

# ESTUDI DE LA POSSIBLE MILLORA DE LA POTÈNCIA D'UN MOTOR DE MOTOCICLETA DE 250 C.C. I DE 4 TEMPS EN FUNCIO D'ELS SISTEMES D'ADMISSIÓ, D'ESCAPAMENT I DE REFRIGERACIÓ.

Miquel Hurtado Trilla

Treball Final de Grau en Enginyeria Mecànica. Departament de Mecànica de Fluids  
Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (UPC)

**Resum:** A partir d'un bastidor dissenyat (i fabricat) per l'equip de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG Racing Team), es proposa la posta en marxa del motor proporcionat per MotoStudent<sup>1</sup>, el corresponent muntatge en el bastidor i el posterior estudi de la possible millora de la potència del motor. Les bases d'aquesta competició impedeixen fer modificacions internes en el propi motor ja que porta diversos precintes, per tant les modificacions per a intentar millorar la potència s'efectuaran mitjançant:

- El sistema d'admissió (es provaran diversos sistemes d'admissió).
- El sistema d'escapament (es provaran diverses llargades de col·lectors i si cal la instal·lació de silenciós).
- El sistema de refrigeració (es provarà el radiador amb i sense termòstat).

Per fer l'estudi, partirem de la situació inicial en el que el sistema d'admissió serà amb un filtre d'aire cònic, el tub d'escapament complet i un radiador amb termòstat. L'objectiu d'aquest projecte serà establir els sistemes d'admissió, d'escapament i de refrigeració que donin un òptim funcionament del motor SHERCO 250i-r. A més a més, també caldrà fer càlculs per a triar el sistema de transmissió més adequat i cercar tots els components que facin falta per a la corresponent posta en marxa i que a més s'adaptin al prototip. Un banc de potència dinamomètric inercial ens permetrà quantificar els canvis en el rendiment del motor i permetrà quantificar aquests objectius.

Els resultats obtinguts han estat molt favorables, però no es pot tenir una referència exacta ja que la potència que ens dona el fabricant està mesurada directament en l'eix del cigonyal del motor i el nostre banc de potència ens la dona a la roda. Tot i així, la potència màxima donada pel fabricant és de 37,85 CV i l'obtinguda en el banc de potència de 35,00 CV. Aquesta diferència del 7,5 % s'atribueix a causa de les pèrdues en l'embragatge i la transmissió.

En quant a la fiabilitat del motor, no ha donat cap problema, passant les proves en el banc sense detectar-se anomalies.

D'altra banda, l'organització limita el soroll emès pel tub d'escapament a 115dB a 5.500 rpm, havent obtingut un valor màxim de 110 dB a 5.500 rpm en el present estudi.

El pressupost de l'estudi ha estat de 9749,5 € (IVA inclòs).

<sup>1</sup> És una competició de motociclisme en l'àmbit universitari on participen diferents equips de tot el món, on prèviament cada equip ha de dissenyar i fabricar una motocicleta de competició de 250 cc.

## I. OBJECTIUS

El present treball fi de grau té com a objectius la posta en marxa i l'estudi de la possible millora de la potència d'un motor SHERCO 250i-r. Aquest és un motor de gasolina de quatre temps DOHC monocilíndric de 4 vàlvules. Procedeix d'una motocicleta d'enduro matriculable per a circular per la via pública. Es tracta doncs d'un motor estrictament de sèrie al qual se li aplicaran modificacions externes per tal d'augmentar al màxim la seva potència i rendiment.

La finalitat principal d'aquest projecte és l'aprenentatge i la millora de la potència del motor de la motocicleta de l'equip *EPSEVG Racing Team* per tal de poder marcar la diferència amb la resta dels equips participants en una competició entre universitats de tot el món a celebrar el proper mes d'octubre de 2014 al circuit de Motorland Aragó. No només va destinat al nostre equip, també va destinat a futurs estudiants de la EPSEVG que participin en altres edicions de MotoStudent en el futur i necessitin una guia per a la posta en marxa i preparació del motor per a la competició. Per a tots aquells que vulguin guanyar alguns CV de potència en el seu motor de sèrie i participar en alguna cursa en que la potència del motor sigui important, però també la mecànica i la fiabilitat de la moto.

Els objectius particulars que es vol assolir amb la realització d'aquest projecte són:

- L'estudi del funcionament d'un motor de quatre temps monocilíndric i dels elements que produeixen el seu funcionament.
- Fixar una metodologia a l'hora de muntar i de fer la posta en marxa d'un motor de quatre temps en un banc de treball i posteriorment en el xassís de la motocicleta.
- La fabricació d'un tub d'escapament pel motor SHERCO, doncs com ja s'ha comentat abans és d'enduro i no existeix cap col·lector en el mercat per tal de que el tub d'escapament vagi per sota del motor.
- La interpretació dels resultats obtinguts en un banc de potència i comparació amb els proporcionats per la fàbrica SHERCO.
- Elecció de les peces i components que proporcionaran la màxima potència a la motocicleta.

## II. INTRODUCCIÓ

Com amant del món del motor, i en concret del món de les motocicletes vaig decidir profunditzar de manera més tècnica i pràctica els coneixements adquirits durant els estudis de Grau.

La motocicleta és un dels vehicles més empleats en l'actualitat.

La seva lleugeresa i la sensació que proporciona de llibertat i velocitat és un dels motius. Les motocicletes es caracteritzen a més a més per un especial sentiment d'atracció dels seus propietaris cap a elles, que en molts casos, més que usuaris, són fanàtics de les seves muntures, a les que dediquen un tracte especial i per les que arriben a sentir-se identificats sense cap semblança en cap altre sector.

Les dificultats de treballar en un equip amb moltes persones ha fet que ens distribuïm en grups amb diferents tasques a desenvolupar dins l'equip i que cada grup es formi més específicament en un aspecte. Hem decidit que m'encarregui de la posta en marxa del motor i la millora del seu rendiment.

Per a participar en una cursa de velocitat, com és el nostre cas, la organització proporciona a tots els equips el mateix motor amb el cilindre i en la culata precintats, de tal manera que els equips no puguin desmuntar-los. Per tant, si volem exprimir al màxim el rendiment del motor farà falta treballar amb elements secundaris com ara el sistema d'escapament, el d'admissió i el de refrigeració.

