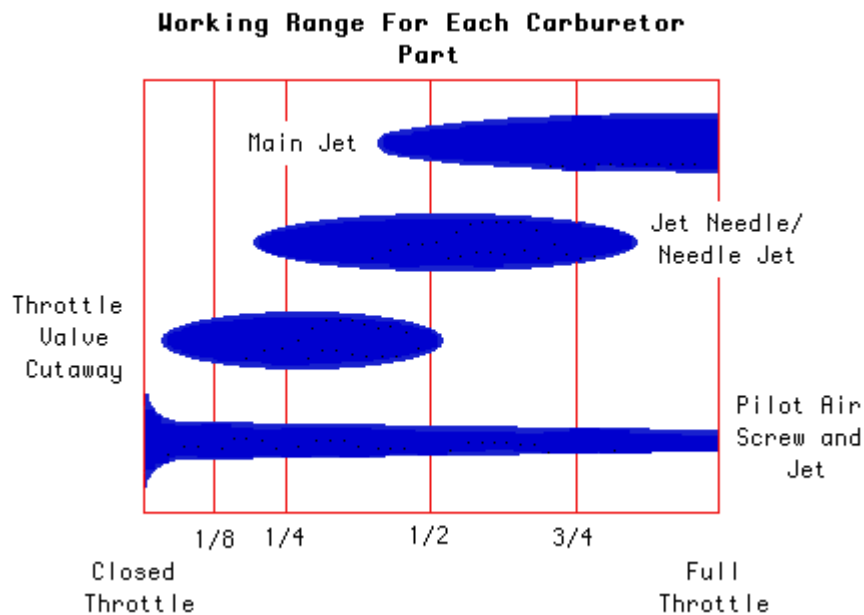


46: Imatge del carburador del treball desmuntat (Font: Foto pròpia)

que regulen el cabal de gasolina que entra al motor. Es pot observar a la Fig. el carburador completament desmuntat amb els diferents gicleurs al mig de la fotografia. El tap que s'observa a la dreta és per tal de poder canviar el gicleur d'alta sense necessitat de desmuntar completament el carburador

Com a primeres modificacions per tenir una primera aproximació a les condicions de funcionament cal variar el gicleurs principal, de baixa i el cargol del ralenti. Cal modificar el seu diàmetre en funció del volum de combustible que es vol fer passar pel seu interior i segons els càlculs anteriors.

Tal com es veu en la taula cal ajustar cada gicleur per a un règim determinat de revolucions, per tal de trobar la millor combinació de tots ells per treure el màxim de potencial del motor.



47: Rang de funcionament de les diverses parts del carburador
(Font: www.sites.google.com)

Tot i no pertànyer directament a la combustió, una part molt important és la de lubricació del motor, que es realitza amb l'addició de lubricant al combustible

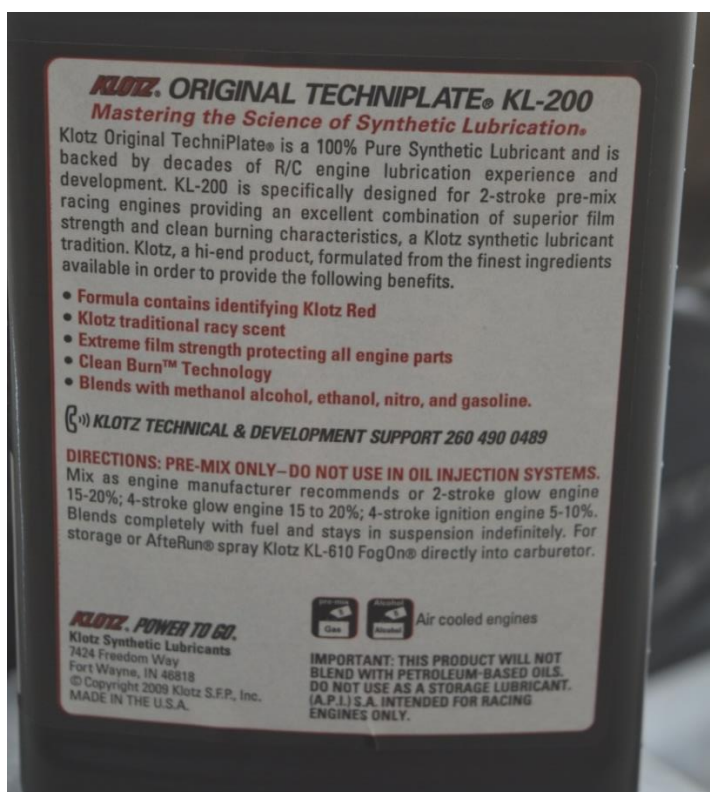


48: Lubricant utilitzat (Font: Foto pròpia)

que s'introdueix al dipòsit en un percentatge determinat, i que s'encarregarà de protegir el motor contra les avaries.

En la utilització de bioetanol aquest és un tema crític, ja que no serveix el mateix lubricant que per a la gasolina, i com que a Espanya no s'utilitza l'etanol com a combustible, i a la resta del món és molt difícil de trobar motors de moto que funcionin amb bioetanol va resultar una veritable complicació per trobar un oli que es diluís en bioetanol i funcionés correctament en un motor de 2 temps. Finalment es va trobar un lubricant fabricat a Canadà, de la marca Klotz, que s'utilitza a Amèrica per a competicions de cotxes de ràdio control i les poques motos de competició amb aquest combustible del país. Es va comprar finalment a un distribuïdor finlandès que en tenia en estoc.

A la Fig.49 es mostra l'etiqueta posterior del recipient del lubricant, amb les seves especificacions.



49: Etiqueta del lubricant (Font: Foto pròpia)

22.2 Ajustos de compressió

El principal objectiu de l'E85 respecte les gasolines és pel seu major octanatge, que ens permet exprimir més les possibilitats del motor per tal de treure-li una major potència.

Per poder adaptar el motor a combustible amb un octanatge major cal modificar els paràmetres de compressió i avanç. Primer caldrà ajustar la compressió ja que en cas de fer-ho al revés l'ajust d'encesa es veuria modificat per l'augment de compressió i podria tenir contra efectes greument perjudicials.

L'autodetonació en un motor de combustió interna té lloc en quan les condicions en les quals es produeix la combustió, temperatura i pressió, són excessivament elevades i la mescla explota abans del moment previst, explotant en la fase d'ascensió del pistó, fet totalment contraproductiu pel motor ja que està fent una força contrària al sentit de gir del motor, a més de forçar tots els components mecànics del motor, produint un desgast excessiu o ruptures d'algunes peces.

Un major octanatge té un punt d'autodetonació superior, fet que ens permet tenir una pressió i temperatura majors en la cambra de combustió sense tenir detonació.

Aquest és un paràmetre molt important en la preparació de motors, però que no té una forma científica de calcular la millor per cada motor, de forma que s'ha de fer a base de prova i error, buscant la relació de compressió amb la qual s'obté un millor rendiment, sense que el motor detoni, ni es posi en compromís la fiabilitat del motor.

La forma de variar la compressió, és variant el gruix de les juntes del cilindre i la culata de forma que es redueix el volum de la cambra de combustió i augmenta la pressió en el seu interior.

La relació de compressió es mesura amb un aparell que s'instal·la en el forat on va la bugia un cop estreta, i fent girar el motor es pot determinar la compressió que aquest té.

22.3 Ajustos d'encesa

És un ajust tan o més crític que l'anterior, ja que és el paràmetre que determina en quin moment del gir del motor es realitza la guspira en la bugia per tal d'encendre la mescla.

En aquest motor es regula de forma mecànica, girant la posició del plat magnètic es varia l'angle en el qual es produirà la ignició.

En motors més moderns es regula de forma electrònica mitjançant una centraleta que dona l'ordre de fer saltar la guspira.

No hi ha una forma exacte de saber quin és el millor avanç per a un determinat motor, és per aquest motiu que és molt difícil trobar una configuració que doni el màxim de rendiment sense posar en risc la mecànica, a més de que depenent de les condicions atmosfèriques variarà el valor màxim que se li pot donar.

Aquest paràmetre tan sols es pot determinar de dues maneres, o amb la combinació de les dues per a una millor regulació.

La primera forma i més utilitzada és basant-se en les sensacions del pilot. Es parteix d'un avanç segur, normalment el determinat pel fabricant, i s'incrementen els graus a mesura que es realitzen proves al circuit, fins al punt en que s'obté el millor rendiment, punt en el qual s'ha d'escoltar el motor per saber si hi ha detonació, ja que en cas afirmatiu és imprescindible treure avanç fins que deixi de detonar, i de no ser així es malmet el motor fins al punt de tenir una avaria. Escoltar la detonació del motor en alguns casos és una cosa relativament senzilla, ja que escoltant en detall es pot sentir un soroll que no és habitual i destaca per sobre del soroll del propi motor i tub d'escapament, però en determinats motors és gairebé impossible de determinar si detona o no sense disposar d'aparells per a la seva mesura, perquè el soroll és molt inferior al del motor i és pràcticament impossible distingir entre ells.

Aquest ajust també es pot realitzar mitjançant un banc de potència en lloc de provar al circuit, de forma que observant les corbes de potència es veu la diferència de potència i parell motor entre els diferents avanços i es pot escollir

el millor per a l'objectiu que es desitja aconseguir. Aquesta opció té un cost elevat, i tot i tenir dades dels canvis realitzats, pot ser que l'avanç amb el qual s'obté la major potència no sigui el desitjat pel pilot i no permeti obtenir els millors resultats a la pista.

La segona opció, en cas d'utilitzar-se es fa conjuntament amb la primera, i serveix com a mesura de seguretat. Es tracta d'un aparell que permet escoltar l'interior del motor. El sistema està constituït per un sensor de detonació, que en contacte amb el bloc motor permet escoltar el soroll del seu interior, un amplificador, que augmenta la senyal fins a un nivell apte per a l'oïda humana, i uns auriculars molt aïllats del soroll exterior i pels quals s'escolta el so de l'interior del motor.

Amb aquest aparell és més fàcil sentir la detonació del motor ja que s'anul·len molts dels sons exteriors i permet tenir en compte tan sols el que està passant a l'interior del cilindre. S'utilitza en proves de motors tan en banc de proves com en proves reals, per tal d'evitar que el motor estigui en funcionament amb detonació continuada i que destrossaria les diferents peces en poc temps.

Gràcies a Calm Competició, es disposa d'un d'aquests aparells per a realitzar les proves del treball.