### III. MOTOSTUDENT

MotoStudent és una competició de motociclisme promoguda per la Fundació Moto Engineering Foundation (en endavant MEF) en l'àmbit universitari, que dona lloc a un desafiament entre equips de diferents universitats d'arreu del món. Cada equip ha de dissenyar i fabricar un prototipus de motocicleta de competició de 250 centímetres cúbics per a la seva posterior avaluació a les instal·lacions de Motorland Aragó.

Com membre d'un equip d'estudiants de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG) amb interessos en el sector del motociclisme, ens va semblar una oportunitat ideal per a poder entrar en aquest món i aplicar els coneixements i habilitats que ja teníem i els que hem adquirit durant aquests anys d'estudis de Grau a l'EPSEVG. A l'edició d'enguany de MotoStudent serà l'any de debut de l'EPSEVG a aquesta competició, la qual ofereix una oportunitat per donar a conèixer la nostra Escola a nivell nacional i internacional.

Pel propòsit d'aquesta competició, l'equip s'ha de considerar integrat en una empresa fabricant de motocicletes de competició que ha de desenvolupar i fabricar un prototipus amb uns condicionants tècnics i econòmics. Aquesta competició és un repte per a tots els equips, que en un període de tres semestres han de demostrar i desenvolupar la seva capacitat d'innovació i habilitat d'aplicar directament les seves capacitats com a enginyers per arribar a ser els millors.

MotoStudent permet als equips la màxima flexibilitat per dissenyar, amb molt poques restriccions en la presa de decisions del disseny general de la motocicleta, de manera que els vehicles o projectes que participen en la competició han de complir amb un mínim de requeriments de seguretat i dimensions en les àrees designades.

El desafiament per als equips és desenvolupar una motocicleta que sigui capaç de passar amb èxit tots els tests i proves al llarg de la Competició. MotoStudent aporta als equips l'oportunitat de posar a prova i demostrar les seves aptituds en enginyeria, creativitat i habilitats empresarials en competició contra altres universitats d'arreu del món.

Tots els equips compten amb els mateixos components (motor, rodes, suspensions i frens) per a poder d'aquesta manera fomentar l'enginyer de cada equip per introduir idees noves que es puguin aplicar tant en motocicletes de competició com en motocicletes de carrer.

El maig de 2013 l'equip EPSEVG Racing Team es va consolidar com a primer equip que representaria l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú en la competició de MotoStudent. L'equip està format per 13 membres: 8 estudiants del Grau en Enginyeria Mecànica, 2 estudiants del Grau en Enginyeria de Disseny Industrial i 3 estudiants del Grau en Enginyeria Elèctrica. Aquesta competició era una ocasió única per a enriquir el nostre Treball Final de Grau i una experiència única per aprendre i col·laborar en diferents tasques generals del projecte i que en un futur proper ens podem veure involucrats com ara: recerca de patrocinadors, posar-li nom a l'equip, disseny de xassís, recerca de peces i de proveïdors ...



**Fotografia 1.** Integrants de l'equip EPSEVG Racing Team

Un cop creat l'equip es va fer un llistat amb totes les tasques necessàries que s'havien de dur a terme per tal de dissenyar i construir una motocicleta de competició i que serviria com a Treball Final de Grau a nivell individual.

Com que sempre he estat relacionat amb el món de les motocicletes i sempre m'ha agradat muntar i desmuntar motors se'm va assignar la part relacionada amb el motor, d'aquí que aquest Treball Final de Grau estigui relacionat amb la posta a punt del motor de 4 temps de la motocicleta.

La competició de MotoStudent es compon de diferents fases. Perquè les motos i projectes puguin participar en la competició hauran de complir els requisits previs de resistència, seguretat i funcionament. Els equips que superin aquests requisits passaran a competir en la fase MS1.

Les motos hauran de superar una sèrie de proves en banc per donar una garantia de robustesa, fiabilitat i seguretat abans de donar pas a les proves en pista:

- Prova de resistència de xassís
- Prova de frenada en banc de rodes.
- Prova de sorolls

Es realitzarà una verificació dinàmica de funcionament que consistirà en una prova d'arrencada i parada i de maniobrabilitat a dretes i esquerres .

Les verificacions prèvies realitzades no seran puntuables per a la competició, però poden ser excloents si es determina alguna irregularitat d'acord amb el reglament establert o per motius de seguretat .

La competició no només s'implica en l'àmbit tècnic (disseny, construcció i millora del rendiment segons les restriccions de la normativa de MotoStudent) sinó que també implica un aspecte econòmic i un projecte industrial.

Tant la motocicleta com el projecte industrial seran jutjats i avaluats en una sèrie de diferents proves, dividides en dues fases, anomenades MS1 i MS2, un cop superades les verificacions tècniques prèvies esmentades.

#### IV. COMPONENTS DE PARTIDA SUBMINISTRATS PER L'ORGANITZACIÓ MOTOSTUDENT

Per tal de donar un punt de partida i establir en certa manera uns marcs per a que no hi hagi molta desigualtat entre equips fent referència a material, l'organització proporciona un kit de material amb l'objectiu de poder avaluar el millor prototipus en quant a disseny i fabricació.

Aquest kit proporcionat per l'organització també facilita un punt comú de partida per a tots els equips, de tal manera que els equips puguin començar el seu prototipus amb uns elements comuns i que el dia de la cursa hauran de portar. Els components d'ús obligatori van etiquetats amb un holograma identificat amb el logotip de la competició. El kit de material Motostudent subministrat per l'organització està format per:

- Unitat motriu:
  - Motor SHERCO 250i-r de 248,5 cm<sup>3</sup>
  - Cos d'injecció
  - Barra empenyedora d'embragatge hidràulic
  - Lleva de canvi de velocitats
  - Filtre d'oli
- Forquilla davantera, tija inferior i eix de direcció.
- Amortidor posterior amb molla.
- Llantes davantera i posterior de 17".
- Pneumàtics de competició davanters i posteriors.
- Components del sistema de frenat. Maneta de fre davant+ bomba, bomba de fre posterior, pinces davanteres i posteriors.



Fotografia 2. "Kit de material Motostudent"

El motor subministrat per l'organització és un Sherco 250i-r i que tots els equips hauran de portar el dia de la competició. És un motor d'enduro amb orígens en la motocicleta del pilot Fabien Planet per al Campionat del Món del 2013. Aquest motor va muntat en la Sherco 250SE a la venda en concessionaris i és considerat per molta gent com el millor motor d'enduro. Es caracteritza per un bloc de "carrera llarga", amb un gran rendiment a baix i mig règim i amb l'objectiu de reduir el fre motor característic dels motors 4 temps.



Fotografia 3.  
Motor Sherco  
250i-r

#### V. RECERCA I ESTUDI DE COMPONENTS ADDICIONALS PER A DUR A TERME EL TREBALL

Un cop rebut el material proporcionat per l'organització, aquest no era suficient per a la posada en marxa del motor, així doncs, es va fer un llistat del que ens faria falta:

##### 1. Part elèctrica:

- Unitat de Control Electrónica (ECU)
- Instal·lació elèctrica Racing SHERCO
- Botó de tall d'encesa
- Regulador
- Relé d'arrencada
- Sensor de temperatura d'aire
- Sensor temperatura d'aigua
- Part elèctrica del puny de gas
- Bugia i pipa de la bugia.
- Bateria

##### 2. Part mecànica:

- Dipòsit i bomba de benzina
- Puny de gas
- Sistema d'admissió
- Sistema de transmissió
- Sistema de refrigeració
- Sistema d'escapament
- Lubricant

Pel muntatge de tots els elements s'ha seguit l'esquema de la instal·lació elèctrica facilitat en l'Annex A.7.6.

Els elements que ens podran fer guanyar velocitat i/o potència en el nostre prototipus són els que hem estudiat i els veurem en més detall a continuació en els Apartats VI a IX.

Per a poder fer l'assaig del motor en el banc de proves s'havia de disposar del xassís que tenia de dissenyar i construir l'equip EPSEVG Racing Team. Donat que la construcció del xassís no estava feta, per a poder fer l'experimentació es va optar per comprar un xassís de segona mà d'una motocicleta Yamaha la qual tenia llantes i pneumàtics de les mateixes característiques que els subministrats per l'organització.

#### VI. SISTEMA DE TRANSMISSIÓ

El sistema de transmissió és el conjunt de peces encarregat de transmetre moviment del motor cap a la roda posterior. Podríem connectar directament l'eix del cigonyal a la cadena secundària o a la roda, ara bé, la velocitat obtinguda i la potència no seria la mateixa. Els elements encarregats de transformar la força de l'eix a la roda de forma efectiva són:

- **Transmissió Primària:** Aquesta part de la transmissió està formada per tots els elements que s'encarreguen de transmetre el moviment del cigonyal a l'embragatge.

L'embragatge porta una roda dentada d'un nombre de dents superior a la del pinyó de sortida del cigonyal, això provoca una desmultiplicació, és a dir, una disminució de la velocitat de gir de l'eix que rep el moviment (embragatge) respecte al que el genera (cigonyal).

Hi ha dos tipus de transmissió primària: per cadena, on els eixos del cigonyal i embragatge giraran cap al mateix sentit, o per engranatge, que giraran en sentit oposat.

En el nostre cas la transmissió primària serà per engranatges amb una relació de 21:70. Aquest factor no el podem modificar ja que l'organització ha col·locat uns precintes per

tal d'assegurar que cap equip obri el motor.

- **Embragatge:** L'embragatge usat en aquest projecte és un multi-disc en bany d'oli i comandament hidràulic. El sistema d'embragatge multi-disc és un tipus d'embragatge més silenciós i amb menys desgast que els sistemes convencionals. És un sistema format per uns discs de ferodo i uns altres de metàl·lics, el conjunt d'aquest paquet de multi discs fa que el moviment del motor passi al sistema de transmissió. Com que està constituït per molts discs, uns 8 de forma intercalada poden ser de menors dimensions i complir perfectament amb la seva feina. Si fos només un disc hauria de ser tres vegades mes gran i això es inviàble en el nostre motor.

Gràcies a la lubricació de l'oli, el seu desgast és molt inferior al d'un sistema de funcionament en sec, tot i que el seu rendiment és una mica millor.

El motor proporcionat per la organització ja porta els discs d'embragatge, només cal inserir la barra d'empenta i tot el sistema hidràulic format per: bombí, cablejat, maneta i bomba. Un cop realitzades les connexions s'ha inserit oli hidràulic mineral DOT4 en el sistema.

- **Canvi de velocitats:** El canvi de velocitats s'encarrega d'anar sumant desmultiplicacions al moviment del cigonyal per poder arribar a una velocitat elevada en un règim acceptable del motor. Les successives desmultiplicacions s'aconsegueixen engranant pinyons de diferent nombre de dents. Es defineix l'anomenada "Relació de transmissió" que no és més que el quocient entre el nombre de dents del pinyó conduït i el nombre de dents del pinyó conductor, aquesta relació indica el nombre de voltes que ha de donar el pinyó conduït perquè el conductor faci una volta completa.

El canvi de marxes del motor Sherco és de 6 pinyons amb una relació de:

1ª → 14:33  
 2ª → 17:30  
 3ª → 19:28  
 4ª → 21:26  
 5ª → 23:24  
 6ª → 25:22

L'única cosa que es pot muntar i modificar en aquest apartat és la palanca de canvis. Hi ha dos tipus de muntatge o disposició de la palanca de canvis, la normal i que usen totes les motocicletes de carrer en que la primera velocitat està accionant la palanca cap a baix i la resta de velocitats cap a dalt, o la invertida que només la munten les motocicletes de competició i que és al contrari. S'ha decidit muntar aquest darrer tipus de canvi perquè el circuit té moltes corbes ràpides i en especial la d'entrada a la meta que sempre precisa pujar una marxa. Si muntem el canvi de marxes normal no podríem pujar de marxa ja que hauríem de posar el peu per sota la palanca i amb la inclinació de la motocicleta degut a la corba, el peu toca a terra i no es pot realitzar el canvi fins que la inclinació no sigui tan pronunciada. Amb el canvi invertit el peu es posa per d'amunt de la palanca, fent així possible el canvi i augment de la velocitat.