50: The Knock Box, aparell de detecció de la detonació en motors (Font: www.theknockbox.com.au)

22.4 Elecció de bugia

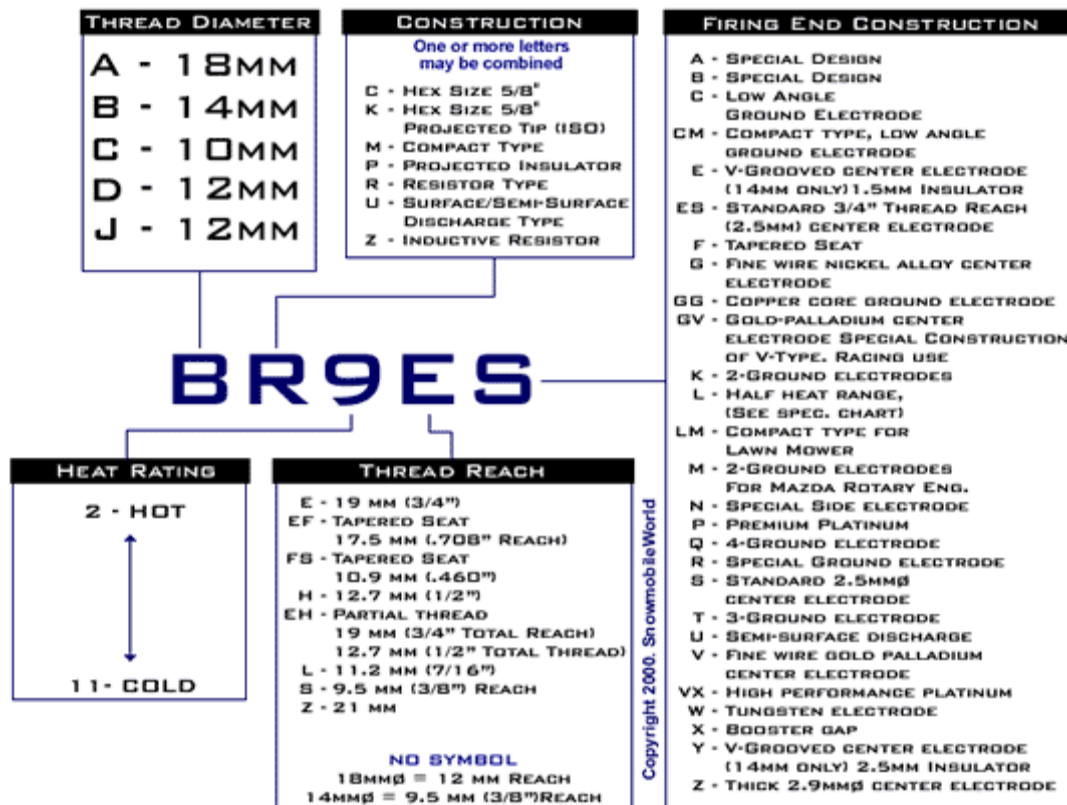
Un altre canvi que cal valorar en realitzar modificacions en un motor, sobretot modificacions importants com en aquest cas, a més de canviar de combustible, és l'elecció de la bugia adequada.

Hi ha infinitat de característiques que defineixen una bugia, i que la fan apte per a un motor determinat. Aquests paràmetres principals són, inicialment les seves dimensions, per ajustar-la al motor en el qual haurà de funcionar, el tipus de combustible que s'utilitzarà, el material del qual està composta, antigament amb coure i actualment platí o iridi, segons el coll de la rosca, pel tamany de l'arc de corrent, és a dir la distancia de separació que hi ha pel qual ha de saltar la guspira, pel nombre d'elèctrodes, el més habitual és un sol elèctrode, però es poden trobar alguns motors que n'incorporen més d'un, i el grau tèrmic.

El grau tèrmic mereix menció apart en aquest treball, ja que els altres paràmetres venen donats pel fabricant en funció de les característiques del motor, però el grau tèrmic no és una ciència exacte, i cal adequar-lo en funció de les necessitats..

Amb la combustió que es produeix a l'interior del motor, es va acumulant residus en les seves parts. Per evitar una acumulació que pugui causar problemes a la bugia, aquesta cal que arribi a una certa temperatura en la qual els residus es cremen, de forma que s'evita una acumulació a la llarga. Variant el grau tèrmic de la bugia es varia la conductivitat tèrmica d'aquesta, de manera que una bugia més freda transmet la calor més fàcilment a la culata i sistema de refrigeració i facilita la formació de residus. Contràriament, una bugia calenta conserva més la calor i fa que els residus es cremin més fàcilment, però com a inconvenient hi ha la possibilitat que arribi a temperatures excessivament altes i faci detonar la mescla abans de que es produeixi la guspira, ocasionant un mal funcionament del motor i el risc de que alguna de les parts tingui una avaria.

A continuació es mostra una taula on s'explica cada un dels caràcters del model de la bugia que significa i com varien. Aquesta taula en concret tan sols serveix per bugies NGK com la utilitzada en el motor que s'ha fet servir pel treball. La utilitzada en el treball és una BR9EG.



11: Taula d'explicació de la nomenclatura de les bugies NGK (Font: www.picclick.com)

23. Possibles problemes

Abans de la realització de la conversió es van valorar els possibles problemes que hi podria haver durant el seu desenvolupament, per tal de buscar solucions amb el màxim d'anticipació per tenir un cert marge amb els imprevistos que puguin sorgir.

Els principals possibles problemes que es van observar van ser els següents:

- Dificultat per trobar lubricant per a la mescla compatible amb el combustible utilitzat. Degut a que fins a dia d'avui és pràcticament impossible trobar motors de 2 temps que funcionin amb etanol és molt difícil trobar un lubricant soluble en aquest combustible.

- Possibilitat de que els tubs del sistema de subministrament del combustible tinguin un cabal massa petit. Aquest fet podria suposar un risc important per la seguretat del motor, ja que de no arribar suficient combustible hi



51: Danys produïts pels efectes de l'etanol en un tub de goma (Font:www.thetruthaboutcars.com)

- ha la possibilitat de gripar el motor.
- Trobar gicleurs suficientment grans per augmentar el cabal en la proporció necessària per tenir una mescla estequiomètrica. Degut a que els carburadors estan dissenyats per funcionar amb gasolina, i per tant amb una proporció estequiomètrica o pròxima a 14,7 parts d'aire per una part de gasolina, hi ha la possibilitat de que no es trobin a la venda gicleurs suficientment grans per el carburador utilitzat. Aquest probablement és el menor dels problemes, ja que de no disposar de gicleurs del tamany necessari hi ha la possibilitat d'engrandir el forat d'un de disponible fins a tenir el diàmetre desitjat.

- Dificultat per trobar bioetanol a Catalunya, degut a les poques estacions de servei que disposen d'aquest combustible en tot Espanya.

- Problemes en la carburació, la carburació de motors de gasolina ja és probablement la tasca més complicada en vehicles amb carburador, i aquesta dificultat augmenta en el cas de l'etanol, ja que no es disposa d'una base establerta pel



52: Efectes de la detonació en cas extrem en el pistó
(Font: www.snowridermag.com)

- fabricant en la qual tan sols pot ser necessari una petita variació per maximitzar el comportament. En el cas del bioetanol depèn totalment dels càlculs i les proves pràctiques posteriors.
- Possibles problemes ocasionats pel moviment dels pòsits acumulats en el circuit de combustible. A causa del poder netejant de l'etanol, existeix la possibilitat de que les partícules que s'havien anat acumulant en l'ús del motor amb gasolina es desplacin fins a llocs on puguin ocasionar un problema com podrien ser els gicleurs o les làmines.

24. Procés pràctic

Tal com s'ha mencionat anteriorment el primer pas en el procés de conversió és la restauració i reparació prèvia del kart al complet per evitar tot tipus d'avaries que puguin sortir en un futur.

Mentre s'estava realitzant aquest procés es va buscar i comprar oli per a la mescla en motors 2 temps i etanol, ja que era realment complicat de trobar i una vegada trobat i escollit s'havia d'enviar de Finlàndia i suposava bastants dies per a l'enviament.

Posteriorment es va procedir a substituir el conjunt de tubs de subministrament del combustible del dipòsit al carburador per evitar la corrosió de l'etanol sobre ells.

A partir d'aquest punt es va substituir la gasolina del dipòsit per bioetanol i es va començar amb el procés de prova i error per arribar a trobar els millors ajustos per al màxim rendiment.

Per posteriorment poder comparar les carburacions entre gasolina i etanol, així com si es vol tornar a utilitzar gasolina en un futur, es va anotar l'ajust inicial dels gicleurs quan s'utilitzava amb gasolina.

Abans de començar amb la conversió es va realitzar una comprovació prèvia per tal de tenir una idea de l'estat del motor i el rendiment que podria tenir actualment. A la Fig.53 s'il·lustra el procés per determinar la compressió, en el qual es retira la bugia, s'instal·la un rellotge de pressió amb la rosca adequada per a l'orifici de la bugia i es colla per tal de que no es pugui perdre la compressió per allà. Seguidament cal fer girar el motor unes quantes vegades fins a obtenir un valor màxim de pressió en el rellotge, aquest serà el valor de compressió amb la vàlvula tancada.

El resultat obtingut va ser de 7,2:1. Considerant que la relació de compressió amb vàlvula tancada donada pel fabricant és de 7,5:1, la pèrdua que ha tingut no és important, indicador de que els cèrcols del pistó es troben en bon estat i no perden excessiva compressió.



53: Mesura de la compressió del motor (Font: Foto pròpia)

A continuació es pot veure la configuració que portava el motor de sèrie funcionant amb gasolina.

Setup base gasolina	
Gicleur alta	130
Gicleur baixa	45
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	Pla
Cargol ralenti	2v
Temperatura funcionament	58

El procés a seguir va ser el següent. Primer cal intentar ajustar el gicleur de baixos fins a tenir un ralenti estable per posteriorment regular a més altes revolucions de manera que hi hagi una carburació pobre el mínim de temps, ja que és el més perjudicial pel motor. Es va partir dels càlculs teòrics realitzats anteriorment per instal·lar uns gicleurs i començar a provar.

Setup 1	
Gicleur alta	150
Gicleur baixa	50
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	69,5

Amb aquest setup es va aconseguir engegar el motor al primer intent, fet sorprenent per la dificultat que suposa la carburació d'un motor de dos temps, i més en aquest cas, que no es disposa de cap base del fabricant de la qual partir que no sigui la teòrica.

Tot i així, regulant els cargols de l'aire i del ralenti es va aconseguir un ralenti mitjanament estable amb una resposta de l'accelerador acceptable per ser la primera prova.



54: Color bugia amb mescla pobre (Font: Foto pròpia)

Malgrat el seu funcionament, la temperatura del circuit de refrigerant era molt elevada comparat amb la que tenia anteriorment amb la gasolina, fet que indicava una carburació pobre, sobretot en baixos.

Des del primer moment tenia un comportament estrany en quan es donava gas i es deixava, que es mantenia uns segons amb un ralenti excessiu fins que baixava de voltes i es mantenia en un ralenti més baix.

Tal com es mostra a la Fig.54 el color marró molt clar de la bugia ens indica

una carburació molt pobre, que cal modificar de forma urgent abans de procedir a millorar el rendiment del motor. En cas de no fer-ho es posa el motor en risc.

Per l'excessiva temperatura i per millorar l'estabilitat del ralenti, es va canviar el tamany del gicleur de baixa per un de major, fet que va influir lleugerament en la temperatura però seguia amb el mateix problema.

Setup 2	
Gicleur alta	150
Gicleur baixa	55
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	65

Es va seguir augmentant el gicleur de baixa per millorar l'excés de temperatura i el comportament, però aquest segon seguia igual que fins aleshores. Amb aquest gicleur de 60 la mescla va passar a ser correcte, enfosquant el color de la mescla i tenint una quantitat de fum raonable, dos indicadors precisos de la mescla. Per aquest motiu es va començar a provar el kart a més revolucions. Tot i tenir un ralenti inestable es va procedir a regular el gicleur d'altres, que en alguns casos pot influir en el comportament del motor en baixos i mitjos.