- **Transmissió Secundària:** La transmissió secundària és l'encarregada de transmetre el gir del motor, un cop ha estat desmultiplicat per la caixa de canvis, a la roda posterior. Està formada d'un pinyó davanter solidari a l'eix secundari del canvi i una corona solidaria a l'eix de la roda posterior. Els dos engranatges es poden connectar mitjançant diferents

tipus de transmissió com ara cadena, cardan, corretja o transmissió directa. Cal tenir en compte que aquests sistemes transmeten tota la potència del motor a la roda posterior, per tant han d'estar sempre en perfectes condicions per a poder aprofitar el màxim rendiment de parell motor amb la menor quantitat de pèrdues mecàniques.

El sistema de transmissió secundària muntat en la Sherco 250 SE és per cadena amb pas de 520 mm, un pinyó de 13 dents i una corona de 48 dents. Cal tenir en compte que aquestes característiques són per a fer enduro, és a dir, la moto amb aquest kit de transmissió tindrà molta força i en poc temps agafarà la seva velocitat màxima. Un dels requisits imprescindibles per a córrer al circuit de Motorland és tenir velocitat punta. Per tal de fer els pertinents estudis teòrics sobre la velocitat teòrica que pot arribar a desenvolupar el prototip s'ha usat un calculador de relacions finals proporcionat per Gassattack [5]. El calculador és una taula on s'ha d'introduir la relació primària, les relacions de canvi de primera a sisena, les dades del pneumàtic posterior i els dents de la corona i del pinyó (veure Taula 1).

Constantes	
Relación primaria	3,33
Radio rodadura	296,400
Relación interna de cambio	
Relaciones de cambio	
Primera	2,36
Segunda	1,76
Tercera	1,47
Cuarta	1,24
Quinta	1,04
Sexta	0,88
Datos del neumático trasero	
Anchura de rueda	115
Perfil de neumático	70
Llanta	17

**Taula 1.** Dades introduïdes al calculador de relacions Gassattack [5]

L'únic punt on la velocitat punta de la motocicleta i l'acceleració poden variar és canviant el pinyó de sortida i la corona. Finalment s'ha decidit muntar un pinyó de 13 dents i una corona de 37 dents. Els resultats obtinguts són els següents:

Corona	Pinyon		Velocidad (km/h) en cada marcha					
37	13	2.846	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta
Engine Speed (rev/min)	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta		
1000	5,0	6,7	8,0	9,5	11,3	13,4		
2000	10,0	13,3	16,0	19,0	22,6	26,8		
3000	15,0	20,0	24,0	28,5	33,9	40,2		
4000	20,0	26,7	32,0	38,1	45,1	53,5		
5000	25,0	33,4	40,0	47,6	56,4	66,9		
6000	30,0	40,0	48,0	57,1	67,7	80,3		
7000	35,0	46,7	55,9	66,6	79,0	93,7		
8000	40,0	53,4	63,9	76,1	90,3	107,1		
9000	45,0	60,1	71,9	85,6	101,6	120,5		
10000	50,0	66,7	79,9	95,1	112,9	133,8		
11000	55,0	73,4	87,9	104,6	124,2	147,2		
12000	60,0	80,1	95,9	114,2	135,4	160,6		
12200	61,0	81,4	97,5	116,1	137,7	163,3		
12400	62,0	82,8	99,1	118,0	140,0	166,0		
12600	63,0	84,1	100,7	119,9	142,2	168,6		
12800	64,0	85,4	102,3	121,8	144,5	171,3		
13000	65,0	86,8	103,9	123,7	146,7	174,0		
13200	66,0	88,1	105,5	125,6	149,0	176,7		
13400	67,0	89,4	107,1	127,5	151,2	179,3		
13600	68,0	90,8	108,7	129,4	153,5	182,0		

**Taula 2.** Velocitats màximes per marxes i revolucions amb corona de 37

Amb una corona de 37 dents la velocitat màxima teòrica que la motocicleta arribarà serà de 180,35 km/h.

Si el que es pretén és augmentar la velocitat s'haurà d'instal·lar una corona amb menys dents o un pinyó amb més dents, per contra, si el que es vol és guanyar força caldrà d'instal·lar una corona amb més dents o un pinyó amb menys dents.



## VII. SISTEMA D'ESCAPAMENT

El tub d'escapament s'ha fet tot de forma artesanal perquè el sistema d'escapament original de la motocicleta passava per sobre del motor, és a dir, com qualssevol motocicleta de muntanya per tal de guanyar més alçada i que el tub no s'abonyegui amb les pedres. Com que el que ens interessa a nosaltres és baixar el centre de gravetat i allunyar del motor la calor que desprèn, s'ha decidit que passi per sota del motor com totes les motocicletes de velocitat. L'únic requisit que ha de superar el sistema dissenyat és que a 5.500 rpm no superi els 115 dB. L'organització no posa cap requisit respecte a les emissions contaminants del motor.

Un bon tub d'escapament ha de desallotjar el més ràpidament possible els gasos cremats de la cambra de combustió en situacions de màxim règim de gir. Les pèrdues de càrrega per fricció augmenten amb la velocitat del fluid al quadrat i són inversament proporcionals al diàmetre, per tant, per a minimitzar al màxim les pèrdues cal tenir en compte el diàmetre del tub. Si les pèrdues de càrrega són elevades, la contrapressió d'escapament augmenta, perjudicant el procés de renovació de càrrega. Finalment, els colzes i altres dificultats que s'oposin en el col·lector al flux dels gasos s'han de suavitzar al màxim.

L'escapament és espontani des de que s'obre la vàlvula d'escapament fins que el pistó arriba al PMI, produint una perturbació de pressió que circula pel conducte d'escapament. Seguidament s'inicia la cursa d'escapament del motor i el pistó empeny els gasos cremats cap a l'exterior. Abans de que el pistó arribi el PMS s'obre la vàlvula d'admissió, coincidint amb la vàlvula d'escapament en el període d'encreuament. En aquest moment interessa crear una certa depressió en el cilindre que extregui els últims gasos residuals i faciliti la ràpida acceleració de la columna de gas fresc per la vàlvula d'admissió. Aquest efecte l'aconsegüem si l'ona de depressió arriba just en aquest moment.