Amb aquest canvi es va millorar el comportament del motor a altres revolucions, obtenint la sensació de que el motor corria més. Degut a que amb aquest canvi es va obtenir una millora, es va seguir en la mateixa direcció per intentar obtenir el millor rendiment de forma que es va seguir engrandint el gicleur d'altres.

A més també es va aconseguir un descens de la temperatura de funcionament important, degut a que una major quantitat de combustible aconseguia una temperatura de combustió més baixa.

Setup 3	
Gicleur alta	155
Gicleur baixa	60
Agulla	CH3 Pos: 2

Cargol aire	0v
Cargol ralentí	0,5v
Temperatura funcionament	58



Per a les mesures de gicleurs poc utilitzades es va utilitzar l'eina que es mostra a la Fig.55, que permet engrandir el forat fins a la mesura adequada.

55: Augment del forat d'un gicleur amb un mandril escairador
(Font: Foto pròpia)

Setup 4	
Gicleur alta	168
Gicleur baixa	60
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralentí	0,5v
Temperatura funcionament	54

Amb un seguit de gicleurs majors es va seguir obtenint una millora de l'acceleració i potència a un alt règim de voltes.

Tot i així amb el setup 5 la resposta en començar a prémer l'accelerador va començar a empitjorar, sense ésser un problema en conducció ràpida però si arrencant i en corbes lentes. Malgrat aquest fet es va decidir a provar amb un gicleur major per veure si seguia millorant el comportament.

Setup 5	
Gicleur alta	172
Gicleur baixa	60
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	52

Per tal de trobar el màxim de rendiment a altes revolucions es va provar amb un gicleur més gran. El motor en el seu règim de treball, per sobre de 8000rpm, va tenir una petita millora comparat amb anteriorment, però menor als canvis realitzats anteriorment, fet que ens indicava que ja no s'acceptava una mesura major.

Setup 6	
Gicleur alta	178
Gicleur baixa	60
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	52

Amb el setup 6 només d'engegar el motor es va observar que començava a tenir problemes a poques revolucions. Tot i així, en quan el motor funcionava a partir d'un cert règim anava correctament i possiblement tenia una petita millora en la potència que amb el gicleur anterior.

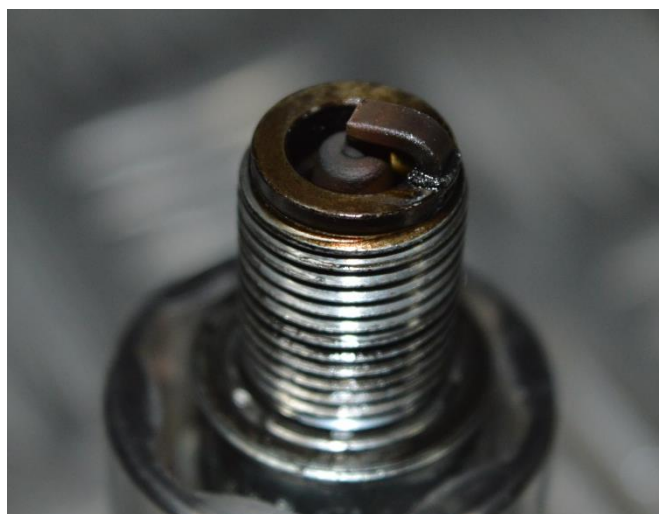
Malgrat aquesta millora es va decidir no provar amb un gicleur major pel problema que això suposava a un baix règim motor.

Per realitzar aquestes proves de forma adequada seria necessari posar el motor en un banc de proves i observar les corbes de potència en cada cas per tenir un resultat numèric del canvi realitzat. Es va prescindir d'utilitzar aquest mètode degut al cost que suposaria el gran nombre d'hores amb el motor al

banc de potència i que tan sols empreses importants es poden permetre. Per aquest motiu es van realitzar aquests ajustos provant el kart cada vegada a la pista, de forma que es modificava la carburació i es provava el seu comportament en el circuit. Aquest mètode no és tan precís però tot i així una persona amb experiència en motors de 2 temps pot notar la diferència sempre que hi hagi les mateixes condicions ambientals i de l'asfalt i neumàtics.

Setup 7	
Gicleur alta	178
Gicleur baixa	80
Agulla	CH3 Pos: 2
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	52

Es va fer un últim intent variant el gicleur de baixes per un de molt major per provar si aquest podia ser el problema, però ràpidament es va veure que no, ja que ni tan sols podia aguantar el ralenti sense donar gas sense que s'aturés el motor.



56: Color bugia amb un funcionament correcte, petit excés de lubricant (Font: Foto pròpia)

Setup 8	
Gicleur alta	178
Gicleur baixa	60
Agulla	CH3 Pos: 4
Cargol aire	0v
Cargol ralenti	0,5v
Temperatura funcionament	52

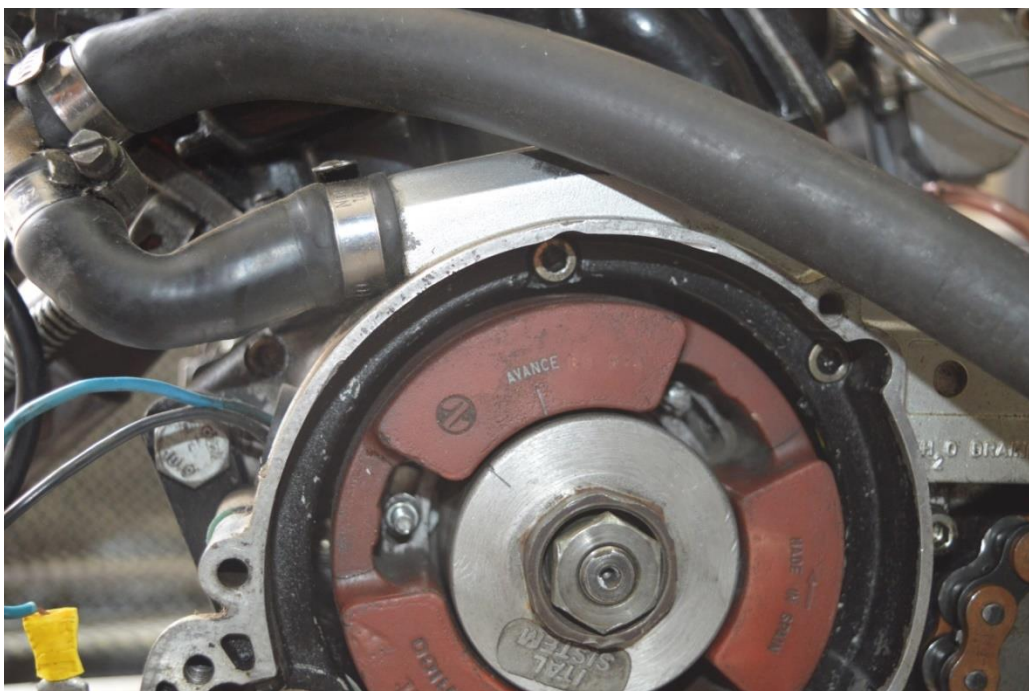
Finalment es va retornar a baixar el gicleur de baixes deixant el mateix d'altres de forma que tenia suficient gasolina al règim màxim, però es disminuïa a poques voltes per evitar els problemes que comportava un excés de gasolina. També es va modificar la posició de l'agulla per acabar d'ajustar a la perfecció el funcionament.



57: Escoltant la detonació del motor (Font: Foto pròpia)

Arribats a aquest punt la carburació es va donar per bona i es va procedir a utilitzar The Knock Box per escoltar l'interior del motor i regular l'avanç del motor de forma segura, utilitzant aquest aparell per evitar la

detonació i destrucció del motor però tenir un avanç major que en el motor de sèrie.



58: Vista del plat magnètic, amb la regulació d'avanç d'encesa (Font: Foto pròpia)



59: Mesura de la posició del pistó en el moment d'encesa (Font: Foto pròpia)

En aquest motor l'avanç es regula fàcilment, ja que al no estar controlat per una centralita electrònica es pot fer de forma mecànica.

Retirant la tapa que es troba a l'esquerra del motor, queda a la vista el plat magnètic, que ja incorpora de sèrie un indicador de l'encesa per regular l'avanç del motor.

Cal trobar el punt mort superior (PMS) del motor, per tal de mesurar la distància com es mostra a la Fig.56, i saber d'aquesta manera l'avanç de l'encesa en mil·límetres, per tenir una mesura més precisa

que l'angle que formen les línies del plat magnètic. Les mesures trobades són: PMS 26,55mm ENCESA 28,5mm. Per tant, l'avanç d'encesa és de 1,95mm. L'avanç donat de sèrie és de 1mm, corresponent a 14,30°. En comparació amb aquest valor es veu que ja ha estat molt avançat per l'anterior propietari, per aquest motiu per al seu funcionament amb etanol es realitza un avanç poc significatiu per tenir un marge de seguretat pels elements del motor. Es va deixar en 2,3mm, que equivaldria a un avanç d'aproximadament 32°, significatiu però sense significar una diferencia molt important. Arribat a aquest punt i una vegada s'havia escoltat amb The Knock Box que no detonés i en les proves tenia un bon rendiment, es va procedir a portar-lo al banc de potència.

Finalment es va decidir no modificar la compressió pel risc i poca disponibilitat de peces que hi havia. De cara a un futur pot ser necessari modificar la bugia per una de més calenta en funció del seu estat, però actualment funciona perfectament.

25. Costos

A continuació es pretén informar, de forma acurada, del cost que ha suposat la conversió realitzada en aquest treball, i valorar l'estalvi que s'obtindrà un cop produïda aquesta modificació. També s'intentarà donar un pressupost aproximat del cost que tindria realitzar aquesta conversió en un vehicle modern, amb injecció, gestió electrònica del motor i amb una limitació pel que fa als gasos contaminants.

En la conversió d'aquest motor han estat necessàries relativament poques modificacions que tinguin un cost per tal d'adaptar-lo, ja que la majoria senzillament requereixen un ajust manual sense canviar cap peça.

Tan sols ha estat necessari:

Material	Preu
Dipòsit	22€
Tubs goma	3€
Gicleurs	3€ x 6
Banc de proves	150€
The knock box (opcional)	600€
Fusibles i portafusibles (opcional)	11€
Galgues gicleurs (opcional)	15€
Mandrils escariadors(opcional)	30€
Circuit	45€ x sessions necessàries

12: Taula de cost del material a utilitzar en el procés pràctic (Font: Estudi propi)

Les eines opcionals poden ser prescindibles, sobretot en el cas de que no es disposi d'elles i s'hagin de comprar expressament o es pretengui realitzar la conversió en un motor que ja s'ha fet en altres casos i es coneix la base de la qual partir.

En casos com el del treball, del qual no es coneix cap antecedent amb el qual comparar, és important disposar de totes les eines possibles per aconseguir uns ajustos el màxim d'exactes per evitar danys ja que en realitzar la conversió en un motor desconegut sempre hi ha un risc major.

En realitzar la mateixa conversió en un cotxe actual caldrà modificar components diferents que en la conversió realitzada en aquest treball, ja que funciona amb sistemes diferents i més moderns.

Més endavant s'explica en detall la conversió aplicada en vehicles acabats de fabricar, però cal dir que el material següent dependrà de cada vehicle en el qual es vulgui aplicar, essent necessari en alguns vehicles tots els canvis descrits i alguns altres amb tan sols un dels canvis és suficient.