Per tal de que l'ona de depressió arribi just en el moment en que les dues vàlvules es trobin obertes nosaltres només podem incidir en la longitud del conducte d'escapament. Al ser la velocitat aproximadament constant, la longitud és equivalent al temps, i el temps des de que surt l'ona fins a que torna en el moment correcte només es donarà en un cert règim. Quan s'aconsegueix aquest fenomen es pot dir que *l'escapament està sintonitzat* per aquell règim de gir determinat. Diem que *l'escapament està sintonitzat* per un règim de gir determinat perquè la velocitat de les ones és gairebé constant, però el règim de gir del motor varia. D'aquesta forma, pel règim de revolucions determinat l'ona arribarà en el moment en que les dues vàlvules es troben obertes i l'extracció de gasos serà la adequada. Si el règim augmenta o disminueix, ja no es trobaran obertes les dues vàlvules.

El disseny de l'escapament en un motor de 4T no és crític pel bon funcionament del motor, sense ser menyspreable, excepte per a motors molt ràpids amb un gran creuament de vàlvules. La longitud de l'escapament es pot calcular per que l'ona reflectida arribi al cilindre en el moment adequat. Amb aquesta longitud el motor funcionarà amb la màxima eficàcia pel règim de gir dimensionat, però en altres règims no resultarà tan adequada.

Pel càlcul de la longitud del tub d'escapament fins al primer colze (L: m) s'ha emprat la següent fórmula empírica [3], obtenint així diferents longituds segons el règim de gir òptim que triem. En aquesta equació  $\alpha = 104^\circ = 1,81514$  rad (angle que roman oberta la vàlvula d'escapament),  $C_{pr} = 451$  m/s (velocitat de l'ona) i "n" és el règim de gir (rpm ó  $\text{min}^{-1}$ ):

$$L = \frac{60 \cdot \alpha \cdot C_{pr}}{4\pi \cdot n}$$

Optimitzarem el nostre tub d'escapament en règims de 12.000 rpm i 13.000 rpm, aquestes són les més usuals del funcionament del motor i on el motor donarà gairebé el màxim. Si agaféssim 13.500 rpm, quan el tub treballés en el seu punt òptim, just tallaria injecció. Això implica unes longituds de tub d'escapament (fins al primer colze) a 12500 rpm de 31,3 cm.

La longitud trobada anteriorment no es pot efectuar ja que el tub tocaria amb la roda davantera. Així doncs, s'ha demanat la mida al fabricant de la motocicleta de carrer i no ens l'ha volgut proporcionar. Finalment, un venedor particular ha deixat prendre aquesta mesura sent de 18,7 cm. Un cop mesurada la longitud del tub d'escapament fins al primer colze, necessitem saber el diàmetre adequat dels conductes d'aquest. Per a calcular el diàmetre del tub d'escapament ( $\varnothing$ ) farem servir l'equació:

$$\varnothing = 2 \cdot \sqrt{\frac{Vt}{L \cdot \pi}}$$

Per una cilindrada total  $Vt = 248,47 \text{ cm}^3$  s'obté  $\varnothing = 4,11$  cm.

Per a la fabricació del col·lector d'escapament es va partir de 5 tubs amb diferents corbes i un diàmetre exterior de 42 mm, un diàmetre interior de 38 mm i un gruix de 2 mm. La sortida de la tovera d'escapament és de 38 mm, així doncs podem dir que les ones de ressonància no es veuran afectades geomètricament quan surtin de la tovera i arribin al tub.



Fotografia 4. Tub d'escapament del projecte

Pel que fa a la normativa, exigeix complir un cert nivell màxim de soroll, en concret 115 dB a 5500 rpm. Aquesta condició obliga la col·locació d'un silenciador a la sortida dels gasos d'escapament. El silenciador que s'ha triat és d'una Husqvarna de Supermotard<sup>2</sup> de competició, amb un diàmetre d'entrada de 38 mm i de segona mà per tal de reduir costos. Aquest és un silenciador d'absorció amb un tub interior perforat, un material tèxtil absorbent de fibra de vidre entre el tub perforat i la carcassa com a element absorbidor de soroll. Aprofita l'efecte d'absorció de les ones sonores que té la fibra de vidre.

## VIII. SISTEMA D'ADMISSIÓ

El sistema d'admissió permet l'entrada de l'aire des de l'exterior fins a la cambra de combustió, passant per tots els elements corresponents. Interessa introduir la major quantitat d'aire possible dins dels cilindres per a millorar el rendiment volumètric i energètic del motor.

Si es té una cilindrada total fixa, quan més volum d'aire es pugui fer entrar a través de les vàlvules d'admissió millor. Per augmentar el volum d'aire per damunt de la capacitat

<sup>2</sup> El supermotard és una especialitat de motociclisme combinació entre el motocròs i l'asfalt. Les motocicletes tradicionalment són de motocròs però amb diverses modificacions, una d'elles és el canvi a rodes llises.

geomètrica dels cilindres es recorre a la compressió i el refredament de l'aire d'admissió. En els motors amb turbo, l'augment del volum d'aire s'aconsegueix comprimint-lo amb un *turbo-compressor*, i refredant-lo abans d'introduir-lo dins dels cilindres amb un *intercooler* (bescanviador de calor)

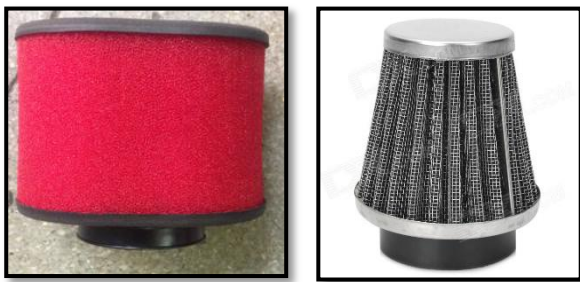
A part de l'injector, un dels elements que juga un paper molt important en el rendiment d'un motor és el filtre d'aire.