Material	Preu
Injectors	400€
Bomba combustible	40-150€
Modificació ECU	350€

13: Taula de cost del material per a la conversió de vehicles moderns (Font: Estudi propi)

En aquest cas, les modificacions que caldrà portar a terme en els vehicles dependran totalment del model i marca del qual es parteix, ja que s'hi pot trobar una diferència en el tamany dels injectors de sèrie, de la bomba de combustible i de la dificultat per modificar els paràmetres de la centraleta. Tot i així, en cas de que sigui necessari modificar tots els sistemes possibles, el cost és relativament contingut, i si el preu del bioetanol és baix, en un període de temps relativament curt s'haurà amortitzat la inversió inicial i s'estalviarà diners.

26.Prestacions

26.1 Prova inicial

Una vegada el kart estava restaurat i en perfectes condicions, es va procedir a realitzar algunes proves funcionant amb gasolina, per tal de poder comparar posteriorment les dades obtingudes amb el seu funcionament amb bioetanol.

26.1.1 Banc de proves

La primera prova consisteix en valorar les prestacions actuals del motor que es pretén convertir a etanol, per saber la potència i acceleració de la qual disposa sense cap modificació i comparar-les amb les que tindrà un cop realitzada la conversió. Per tal de mesurar la potència de forma exacta es realitzaran les proves en un banc de potència inercial de rodets (*Veure Annex 3*), de la marca Sportdevices SD325 amb nivell d'inèrcia del rodet de 8. Les condicions de la cambra on es trobava el banc eren de 27°C, una humitat del 37,3% i pressió atmosfèrica de 988 mBar i amb refrigeració per aire. Aquesta prova en el banc de potència és la més fiable a l'hora de comparar les prestacions abans i després, ja que ens dóna un valor exacte de la potència que desenvolupa el motor, sense dependre de les sensacions d'un pilot o els temps en un circuit, fets que depenen de moltes variables alienes al motor. Després de realitzar algunes "tirades" de prova, se'n van fer dues per mesurar la corba de potència que donava, i es va agafar la millor de les dues com a resultat. En aquest cas va ser 24,2 CV a 9293rpm i 1,64 Kg*M a 8699rpm. Comparant amb el valor establert pel fabricant, 27CV, però que mesurats per varis usuaris són uns 25 CV reals, podem dir que el motor ha perdut lleugerament prestacions, sense ser un problema important i que probablement amb una neteja i canvi dels cèrcols del pistó es recuperi aquesta xifra. Per ser un motor de l'any 1989 i haver tingut un ús intens el seu estat és exemplar.

Una vegada obtingut aquest valor ja es pot realitzar la conversió i comparar en les mateixes condicions però funcionant amb bioetanol.

26.1.2 0-80km/h

Per tal de tenir una mesura més pròxima a la que podria ser la mateixa sensació del pilot, i que és la que tindrà el pilot a la pista, independentment de les dades que pot donar el banc de proves, s'ha decidit realitzar una acceleració de 0 a 80kmh en els dos casos per comparar la diferència de temps que hi havia.

S'ha intentat realitzar la prova en unes condicions el màxim de similars per tal de que no hi pugui haver cap paràmetre extern que pugui fer variar el valor.

Funcionant amb gasolina el temps obtingut ha estat de 5 segons, una acceleració important però lògica si es tenen en compte la potència i pes del kart, que el fan un vehicle molt àgil.

26.1.3 Consum

La primera intenció era mesurar el consum real abans i després de la conversió, per tal de saber amb exactitud si l'augment calculat inicialment, realment és el real o varia d'aquest valor. Però una vegada valorat el cost que això suposava es va preferir prescindir d'aquesta mesura, ja que suposava un encariment molt important en el pressupost final a causa del cost del banc de potència, pel temps que es requeria per tal de tenir una mesura fiable i el preu de les hores allà.

26.2 Prova final

Una vegada convertit el motor per al seu funcionament amb bioetanol es van realitzar les mateixes proves que s'havien portat a terme quan funcionava amb gasolina. D'aquesta manera es pretén comparar les prestacions en els dos casos de la forma més exacte possible, per veure si s'obté una diferència en comportament.

26.2.1 Banc de proves

Convertit el motor, calia comparar les prestacions que aquest tenia anteriorment funcionant amb gasolina amb les que té actualment.

Es va realitzar la prova en les mateixes condicions, tenint tan sols entre ells una diferència de temps de mitja hora, de forma que les condicions e pressió atmosfèrica i temperatura no havien variat.

En aquest cas els valors obtinguts van ser, 25.2CV a 9441rpm i 1,99 Kg*M a 8763 rpm.

Es pot observar comparat amb el seu funcionament amb gasolina, que el comportament ha millorat lleugerament, sense ser un increment de potència i parell motor molt important però significatiu, i el més important, que demostra que en una conversió fet amb pocs mitjans es pot obtenir un augment de prestacions del motor en funcionar amb bioetanol.

26.2.2 0-80km/h

Posteriorment a la conversió es va tornar a mesurar el temps en fer el 0-80km/h, per observar si aquest CV de diferència entre un motor i l'altre es notava en funcionament.

El resultat obtingut va ser un temps de 4 segons, 1 menys que en el cas de la gasolina. Una diferència considerable que es podia apreciar a nivell de sensació de l'acceleració, amb una arrencada més potent i més facilitat per pujar de revolucions.

Cal dir que el consum es va veure afectat de forma important, consumint una major quantitat d'E85 realitzant els mateixos quilòmetres, tot i no disposar de les eines suficients per poder quantificar aquesta diferència.

A continuació es pot veure una taula de comparació entre la gasolina i el bioetanol en el motor transformat.

	Gasolina	E85
Banc de proves	25,2 CV	24,2 CV
0-80km/h	5s	4s

14: Taula de comparació de prestacions entre la gasolina i el bioetanol (Font: Creació pròpia)

SPORTDYN-Ver date: 11-MAR-2016 (3.8.30.3)

BANCO DE POTENCIA: SD325
INERCIÀ DEL RODILLO: 8

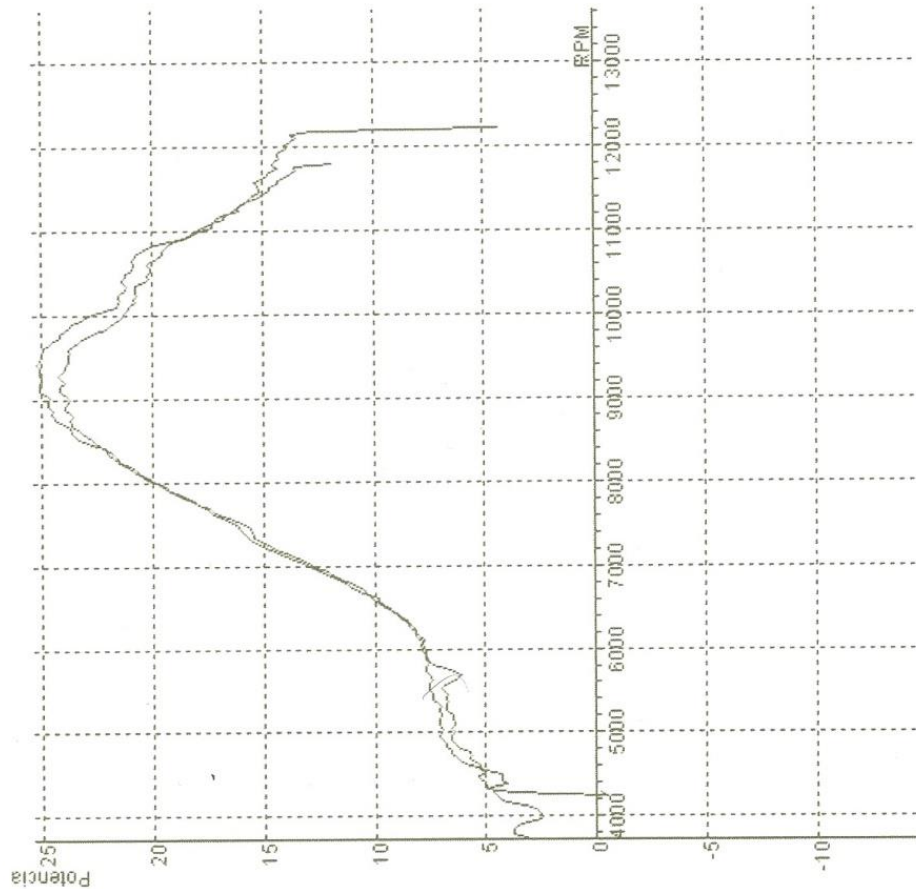
CORRECCIÓ CILINDRADA
Factor de correcci3: DIN 70020

Nombre	HP/rpm	KG*M/rpm	KMH	Temp. (°C)	Humedad (%)	Presi3n (mbar)	Fecha/Hora
KART009	24.2 (24.7) / 9293	1.94 (1.97) / 8699	117.8	27.0	37.3	988.0	30/05/2017 19:11:16
KART	25.2 (28.3) / 9441	1.99 (2.17) / 8763	121.5	27.0	37.3	988.0	30/05/2017 18:41:06

DATOS DEL ENSAYO: KART

Comentarios
ETANOL

RPM	POT (HP)	PAR (KG*M)	Escape (°C)	RPM	POT (HP)	PAR (KG*M)	Escape (°C)
4500	5.3	0.84	1000.0	4500	5.3	0.84	1000.0
4750	5.7	0.85	1000.0	4750	5.7	0.85	1000.0
5000	6.4	0.92	1000.0	5000	6.4	0.92	1000.0
5250	6.7	0.91	1000.0	5250	6.7	0.91	1000.0
5500	6.9	0.90	1000.0	5500	6.9	0.90	1000.0
5750	6.7	0.84	1000.0	5750	6.7	0.84	1000.0
6000	7.8	0.94	1000.0	6000	7.8	0.94	1000.0
6250	8.3	0.96	1000.0	6250	8.3	0.96	1000.0
6500	9.3	1.03	1000.0	6500	9.3	1.03	1000.0
6750	10.7	1.13	1000.0	6750	10.7	1.13	1000.0
7000	12.8	1.31	1000.0	7000	12.8	1.31	1000.0
7250	14.7	1.45	1000.0	7250	14.7	1.45	1000.0
7500	15.8	1.51	1000.0	7500	15.8	1.51	1000.0
7750	18.1	1.67	1000.0	7750	18.1	1.67	1000.0
8000	19.8	1.77	1000.0	8000	19.8	1.77	1000.0
8250	21.4	1.86	1000.0	8250	21.4	1.86	1000.0
8500	23.1	1.94	1000.0	8500	23.1	1.94	1000.0
8750	24.3	1.99	1000.0	8750	24.3	1.99	1000.0
9000	24.6	1.96	1000.0	9000	24.6	1.96	1000.0
9250	25.0	1.93	1000.0	9250	25.0	1.93	1000.0
9441	25.2	1.91	1000.0	9441	25.2	1.91	1000.0
9500	25.0	1.89	1000.0	9500	25.0	1.89	1000.0
9750	24.2	1.78	1000.0	9750	24.2	1.78	1000.0
10000	22.9	1.64	1000.0	10000	22.9	1.64	1000.0
10250	21.4	1.50	1000.0	10250	21.4	1.50	1000.0
10500	21.2	1.45	1000.0	10500	21.2	1.45	1000.0
10750	20.6	1.38	1000.0	10750	20.6	1.38	1000.0
11000	18.1	1.18	1000.0	11000	18.1	1.18	1000.0
11250	16.3	1.04	1000.0	11250	16.3	1.04	1000.0
11500	15.2	0.95	1000.0	11500	15.2	0.95	1000.0
11750	14.3	0.87	1000.0	11750	14.3	0.87	1000.0
12000	14.0	0.84	1000.0	12000	14.0	0.84	1000.0



RUEDA 25.2 HP 2.0 KG*M
 PERDIDAS: -3.1 HP -0.2 KG*M
 TOTAL MOTOR: 28.3 HP 2.17 KG*M

60: Gràfica de la corba de potència en banc de proves (Font: Pep Motor)

27.Efectes de la conversió

Observant la fórmula química de la gasolina C_xH_y , que conté en massa al voltant d'un 85% de carboni per un 15% d'hidrogen, i la de l'etanol, C_2H_5OH , que conté en massa un 52% de carboni, 13% d'hidrogen i 35% d'oxigen, s'observa que es redueix la proporció de carboni, degut a la molècula d'oxigen contingut en l'etanol. Aquest fet ens dona un indicatiu de que el carboni resultant de la conversió serà menor en el cas de la combustió amb bioetanol.

Utilitzar E85 es pot traduir en una disminució de la contaminació. A més de reduir la producció de CO_2 , un anàlisi precís fet per la universitat de Minnesota va demostrar que el CO es veu reduït en un 39% respecte les emissions de la gasolina. El NO_x també té un descens del important a mesura que el contingut d'etanol és major, per la reducció de la temperatura en la cambra de combustió. Aquests són els gasos mesurats en els controls de les inspeccions tècniques.

L'etanol té un poder netejant que proporciona el benefici de netejar el circuit de carburant, fet que es mantindrà en cas de tornar a utilitzar gasolina.

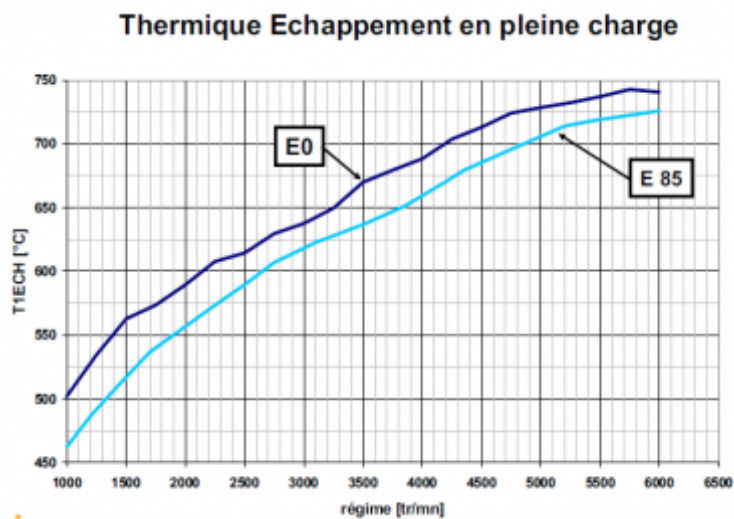
L'efecte directe d'un menor poder calorífic, i a la vegada un major volum de combustible, així com un calor latent de vaporització es tradueix en una temperatura d'escapament reduïda al voltant de $50^{\circ}C$ comparat amb el funcionament amb gasolina. Aquesta disminució en la temperatura té efectes positius pel que fa a la vida dels components, que estan sotmesos a unes condicions menys dures, a més de reduir el risc de sobreescalfament del motor.

Originalment, la majoria de les sondes lambda dels vehicles tenen un límit de desviació dels valors de treball d'un 15% com a màxim. La desviació necessària per al funcionament amb etanol és d'un 25%, és a dir un 10% major a la que s'accepta. Aquest fet és traduït en el funcionament del vehicle amb l'entrada de la fase degradada, en la qual entra en un mode de protecció on es limita dràsticament la potència i es poden notar irregularitats en l'acceleració

per tal de protegir la mecànica del cotxe fins que es solucionin els problemes que pugui tenir.

És per aquest motiu que no es pot omplir el dipòsit amb bioetanol en un vehicle que no disposi de la capacitat per adaptar-se a ell, i que en els millors casos permeti al vehicle funcionar però en unes condicions que no són les adequades.

Tal com s'observa en la gràfica següent, la temperatura del motor es veu reduïda en el seu ús amb etanol, que funcionant en les condicions adequades permet refrigerar més el motor suposant una millora per la fiabilitat del motor així com pel seu efecte en l'emissió de gasos contaminants, que disminueix al tenir una temperatura inferior.



15: Gràfica de la temperatura d'escapament en plena carrega amb gasolina i bioetanol (Font: www.biomotors.net)

28. Possibilitat d'aplicar en cotxes reals

28.1 Sistemes a modificar

Tot i la oferta que hi comença a haver actualment en el mercat de vehicles Flex Fuel, cal tenir en compte la possibilitat d'adaptar el vehicle actual al funcionament amb biocombustible per un preu molt inferior al que pot suposar canviar de vehicle, i més en el cas d'un de nou. Aquest canvi dependrà de les característiques del vehicle que es pretén convertir i els components que incorpora, de forma que entre uns i altres pugui variar els sistemes a modificar i el cost final de la conversió. Aquests sistemes a modificar són:

- ECU: Degut al fet de que pràcticament tots els vehicles del mercat actualment estan governats per una centralita electrònica que determina tots els paràmetres del motor en funció de les condicions de funcionament, aquest és el principal sistema a modificar per a adaptar un motor a qualsevol condició que no sigui la base o similar a aquesta de forma que es pugui adaptar automàticament.
 - Injecció: És el principal factor a modificar, en el cas pràctic d'aquest treball es variava modificant els gicleurs del carburador per uns d'un tamany major per tal de permetre una major entrada de combustible al motor. En els motors d'injecció aquesta modificació es pot fer variant el mapa d'injecció de la centralita per tal de que estigui més temps injectant combustible i per tant més quantitat. Aquest mapa està determinat en milisegons i depèn de les revolucions del motor i la quantitat d'aire que entra al motor.
 - Temps d'injecció: Determina el moment en el qual es comença a injectar el combustible. Un correcte ajust d'aquest paràmetre determinarà la possibilitat o impossibilitat de que es pugui cremar tot el combustible. És una taula que, depenent de les revolucions i la quantitat d'aire que entra al motor determina l'angle de rotació del motor en el qual s'inicia la injecció de combustible.

- Encesa: Per adaptar-se a la nova quantitat de combustible, major, cal variar el moment en que es produeix la ignició per tal de cremar tot el combustible de la millor manera.

A més, per obtenir el millor rendiment possible, i per aprofitar el principal avantatge del bioetanol, el seu major octanatge, cal avançar l'encesa per aconseguir la pressió de la combustió uns instants abans sense tenir la detonació que tindria la mateixa acció amb gasolina.

Aquest paràmetre també es varia a través d'una taula del software de la centraleta determinada pels dos mateixos paràmetres que les taules anteriors.

En el cas del kart es modificava rotant el volant magnètic respecte el cigonyal.

- Injectors: La forma més fàcil d'adaptar un vehicle a l'ús de bioetanol és modificant el software de la centraleta tal com s'ha descrit anteriorment, però si malgrat tot l'augment de cabal de combustible no és suficient o requereix un temps d'injecció excessivament tard, cal modificar els injectors per uns de més cabal. Aquest canvi ja suposa un augment important del pressupost, tot i així, molt menor que la conversió d'un vehicle a GLP, per exemple.
- Relació de compressió: Per extreure el màxim de rendiment seria adequat augmentar la relació de compressió, tot i que en cotxes, camions i altres vehicles de grans dimensions suposaria canvis majors, o com a mínim modificar les juntes de culata i cilindre, treball que requereix hores de feina de professionals i material costós. Per aquest motiu aquesta modificació no surt a compte a canvi de la diferència de rendiment que s'obté.
En canvi, en motocicletes, sobretot de 2 temps i de competició, aquesta és una pràctica molt típica per modificar el comportament del motor segons el que es desitja.
- Material plàstic: Com en la conversió del motor de Cagiva, en que va ser necessari substituir alguns elements de plàstic i goma pel risc que tenien en contacte amb etanol, en cotxes antics és

necessari saber quins elements podran tenir corrosió en contacte amb l'etanol i quins no, però pel que fa als cotxes més moderns, degut a que incorporen materials més sofisticats, és estrany que sigui necessari substituir alguns d'aquests elements perquè ja acostumen a ser resistents en la seva totalitat.

28.2 Complicacions

Analitzant les característiques dels cotxes actuals destaca la facilitat que suposen els sistemes de gestió electrònica del motor que incorporen tots els cotxes que surten a la venda, per la seva facilitat per modificar els paràmetres de control i adaptar-se en tot moment a les condicions a les que està sotmès el vehicle, en cas de disposar de les eines adequades.

En cas de voler-se realitzar, cal trobar un especialista que domini el tema i que tingui les habilitats i eines per realitzar aquesta conversió. És necessari disposar del software original de la marca per modificar els paràmetres de la centraleta o adquirir software i hardware que permeti llegir, modificar i escriure els mapes del motor per tal d'adequar-los al seu nou ús.

La principal complicació és pel fet de que, els motors que funcionen mitjançant etanol, necessiten una relació de compressió superior a la dels motors convencionals per extreure tot el seu potencial, fet que obliga a reforçar tots els sistemes per evitar perdre fiabilitat. En el cas d'utilitzar el mateix motor amb la mateixa relació de compressió que en gasolina, s'evita reforçar els components del motor a canvi d'obtenir un rendiment una mica inferior al que es podria obtenir amb la mateixa quantitat d'etanol.

En cotxes antics també pot suposar un problema saber quins components plàstics poden suposar un risc i quins no, per substituir-los i evitar futurs problemes.

29.Efectes en la societat

La transformació, com a mínim, d'un nombre significatiu de vehicles al bioetanol comportaria un seguit de canvis rellevants tant en el sistema automobilístic actual com a la societat en general, que es podria beneficiar en molts àmbits diferents d'aquesta modificació.

Des del punt de vista mediambiental, i un dels més importants avui en dia pel que fa a la contaminació, que en les ciutats és un problema de gran importància, i actualment encara més per l'extremadament perjudicial contaminació dels motors dièsel, tindria un canvi positiu en aquest fet, ja que segons estudis realitzats per la universitat de Minnesota es redueixen les emissions de monòxid de carboni en un 39%, a més d'una reducció important pel que fa tan a diòxid de carboni com a monòxids de nitrogen.

Tenint en compte el parc automobilístic del que es disposa en tot el país, i en tot el món, podria suposar un canvi important a gran escala.

També cal tenir en compte la reducció del CO₂ existent en l'atmosfera, ja que a falta de confirmar la certesa d'aquesta afirmació, s'estima que les mateixes plantes que es cultiven per a la producció del bioetanol són capaces de consumir tot el CO₂ produït pels cotxes que han cremat el bioetanol de l'any anterior. Aquest fet suposaria un avantatge encara major pel que fa a la disminució de la contaminació, contribuint en la missió de tenir un planeta el màxim de sostenible.