Per a l'elecció del filtre d'aire més adequat pel nostre motor, és fonamental realitzar el càlcul del cabal màssic d'aire que entra al motor ( $\dot{m}_a$ ). Si volem calcular-lo partirem de la expressió del rendiment volumètric ( $\eta_v$ ), que relaciona la "capacitat real" d'aspirar aire del motor de 4T envers la massa d'aire equivalent al volum desplaçat pel pistó (igual a la quantitat d'aire que aspiraria en condicions ideals):

$$\dot{m}_a = \frac{1}{2} \cdot n \cdot \rho \cdot V_T \cdot \eta_v$$

S'ha suposat que  $\eta_v = 1$  ja que el motor no està sobrealimentat i no es podrà superar aquest valor. Obtenim un cabal de 33,1 g/s.

Un cop calculat  $\dot{m}_a$  es cercarà un filtre entre els diferents fabricants. Per a garantir una bona capacitat de funcionament, per la selecció del filtre es considerarà que el cabal és 66,2 g/s (el doble de la calculada), i es triarà en funció de la pèrdua de càrrega que produeixin (com menys, millor) També es tindrà en compte altres requisits com ara la mida; ha de caber a l'espai entre l'injector i el seient. S'ha optat per comprar-ne dos: un filtre d'aire cònic econòmic i un Malossi de competició.



**Fotografia 5.** A l'esquerra filtre d'aire Malossi, a la dreta, filtre d'aire cònic.

## IX. SISTEMA DE REFRIGERACIÓ

En primer lloc, caldrà saber quina és la potència calorífica que el motor necessita refrigerar. S'agafarà la màxima potència que pot aconseguir la motocicleta de fàbrica, és a dir 37,33 HP o bé 37,85 CV, que expressada en unitats del SI és:

$$37,85 \text{ CV} \cdot 0,7355 \text{ kW/CV} = 27,84 \text{ kW (mecànics)}$$

Suposant un rendiment efectiu del motor de gasolina del 26,5%:

$$27,84 \text{ kW (mecànics)} / 0,265 = 105,06 \text{ kW (tèrmics)}$$

Segons el balanç tèrmic d'un MCIA, el flux de calor cedit al refrigerant en un M.E.P oscil·la entre el 17 % i 26 % de la potència tèrmica del combustible. Pels càlculs s'agafa un 21,5 %

D'aquesta manera el flux de calor que el nostre motor cedeix al refrigerant s'estima en:

$$\text{Flux calor cedit al refrigerant} = 105,06 \text{ kW} \cdot 0,215 = 22,59 \text{ kW}$$

Aquests 22,59 kW tèrmics corresponen a la potència calorífica

que el radiador ha de dissipar (en règim de màxima potència), un cop que li arribi l'aigua calenta des del motor i abans d'introduir-la novament al motor un cop refredada.

A l'hora de triar un radiador pel nostre motor, es necessari saber quin cabal d'aigua necessita el motor i la quantitat de calor (potència calorífica) que teòricament necessita dissipar el motor.

El fabricant del radiador no ens ha volgut facilitar les dades a les que funciona la bomba d'aigua en funció de les revolucions del motor. Finalment, hem obtingut una taula en un fòrum de Yamaha i han estat les dades que s'han usat finalment (Taula 3).

revolucions del motor (rpm o min <sup>-1</sup> )	Cabal d'aigua de refrigeració (L/min)
2.000	10,2
3.000	13,5
4.000	16,7
5.000	19,3
6.000	23,4
7.000	25,3
8.000	25,9
9.000	27,4
10.000	28,8
11.000	29,2
12.000	29,6
13.000	29,9

**Taula 3.** Cabal de la bomba d'aigua en funció de les rpm del motor

El radiador ha de ser capaç de rebaixar 10 °C la temperatura de l'aigua de refrigeració entre l'entrada i la sortida del mateix ( $\Delta T = 10$  °C), sent la temperatura idònia de l'aigua de refrigeració del motor de 85°C. Amb això, es pot calcular la potència calorífica dissipada pel radiador:

$$P_r = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Fent els càlculs per 13.000 rpm (rpm on cal dissipar la màxima potència calorífica al refrigerant) s'obté  $P_r = 20,42$  kW tèrmics. Fent la simulació amb  $\Delta T = 11$  °C s'obtidria  $P_r = 22,46$  kW

Finalment s'ha acceptat l'elecció del radiador de la Yamaha YZF R6 encara que la potència calorífica dissipada pel radiador sigui lleugerament menor que la potència calorífica que s'ha estimat que cal evacuar del motor en condicions de màxima potència. Pot ser no és una elecció òptima del radiador, però cal tenir en compte que el motor no girarà tota l'estona al màxim regim de gir. En cas de que el motor s'escalfés més de 85°C podríem allargar el tub que connecta el radiador amb el motor augmentant així la quantitat d'aigua del sistema i per tant la potència dissipada pel radiador.

## X. EXPERIMENTACIÓ DEL MOTOR EN BANC DE PROVES I RESULTATS

La EPSEVG no disposa de banc de potència per assetjar el motor per la qual cosa s'ha llogat un en un taller especialitzat.

El banc de potència DYNOJET 250I és un banc de potència dinamomètric inercial. Aquests tipus de bancs són el més usats per preparadors de motocicletes, tallers i equips de competició, ja que és el més indicat per mesurar les prestacions absolutes del motor muntat sobre la motocicleta.

Per a la realització de les proves en el banc de potència és convenient traçar un pla de treball, que pot ser alterat pels resultats que s'obtenen en cada pas.

Les modificacions s'han d'introduir d'una en una per a veure si l'element que hem introduït incorpora millores o pèrdues.