És una font d'energia renovable, ja que es pot seguir cultivant i per tant seguir produint combustible mentre hi hagi sol i aigua. D'aquesta forma s'evita el consum excessiu de petroli, que es podria utilitzar amb altres finalitats i evitar que s'exhaureixi en poc temps.

Per altra banda, no es dependria directament de la producció i venda de petroli, fet que podria garantir una estabilitat major del preu del combustible al no dependre de tants intermediaris ni d'altres països, reduint d'aquesta manera la inflació dels preus i els costos que es generen des de la producció fins al seu consum.

Tot i així, cal dir que el cultiu de la matèria primera sempre dependrà del temps que fa en els camps de cultiu de les plantes.

A més, en cas de crisis entre els països productors i els compradors de petroli, d'un increment sobtat del seu preu, un tall de subministrament o la fi del petroli, no afectaria directament en l'economia i la mobilitat del país, ja que es disposaria d'un recurs propi que evita la dependència total del petroli d'importació.

Degut a que Espanya és un dels majors productors de bioetanol a Europa, tenint un consum de la pròpia producció s'anul·laria o reduiria la necessitat de crear grans estructures per al transport del combustible des de països llunyans fins aquí, disminuint les despeses que això suposa per a l'economia del país.

A nivell local, pot tenir un impacte en l'economia, ja que es requeririen pagesos per al cultiu de les plantacions, i posteriorment, la creació d'indústries per a la transformació de la matèria primera en combustible, de forma que també es crearien llocs de treball en aquestes indústries.

Tota aquesta riquesa produïda es quedaria en el mateix país, que podria arribar a ser autosuficient en aquest àmbit.

30. Conclusions

Gràcies a la realització d'aquest projecte s'han assolit un gran nombre de coneixements que anteriorment es desconeixien pràcticament en la totalitat. Amb aquests coneixements s'ha pogut analitzar a fons aquest combustible i arribar a obtenir unes conclusions sobre el seu ús en la societat.

En comparació amb la gasolina, l'etanol té unes propietats bastant diferents, algunes millors i algunes pitjors, fet que el fa molt diferent a l'hora de configurar un motor amb un o altre. Els avantatges dels quals disposa l'etanol són una major relació hidrogen/carboni en les seves molècules, que resulta en una menor emissió de carboni en els gasos expulsats, un major calor latent de vaporització, que evita l'evaporació a temperatura ambient, i un octanatge molt major, que permet una major compressió i avanç del motor resultant en un augment de prestacions. Com a desavantatge té un PCI menor, per tant s'obté menys poder calorífic per unitat de massa, i requereix una quantitat de combustible major per produir la mateixa calor.

Una característica que cal tenir en compte a l'hora d'utilitzar aquest combustible renovable és que el contingut de gasolina varia segons l'estació de l'any i el país. Per aquest motiu en cas de no disposar d'un motor que s'adapti a qualsevol percentatge, com la majoria de FlexFuel, cal prestar atenció sempre ja que aquest canvi pot influir en el comportament i seguretat del motor, de forma que si es dona una mescla excessivament pobre es pot danyar el motor.

Una dada sorprenent sobre l'ús del bioetanol és que hi ha països que porten investigant i utilitzant-lo des de fa dècades, mentre que en altres és pràcticament un desconegut.

Els països amb més tradició amb aquest combustible són Brasil i Estats Units, tot i que a Estats Units aquest s'utilitza com a additiu a la gasolina, sense tenir un consum de E85 estès. Brasil ha estat el país pioner en l'ús de bioetanol 100% com a combustible, amb una llarga història darrere que inclou multitud d'estudis i proves durant els anys per adaptar els vehicles a aquesta font d'energia. A dia d'avui és el segon consumidor de bioetanol, però el primer amb

un percentatge més gran d'etanol que de gasolina, i dels pocs que subministren bioetanol pur a les estacions de servei.

A Europa avui en dia aquest combustible té un ús bastant generalitzat, tot i que com a la resta del món, de forma bastant irregular, ja que en països com França, Alemanya i Suècia fa anys que es disposa d'una xarxa de subministrament que proporciona servei a tota la societat, i un nombre important de cotxes l'utilitzen com a substitut a la gasolina, en altres països com Espanya és pràcticament nul·la la seva venda en forma de E85.

A Espanya és inviable fer ús d'aquest combustible, ja que el nombre de gasolineres és insignificant, i el litre de combustible té un preu superior al de la gasolina SP95, fet que tenint en compte que requereix un major consum no el fa gens rendible.

El fet de que s'utilitzi o no en un país es déu totalment a la intenció del govern per promocionar-lo i establir-lo com a una alternativa. Els països on s'ha estès el seu ús, i contràriament a altres com Espanya, disposen de campanyes de publicitat per tal de conscienciar els conductors, normatives que propicien el seu ús i subvencions en el preu del combustible, que estan al voltant d'un 60% del preu de venda mig a Espanya.

A Espanya el bioetanol tan sols és utilitzat com a additiu a la gasolina convencional, de manera que tot el que es produeix es destina a aquesta finalitat o a la seva exportació.

Molts països estan continuadament en estudis per descobrir nous mètodes més eficaços de produir bioetanol, per reduir els seus costos i augmentar la producció. S'investiga amb noves plantes i algues que podrien suposar un salt en la història d'aquest combustible.

Alguns experts afirmen que amb aquest sistema es podrien reduir de forma dràstica les emissions de CO₂ produïdes pels vehicles terrestres. A dia d'avui no hi ha cap estudi que demostrï amb certesa que és possible, però la teoria apunta a que les plantacions de les quals s'obté el bioetanol són capaces d'absorbir el CO₂ de tot el bioetanol consumit per vehicles que s'ha utilitzat durant l'any anterior. Aquest fet suposaria un gran avanç en la reducció de la contaminació a nivell mundial.

Pel que fa a la part pràctica cal dir que inicialment hi havia una gran incertesa sobre la dificultat per fer-lo funcionar, ja que depenia de molts paràmetres i en cas de no funcionar hi podria haver un greu problema per trobar quin és el problema.

Una vegada realitzat un important manteniment previ, per facilitar el procés posterior, es va procedir amb la conversió. Aquesta part es va basar en un gran nombre de proves, partint de la base trobada mitjançant els càlculs teòrics, i millorant els paràmetres adequats en cada moment. Es va fer ús de diferents eines i sessions de prova per trobar els ajustos que millor s'adaptaven a aquest combustible. Una vegada funcionava correctament i donava les millors prestacions segons la sensació del pilot, es va portar al banc de potència per comprovar de forma numèrica aquestes prestacions i procedir a comparar-les amb el motor funcionant amb gasolina.

Un dels problemes més grans que es van trobar va ser a l'hora de trobar un banc de potència on mesurar les prestacions, ja que no hi havia manera de trobar-ne un on es pogués posar el kart, perquè la majoria eren per cotxe o moto, i el kart no hi cabia, alguns altres eren per motors, i els pocs on hauria estat possible posar el kart estaven avariats. Després de preguntar a més de 20 llocs diferents, es va trobar un banc inercial d'un sol rodets on es podia posar el kart, al taller de Pep Motor.

Comparant les prestacions obtingudes es va observar una diferència d'1 CV i 0,05 Kg·m entre el motor funcionant amb etanol i gasolina. No és una diferència molt gran, però considerant el preu mitjà del bioetanol a la comunitat europea, es pot dir amb total certesa que és una bona inversió, ja que a més de tenir un cost inferior en combustible, les prestacions van millorar. Per optimitzar encara més les prestacions, amb l'ús del banc de potència es podria aconseguir obtenir una mica més de potència, augmentant la compressió del motor canviant les seves juntes, que no es va fer per la dificultat per trobar unes juntes més primes per aquest motor i perquè pogués ser reversible, ja que una major compressió en el motor funcionant amb gasolina podria suposar un problema greu, també es pot augmentar una mica més l'avanç de l'encesa, que tan sols es va fer fins a un cert punt per seguretat, però amb l'ajuda del banc de potència i The Knock Box es podria seguir incrementant.

També cal dir que una vegada realitzada la conversió es va provar el funcionament del kart al circuit, i es va aprovar amb nota, ja que el seu funcionament era molt similar a l'anterior amb gasolina, però amb una temperatura de motor inferior.

Després de realitzar aquest treball, es pot afirmar amb total seguretat que el bioetanol és un perfecte substitut a la gasolina en els vehicles de combustió interna d'avui en dia, sense tenir cap tipus de limitació física ni química, fent d'aquest un combustible més net i amb unes millors prestacions que el combustible destil·lat del petroli. Tot i així, cal veure si la seva producció augmenta el rendiment i s'acaba d'estendre com a substitut total de la gasolina o si abans es trobarà una altra font d'energia que la superi.



61: Imatge una vegada acabada la conversió (Font: Foto pròpia)

Bibliografia

Walker, G.M. (2010), *Bioethanol: Science and Technology of fuel alcohol*. BookBoon

U.S. Department of Energy (2016), *Handbook for Handling, Storing, and Dispensing E85 and Other Ethanol-Gasoline Blends*. USA

Hartman, J (2004), *How to tune and modify Engine Management Systems*. Minneapolis: MBI Publishing Company

Banish, G (2007), *Engine Management Advanced Tuning*. England: Brooklands Books LTD.

Webgrafia

- Teoría de avances. [en línia] (Accés 25/01/2017)
http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/ENCENDIDOS/03_teoría_avances.pdf
- El tabú del octanaje. 2010 [en línia] (Accés 28/12/2016)
<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3219825/El-tabu-del-Octanaje.html>
- Características E85. 2013 [en línia] (Accés 4/01/2017)
<http://www.car-engineer.com/fr/ladaptation-dun-moteur-a-lethanol/>
- Toutes les infós sur l'éthanol. 2008 [en línia] (Accés 23/12/2016)
http://ethanol-e85.fr/ethanol_et_E85.html
- Gasolineras Bioetanol E85 en España [en línia] (Accés 08/03/2017)
https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1WYKb_reqEI9WgVFt3TM_YK6ZrsE&hl=en_US&ll=40.386470096863505%2C-2.661235499999975&z=6
- Air-fuel ratio. 2017 [en línia] (Accés 13/01/2017)
https://en.wikipedia.org/wiki/Air%E2%80%93fuel_ratio
- Gasolina, aire y potencia. [en línia] (Accés 25/01/2017)
<http://www.piratamotor.com/art%C3%ADculos-t%C3%A9cnicos/gasolina-aire-y-potencia.html>
- Ethanol goes Racing [en línia] (Accés 18/05/2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=cjC7FKpBbso>
- Características de l'E85. 2014 [en línia] (Accés 6/04/2017)
<http://biomotors.net/informations-ethanol/>

- Carte des 441 stations super-éthanol E85. 2008[en línia] (Accés 8/03/2017)
http://ethanol-e85.fr/carte_stations_E85.html
- Roulez à l'E85 la Théorie, 2010 [en línia] (Accés 25/01/2017)
<http://umagama49.blogspot.com.es/2010/04/roulez-le85-la-theorie.html>
- Precios de carburantes y combustibles, 2015 [en línia] (Accés 11/04/2017)
<http://www.minetad.gob.es/energia/petroleo/Precios/Informes/InformesMensuales/2015/Febrero-2015.pdf>
- Future sources of Ethanol [en línia] (Accés 14/05/2017)
http://www.livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/crops_06.html
- Alternative Fuels Data Center [en línia] (Accés 9/03/2017)
<https://www.afdc.energy.gov/data/>
- Ethanol trading [en línia] (Accés 17/05/2017)
<https://tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
- Bioethanol as a growth market 2017 [en línia] (Accés 12/04/2017)
http://www.cropenergies.com/Pdf/en/Bioethanol/Markt/Dynamisches_Wachstum.pdf
- Running on Fumes: The Future of Ethanol as a Fuel Source, 2014 [en línia] (Accés 2/05/2017)
http://www.valueline.com/Stocks/Commentaries/Running_on_Fumes_The_Future_of_Ethanol_as_a_Fuel_Source.aspx#.WTjVhWiyjct
- Etanol (Combustible) 2017, [en línia] (Accés 2/05/2017)
[https://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_\(combustible\)#Comparaci.C3.B3n_entre_Brasil_y_Estados_Unidos](https://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible)#Comparaci.C3.B3n_entre_Brasil_y_Estados_Unidos)

- Ethanol history,2010 [en línia] (Accés 16/02/2017)

<http://www.ethanolhistory.com/>

- Producción de bioetanol en España [en línia] (Accés 19/02/2017)

<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles/ProduccionBioetanolEspana.asp>

- Timing is everything [en línia] (Accés 23/01/2017)

<http://www.foxvalleykart.com/timing1.html>

- Planet E85 [en línia] (Accés 29/01/2017)

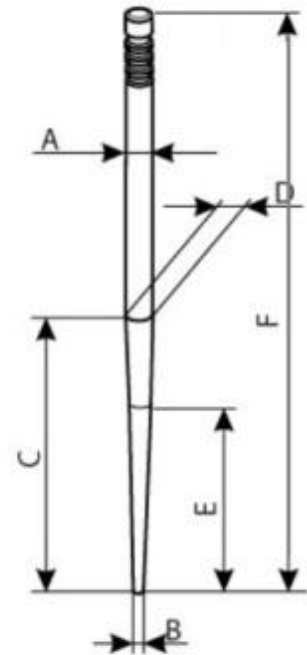
<http://e85vehicles.com/e85/index.php>

Annexos

Annex 1

DELLORTO UA/UB SLIDE NEEDLE CHART

Type	Value X	Characteristic expressed in millimeters						Type	Value X	Characteristic expressed in millimeters					
		ØA	ØB	C	ØD	E	F			ØA	ØB	C	ØD	E	F
E1	1	2.45	2.00	19	-	-	65	E24	24	2.45	1.70	21.5	-	-	65
E2	2	2.42	1.30	20	-	-	65	E25	25	2.45	0.75	19	-	-	55
E3	3	2.50	1.30	23	-	-	65	E26	26	2.45	1.25	18	-	-	65
E4	4	2.45	1.30	22	-	-	65	E27	27	2.42	1.25	18	-	-	65
E5	5	2.43	1.30	21.5	-	-	65	E28	28	2.45	0.75	22	-	-	65
E6	6	2.42	2.00	18	-	-	65	E29	29	2.48	1.25	23	-	-	65
E7	7	2.40	2.00	17	-	-	65	E30	30	2.40	1.90	17	-	-	65
E8	8	2.50	0.50	23	-	-	65	E31	31	2.42	1.50	18	-	-	65
E9	9	2.50	0.50	20	-	-	62	E32	32	2.45	1.00	21	-	-	65
E10	10	2.45	0.50	19.5	-	-	62	E33	33	2.50	1.70	21	-	-	65
E11	11	2.42	0.50	19.2	-	-	62	E35	35	2.42	0.75	18	-	-	65
E12	12	2.45	1.25	19.2	-	-	62	E36	36	2.45	1.60	24.5	-	-	70
E13	13	2.50	1.30	25	-	-	65	E37	37	2.45	1.50	17	-	-	65
E14	14	2.45	0.50	21.5	-	-	62	E38	38	2.50	1.00	26	-	-	65
E15	15	2.43	1.30	22.5	-	-	65	E39	39	2.50	0.95	25	-	-	65
E16	16	2.45	0.50	22.5	-	-	65	E40	40	2.42	1.25	24	-	-	65
E17	17	2.45	1.70	20	-	-	65	E41	41	2.45	1.50	32	-	-	65
E18	18	2.50	1.30	26	-	-	65	E42	42	2.50	1.50	18	-	-	65
E19	19	2.42	1.00	21	-	-	65	E43	43	2.45	1.25	20	-	-	65
E20	20	2.45	1.70	17	-	-	62	E51	51	2.45	1.60	20	-	-	65
E22	22	2.42	1.70	17	-	-	65	E52	52	2.50	1.70	29	2.19	13	65
E23	23	2.45	1.70	17	-	-	65								



Annex 2



**GENERALITÀ
GENERAL**

MOTORE

Monocilindrico 2 tempi con aspirazione lamellare e valvola C.T.S. sullo scarico.
 Alesaggio mm 56
 Corsa mm 50,6
 Cilindrata cm³ 124,63
 Rapp. di compressione a valvola chiusa 7,5:1
 Rapp. di compressione a valvola aperta 6,3:1

ALIMENTAZIONE

Aspirazione regolata da valvola a lamelle.

DIAGRAMMA DISTRIBUZIONE

TRAVASO: 124°
 SCARICO:
 A valvola chiusa 170°
 A valvola aperta 192°

LUBRIFICAZIONE

MOTORE

Mediante pompa olio a portata variabile.
CAMBIO e TRASMISSIONE PRIMARIA
 Mediante l'olio contenuto nel basamento.

RAFFREDDAMENTO

A liquido con circolazione mediante pompa.
 Radiatore di grande capacità, posto davanti al gruppo termico.

ACCENSIONE

Elettronica.
 Marca KOKUSAN
 Anticipo accensione: 14° 30' prima del P.M.S.
 (corrispondenti a mm 1 di corsa del pistone prima del P.M.S.)
 Candela tipo CHAMPION N2C
 Distanza elettrodi mm 0,5

AVVIAMENTO

Elettrico.

TRASMISSIONE

Cambio in cascata con ingranaggi sempre in presa.
 Rapporto primaria Z 20/65=1:3,250

Rapporti cambio

1° Z 11/34 = 1:3,090
 2° Z 14/26 = 1:1,857
 3° Z 17/23 = 1:1,352
 4° Z 21/23 = 1:1,095
 5° Z 23/22 = 1:0,956
 6° Z 22/19 = 1:0,863
 Rapporto secondaria Z 14/38 = 1:2,714
 Catena di trasmissione 5/8" x 1/4"

ENGINE

Single-cylinder 2-stroke engine, induction through blades and C.T.S. exhaust valve.
 Bore 2.165 in.
 Stroke 1.992 in.
 Capacity 7.602 cu.in.
 Compression ratio with closed valve 7.5:1
 Compression ratio with open valve 6.3:1

FUEL FEEDING

Intake setting by lamellar valve.

DISTRIBUTION DIAGRAM

TRANSFER: 124°
 EXHAUST:
 With 170° closed valve
 With 192° open valve

LUBRICATION

ENGINE

Through variable delivery pump.
SHIFTING and MAIN TRANSMISSION
 Through the oil contained in the engine block.

COOLING

Fluid circulation by pump.
 High capacity radiator, located in front of the thermal unit.

IGNITION

Electronic.
 Make KOKUSAN
 Ignition advance: 14° 30' before T.D.C.
 (corresponding to 0.03937 in. of piston stroke before T.D.C.)
 Spark plug type CHAMPION N2C
 Electrode gap 0.019 in.

STARTING

Electric drive.

TRANSMISSION

Cluster constant-mesh gears.
 Primary ratio Z 20/65=1:3.250

Gear ratios

1st Z 11/34 = 1:3.090
 2nd Z 14/26 = 1:1.857
 3rd Z 17/23 = 1:1.352
 4th Z 21/23 = 1:1.095
 5th Z 23/22 = 1:0.956
 6th Z 22/19 = 1:0.863
 Final drive ratio Z 14/38 = 1:2.714
 Gearing chain 5/8" x 1/4"

Annex 3

EL BANCO DE POTENCIA. LA VERDAD DEL RENDIMIENTO

Hoy día escuchamos hablar de potencia, de caballos, lo mismo en la cola del banco que bajo la marquesina que nos da cobijo mientras esperamos al autobús, igual junto a la puerta del colegio, a la salida de clase, que frente a la ventanilla de la administración de lotería, y no digamos ya en la grada del fútbol o bajo la luz cavernosa del garito de copas.



Al margen de estas conversaciones y comentarios de calle, el motorista deportivo, y muy probablemente el motorista en general, tiene bastante clara la relación directa que se establece entre la potencia de su moto y la aceleración que es capaz de desarrollar. Y en otro lado, en el llamado más oscuro, el motorista custom aprecia como nadie el par de su motor y lo relaciona directamente, hasta sentirlo en sus manos, con el poder de su moto, con su capacidad de trabajo, en términos físicos.

Ahora bien, ¿cómo se miden estas magnitudes tan abstractas? ¿Cómo se pueden dar esas cifras con centésimas de unos conceptos que no se pueden ni ver ni tocar? Bien. En este artículo vamos a tratar de descubrir y de hacer un poco más cercano ese aparato a veces misterioso, a veces mágico, en el que las fábricas y cada vez más equipos de carreras hacen las pruebas y ajustes de sus motores.

Medir la potencia

-
La necesidad fundamental por la que se crearon los bancos es clara: medir la potencia que desarrolla cada motor. Si medir es fundamental en el ámbito de la Ingeniería, también lo es en el de la Mecánica. Entendiendo por mecánica, claro está, no sólo la rama de la física, sino también la reparación y preparación de motores. Así pues, en el caso que nos ocupa, para preparar una moto buscando la mejora de sus prestaciones o, simplemente, para valorar con precisión la magnitud de las mismas, es imprescindible conocer un dato objetivo que nos permita comparar y saber si los cambios y experimentos realizados han dado su fruto.

Un banco mide básicamente Potencia y Par.

El par es la fuerza con la que giran las partes móviles del grupo termodinámico de un motor, pero dicho para entendernos, es el poder de ese motor, su capacidad para realizar un trabajo. La potencia, por otro lado, es ese poder dividido en unidad de tiempo; y para entendernos en términos motociclistas sin profundizar más allá, -como hemos dicho al principio- está directamente relacionada con la aceleración que es capaz de desarrollar nuestra moto.



Muchos mecánicos, ante la necesidad de conocer, de saber, han desarrollado una habilidad para medir a ojo las diferencias de potencia en una moto. Se subían, y se suben, en ella por ejemplo después de haber comprimido un poco la culata, y dando una vuelta lo más a fondo posible intentaban detectar si la moto realmente corría más. Sin embarco, esa sensibilidad se deshecha inmediatamente, por su tosca imprecisión, en el momento en el que se empieza a trabajar con un banco de potencia. La precisión y cantidad de datos obtenidos en un solo ensayo de un banco de potencia moderno, marean al principiante, e incluso desbordan por exceso de

información al mecánico más veterano; sin embargo ofrecen una valiosa fuente de medidas para el preparador más imaginativo.