S'han fet les següents proves per a cada sistema:

- **Sistema de refrigeració:** En aquest el sistema s'ha provat:
  - Radiador amb termòstat i per tant el circuit tancat
  - Radiador sense termòstat i per tant el circuit obert
- **Sistema d'admissió:** En el sistema d'admissió s'ha provat:
  - Filtre cònic
  - Filtre Malossi
  - Sense filtre
- **Sistema d'escapament:** En el sistema d'escapament s'han provat sis opcions:
  - Escapament inicial amb 18cm. de distància fins al primer colze.
  - Escapament amb 18 cm fins al primer colze i retallat 34cm del final
  - Escapament inicial amb 10cm de distància fins al primer colze.
  - Escapament amb 10cm de distància fins al primer colze i retallat 34cm del final.
  - Escapament amb 10cm de distància fins al primer colze, 4 cm retallat al mig.
  - Escapament amb 10 cm de distància fins al primer colze, 4 cm retallat al mig i retallat 34 cm del final.



**Fotografia 6.**  
Prototip de motocicleta en el banc de potència DYNOJET 250I

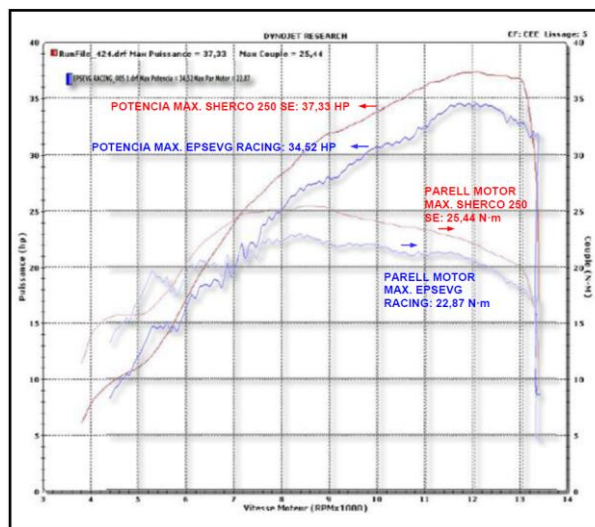
Primer s'han realitzat les proves del radiador sense termòstat amb el tub d'escapament complet i els tres tipus de sistema d'admissió, i el mateix pel radiador amb termòstat. D'aquesta manera s'ha pogut descartar un dels dos sistemes de refrigeració i centrar la resta de l'estudi amb el sistema més productiu.

Els resultats obtinguts amb el radiador sense termòstat han estat de 0,69 CV i 0,42 N·m en totes les proves més favorable (aprox.). Per tant, encara que gairebé semblin insignificants, les diferents possibilitats del tub d'escapament i del sistema d'admissió s'han efectuat amb el radiador sense termòstat.

A continuació, amb una mida de col·lector d'escapament determinada s'han provat els tres tipus de sistemes d'admissió i després s'ha desmuntat una part del tub d'escapament i s'han tornat a prendre les mesures amb els tres tipus d'admissió. Així successivament per a totes les possibilitats esmentades anteriorment per al tub d'escapament.

Finalment, els resultats obtinguts més positius són amb el filtre d'aire Malossi, el tub d'escapament retallat 36 cm del final i sense termòstat. Amb aquests sistemes s'ha guanyat un 9,24% en potència i un 6% en parell màxim respecte d'altres opcions que es podien haver incorporat. A la Gràfica 1 podem observar la millor corba de potència i la millor de parell motor obtinguda

del nostre motor a l'eix de la roda, i en vermell la potència i parell motor proporcionada pel fabricant en l'eix del motor.



**Gràfica 1.** Comparació de les corbes de potència i parell del nostre prototip (blau) respecte el del fabricant (vermell).

La diferència de valors màxims entre la nostra corba i la proporcionada pel fabricant és de 2,85 CV per la potència i de 2,57 N·m pel parell motor. Cal tenir en compte que la diferència de potència mesurada en l'eix del cigonyal i en l'eix de la roda és entre un 6 i un 8% menys a la roda, sent en el nostre cas d'un 7,5 %, la qual s'atribueix a causa de les pèrdues en l'embragatge i la transmissió. Per tant, caldria veure la motocicleta de sèrie en el mateix banc de proves i les mateixes condicions, però es pot observar que la motocicleta porta una molt bona posta a punt.

## XI. ASPECTES MEDIAMBIENTALS

En la realització d'aquest projecte s'han de valorar tres fases que fan referència a l'impacte sobre el medi ambient de l'activitat. Aquestes són: el muntatge i fabricació dels elements, la posta a punt o circulació de la motocicleta i el desballestament i reciclatge de components al final del seu cicle de vida.

A la primera fase s'han de tenir en compte les activitats que es desenvolupen pel muntatge o fabricació dels diferents elements de la motocicleta. La majoria de processos que es desenvolupen ocasionen consum de recursos, tant d'aigua com d'energia elèctrica i de combustibles.

Els recursos i materials emprats són:

- Matèries primes i de consum: energia elèctrica, aigua, filtres d'oli, bateries, pneumàtics, combustibles, olis, material de neteja, piles...
- Maquinària i equips: Trepant, equips de diagnòstic, equilibradors de rodes, premsa, grua, gats hidràulics, elevadors, aspiradores, broques, jocs d'eines, ...
- Instal·lacions: tallers, aules, garatges... que necessiten preses d'aigua, sistemes d'enllumenat, electricitat i ventilació.

La majoria de la maquinària i dels equips esmentats anteriorment funcionen amb energia elèctrica. Si bé l'energia elèctrica es considera una energia neta en el seu ús final, el procés de la seva generació provoca diferents impactes en el medi ambient. L'energia elèctrica procedent de la combustió del carbó, fuel oil i gas natural (en centrals termoelèctriques convencionals, centrals de cicle combinat) i el consum de combustibles nuclears (en centrals nuclears) provoca un impacte ambiental molt més elevat que l'energia elèctrica generada a



partir de fonts renovables en centrals hidroelèctriques, centrals eòliques i centrals fotovoltaïques.

En el nostre cas, durant el seu cicle de vida, per veure si el prototipus del projecte està dins de la normativa legal per circular pel carrer caldria portar-la a passar la ITV (Inspecció Tècnica de Vehicles), on el percentatge de CO que desprèn la motocicleta pel tub d'escapament i els decibels que produeix la motocicleta són revisats.

Segons la normativa vigent el percentatge de CO que la motocicleta no pot superar és del 3,5%. En quant a la contaminació acústica, la motocicleta no pot superar els 98 dB a màxim règim de gir.