Aunque, realmente más que medir, la verdadera razón de ser de esta máquina es la posibilidad de comparar. Un banco de potencia te permite descartar lo que no funciona y quedarte con lo que resulta verdaderamente efectivo. Utilizando simplemente el método de ensayo-error preparadores como el mismo Ten Kate (el exitoso holandés) han basado su éxito en esta fórmula con un banco de pruebas hasta el punto de tener dos personas, 8 horas al día, exclusivamente probando miles de distintas soluciones en el banco.



Con un banco de potencia, además, se pueden descubrir fenómenos tan significativos y tan importantes a la hora de poner a punto un motor, como por ejemplo el de la influencia de su temperatura interna en el rendimiento. Para hacernos una idea, un motor de 600 c.c., por ejemplo, pierde del orden de 5 CV con cada 10 grados más de calor en sus interioridades.

¿Qué sensores utiliza un banco de potencia?

Pues, básicamente, un pick up para medir las r.p.m., una sonda lambda para medir la mezcla y otro sensor de velocidad colocado en el propio rodillo.

TIPOS DE BANCO DE POTENCIA

Existen hoy día dos tipos de bancos de potencia: Los estacionarios y los inerciales.

El banco estacionario consta de un rodillo de mínima inercia adosado a un sistema de absorción de energía (normalmente un freno eléctrico). Este freno eléctrico, controlado mediante software, permite estabilizar la moto al régimen del motor que deseemos durante un largo tiempo. Esta facilidad suele ser utilizada para hacer pruebas en el desarrollo de nuevos modelos. Con este tipo de bancos se realizan ensayos de durabilidad de materiales, consumos y desgastes de piezas. Los fabricantes de motocicletas, de cilindros, de motores y los centros de homologación, son los principales usuarios de estos bancos, que, por otra parte, tienen un elevado coste de adquisición.

Independientemente de ese freno eléctrico que estabiliza el motor, un banco puede montar otro freno sobre el rodillo, con el exclusivo fin de detener el giro del rodillo y de la rueda de la moto.

El banco inercial, en cambio, es el preferido de preparadores, talleres y equipos de competición, ya que es el más indicado para medir las prestaciones absolutas. De esta forma, permite hacer comparaciones entre diferentes estados del motor o con distintos componentes. Como su propio nombre indica, consta de un rodillo con una determinada inercia medida; un rodillo que acelera directamente la rueda trasera de la moto en contacto directo con él. El rodillo gana velocidad por unidad de tiempo, una relación medida por el banco en cada instante mientras el programa informático calcula el trabajo necesario para mover la inercia del rodillo a esa velocidad y en ese tiempo. De esa forma calcula la potencia a la rueda que desarrolla la moto.



Por otro lado, se suele hablar indistintamente de potencia a la rueda y de potencia del motor, sin hacer distinción entre ambas, cuando en la realidad existe una

diferencia, dependiendo de las transmisiones en cada motor, de entre un 6 y un 8% al hablar de una potencia u otra.

Hemos visto cómo se calcula la potencia neta a la rueda de un motor, la potencia que aplica sobre el rodillo. Pero ¿cómo se calcula la otra potencia, quizá la más comúnmente utilizada, la potencia al embrague?

Pues se realiza un ensayo en pérdidas; es decir: cortando gas y cogiendo el embrague en el justo momento de corte de encendido, dejando que entonces el programa calcule la potencia negativa generada por el movimiento de la transmisión, y se la suma a la positiva en el régimen donde se halla la potencia máxima. De esa forma se consigue el dato de la potencia total al embrague.

Muy extendidos, pero poco unificados.

El uso de los bancos de potencia se ha extendido, por todos los países y también, desde luego, por toda la geografía española. Sin embargo, aún existe un gran vacío, en general, en el conocimiento del funcionamiento de estas máquinas, en cuáles son sus fundamentos físicos y en qué proceso siguen hasta presentar los datos en la pantalla. ¿Es el banco una herramienta tan normalizada y reglada como, por ejemplo, el propio sistema métrico decimal? ¿Miden todos los bancos de la misma manera y con idénticos resultados? ¿Por qué no se consiguen los mismos resultados entre los diferentes bancos de potencia? ¿Por qué la mayoría de las veces no se consiguen los mismos valores que los declarados por los fabricantes en su publicidad?

Intentemos arrojar algo de luz sobre esta confusión de medidas tan común y extendida.



Las primeras diferencias aparecen ya, prácticamente, en el principio, en la propia definición de las magnitudes dada en distintas regiones del globo. Los alemanes, pioneros en la fabricación de bancos en Europa, empezaron originariamente a medir la potencia en caballos de fuerza (PS= Pferdestärke), mientras que los ingleses, por su lado, lo hacían en lo caballos de vapor (HP, horsepower) del sistema imperial, que siendo casi lo mismo, no son iguales (1 PS = 0.9858 HP). Primeras diferencias entre bancos alemanes y bancos anglosajones.

Aunque la mayoría de los bancos que se venden en Europa utilizan la norma ISO 1585 (internacional), existen otras aparte, tan utilizadas o incluso más, como por ejemplo la SAE J1349 (Americana), la DIN 70020 (Alemana) y la JIS D1001 (Japonesa). Las normas tratan de estandarizar y redactar las reglas con las que se rigen los ensayos, pero cada región del planeta tiene las suyas. En el caso de la ISO 1585, busca una compensación teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas y la cilindrada del vehículo ensayado. El software del banco de potencia compensa y permite que dos personas con el mismo banco, con la misma moto puesta sobre él y en lugares de clima completamente distintos, obtengan resultados próximos que puedan ser comparados y contrastados. Así se puede observar que una moto ensayada al nivel del mar, pueda obtener los mismos valores que si fuese probada a 1000 metros de altitud, a pesar de que a esa segunda altitud cualquier motor de explosión pierde rendimiento.

El caso de la compensación por cilindrada resulta bastante más complejo: El software cuenta con el dato de la inercia del rodillo, que es fijo y conocido, y la de todas las partes móviles que giran dentro del motor de la moto, un dato ciertamente muy difícil de calcular y distinto en cada moto, por lo que se toma un valor estándar para cada cilindrada, con el margen que esto abre, porque a nadie se le escapa que un motor 4 en línea de 600 tiene una inercia muy diferente que la de un monocilíndrico de ese mismo cubicaje. Estos valores, en definitiva, se obtienen de forma matemática y empírica por cada fabricante, con lo que ya tenemos la primera gran diferencia que puede existir entre las distintas marcas al ofrecer los datos de rendimiento de sus motores.

Si a esto le añadimos que no todas las normas de los diferentes países siguen las mismas pautas, resultará fácil comprender, por ejemplo, por qué las motos japonesas salen al mercado anunciando siempre unas potencias que casi nunca alcanzan al probarlas en Europa. Los bancos japoneses son diferentes, pero además de ello las tácticas de los fabricantes nipones hacen sus pruebas de homologación en unas condiciones tan especiales, que resulta imposible en la realidad. Para homologar la potencia de un nuevo modelo, prueban un motor montado fuera de la serie, casi de una manera artesanal, optimizando todos sus ajustes, consiguiendo así el equilibrado ideal del mismo. Además de esto, lo lubrican con un aceite de muy baja viscosidad y en cantidad muy exigua, buscando minimizar al máximo los rozamientos. Después, una vez en el banco de homologación, ya sólo queda hacer un ensayo a una temperatura a la que un propietario jamás te atreverías a abrir el gas a fondo de su moto. Y listo. De esa forma obtienen esos caballos de más que se suelen declarar en las deportivas niponas. Son ciertos, reales, pero nunca utilizables por el usuario.



De otra parte, también es cierto que uno se puede encontrar con bancos que ofrecen directamente esos mismos valores fabulosos de homologación. Efectivamente, algunas marcas de bancos, presionadas por sus clientes, y éstos a su vez por los usuarios que se sienten estafados en cierta medida, recurren a apañíos en el software para inflar los valores y acercarlos aparentemente a los de homologación. Otros fabricantes de bancos, para no verse directamente implicados en estos arreglos, dejan abierta la posibilidad de modificar ciertos parámetros de la configuración de los programas –como por ejemplo el dato de la inercia del rodillo-. Así sus clientes que se sientan presionados por esos valores anunciados por el fabricante correspondiente, puedan cambiar las medidas y elevar las cifras obtenidas hasta acercaras o igualarlas con las publicitadas.

Visto todo esto, es fácil comprender por qué las motos europeas suelen rendir en cualquier banco unas cifras mucho más próximas a los valores de catálogo, homologados en bancos del Viejo Continente con la norma ISO, la misma que luego usan la mayoría de los bancos europeos.

DE LA PASIÓN A LA RAZÓN

El banco de pruebas se está convirtiendo en ese paso obligado para el preparador apasionado y para el mecánico experimentado, no solo por la facilidad de probar la moto sin juártela en la pista o incluso en la ruta, y es que ahora, muchos de ellos se están dando cuenta también de que un buen afinamiento y puesta a punto sobre el rodillo, significan muchas décimas en el circuito.

Para realizar este reportaje ilustrativo hemos contado con la inestimable colaboración de Antonio Maeso, el bravo piloto que ha quedado como nuestro único e incombustible representante en el Tourist Trophy de la Isla de Man. Su labor comercializando los bancos HHM Bancos de Potencia es la base que le financia año tras años su participación en la histórica carrera británica. Después de darnos toda serie de explicaciones y orientaciones sobre los bancos de potencia, Antonio Maeso nos comenta:

"He hecho cientos de pruebas en banco, y volviendo la vista atrás, puedo decir que cuando empecé a preparar motores no tenía ni idea de hacerlo. El banco me ha enseñado mucho, me ha enseñado a ser paciente, riguroso y estudioso, porque la mayoría de las cosas que se ensayan dan resultados negativos, lo que habla a las claras del buen hacer de los ingenieros de las marcas, sacando productos altamente conseguidos. Todavía recuerdo hace años como tuve que descartar muchas de las antiguas teorías sobre preparación de motores de 2T, y aprender otras muchas que ni se me habían pasado por la cabeza, todo gracias a esta máquina que me ayudó a aprender, y que lo sigue haciendo.



Como piloto y amante de la mecánica de competición, el Banco de Potencia es uno de los descubrimientos más extraordinarios que jamás he visto. Parece mentira lo importante que puede llegar a ser un solo caballo de potencia, pero realmente para el que se ha colocado alguna vez a rebufo no creo que haga falta explicarlo. Para mí, la rigurosidad, la exactitud y los resultados que se obtienen utilizando un banco son algo maravilloso y que hace del mecánico un auténtico artista de la modificación y la puesta a punto.

Por último, quizá tengamos una idea demasiado cara de lo que pueda costar una máquina tan sofisticada y que, como hemos tenido ocasión de leer, ofrece un rendimiento y unos resultados tan apreciados. No es así. Los precios, por ejemplo, de los bancos HHM Bancos de Potencia, con todos sus componentes de fabricación española y comercializados por Antonio Maeso, varían según el modelo de la siguiente forma:

El banco fijo que aparece en las fotos tiene un precio de 9.000€.

Por otra parte, Antonio Maeso, ha hecho una adaptación del mismo dentro de un camión que lleva tanto a las tandas libres y carreras que se celebran en los circuitos así como a las concentraciones más relevantes del país.

Autor: Tomás Pérez
Director de la Escuela MPM

Con la inestimable colaboración de **Antonio Maeso**, nuestro piloto representante en la Isla de Man