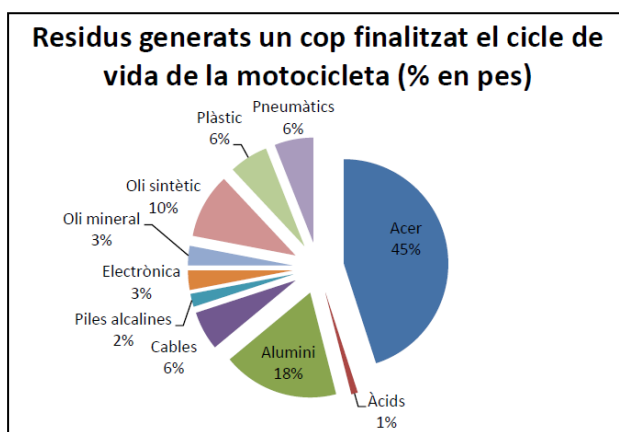
Si ens centrem en l'ús al que està destinat el nostre prototipus que és per a circuit, l'organització de la competició limita el soroll emès pel tub d'escapament a 115 dB a 5.000 rpm, mentre que el nostre registre es de 110 dB. Cal esmentar que l'organització no posa cap limitació en quan a les emissions a l'atmosfera que pot produir la motocicleta durant la cursa.

Un cop finalitzat el cicle de vida de la motocicleta, l'última etapa és el desballestament i reciclatge del components de la mateixa. En la Taula 4 es mostren els codis CER i LER dels residus generats i les vies de gestió orientatives.

MATERIAL	CODI LER	CODI CER	DESCRIPCIÓ	VIES DE GESTIÓ ORIENTATIVES
Acer	17 04 05	06.11	Ferro i acer	V41
Àcids	20 01 14	01.21	Residus àcids	V43
Alumini	17 04 02	06.23	Alumini	V41
Piles alcalines	16 06 04	08.41	Bateries, piles acumuladores	V44
Cables	17 04 10	10.22	Cables i sobrants	V45
Electrònica	20 01 36	08.23	Equips elèctrics i electrònics	V41
Oli mineral	13 02 04	01.31	Oli de l'embragatge	T62
Oli sintètic	13 02 06	01.31	Oli del motor	T62
Plàstic	15 01 10	02.33	Envasos de plàstic contaminats (dipòsit)	T62
Pneumàtics	16 01 03	07.31	Pneumàtics fora d'ús	V52

Taula 4. Reciclatge dels components de la motocicleta acaba la vida útil

En la Gràfica 2 es detalla en percentatges (% en pes) els residus generats un cop finalitzada la vida útil de la motocicleta.



Gràfica 2. Residus generats (% pes) de la motocicleta acaba la vida útil

## XII. CONCLUSIONS

El fet de participar en la competició MotoStudent implica seguir una normativa fixada per l'organització. Aquesta organització proporciona un kit de components bàsic de la motocicleta el

qual inclou entre d'altres el motor precintat (no es poden fer modificacions en el motor). Cada equip ha de dissenyar el xassís de la motocicleta, col·locar-hi el motor i acoblar-hi tots els components necessaris perquè la motocicleta pugui superar una sèrie de proves de fiabilitat, resistència, sorolls que la sotmetrà l'organització per tal de poder participar en una cursa en el circuit de les instal·lacions de Motorland Aragó.

Per a poder fer l'assaig del motor en el banc de proves s'havia de disposar del xassís que tenia de dissenyar i construir l'equip EPSEVG Racing Team. Donat que la construcció del xassís no estava feta, per a poder fer l'experimentació es va optar per comprar un xassís de segona mà d'una motocicleta Yamaha la qual tenia llantes i pneumàtics de les mateixes característiques que els subministrats per l'organització.

Paral·lelament es van fer càlculs per triar el sistema de transmissió més adient i cercar tots els components que feien falta per a la corresponent posta en marxa i que s'adaptessin al prototip de la motocicleta.

En quan als components principals que s'han escollit, calculat o dissenyat tenim:

a) *Unitat de Control Electrònica (ECU)*: S'ha escollit l'original perquè si s'adquireix una sense corbes es necessita un banc de potència per a realitzar les corbes.

b) *Instal·lació elèctrica Racing SHERCO*: Es va optar per comprar aquesta instal·lació elèctrica perquè és la més econòmica i no afecta en el comportament de la motocicleta.

c) *Bugia*: Es va escollir la DENSO perquè és la recomanada pel fabricant.

d) *Dipòsit i bomba de benzina*: Es va escollir el de la Yamaha YZF R125 perquè ja es disposava d'aquest i funciona a la mateixa pressió i té més capacitat que el de sèrie.

e) *Radiador*: Es va escollir el de la Yamaha YZF R6 perquè és un radiador d'una motocicleta de carrer d'altres prestacions. Es va mesurar el comportament amb termòstat i sense.

f) *Sistema de transmissió*: El sistema més adient que es va escollir és la corona de la Suzuki GN 400 perquè la corona de la Yamaha no tenia el pas de la cadena del pinyó de la Sherco, d'aquesta manera no caldria canviar el pinyó.

g) *Tub d'escapament*: Es van fer els càlculs teòrics de la longitud del tub d'escapament fins el primer colze i es va obtenir una longitud de 31,3 cm. No és possible aquesta distància ja que aleshores el col·lector toca amb la roda. Així doncs, es va intentar demanar la mida de la motocicleta de sèrie al fabricant i aquest no ens el va facilitar. Finalment, es va anar a veure una motocicleta a un particular que la venia i ens ha va deixar prendre les mides. Aquesta distància és de 18,7 cm. En base a això s'ha construït un tub d'escapament (veure Plànol A.7.5).

h) *Silenciador*: Es va escollir un silenciador d'absorció perquè aprofita la capacitat d'absorció de les ones sonores que té la fibra de vidre per a reduir el soroll emès i no superar els 115 dB.

i) *Filtre d'aire*: Es va escollir un filtre d'aire Malossi (de competició), un cònic (econòmic) i provar sense filtre per saber quin sistema donava millors prestacions.

Una vegada es va tenir muntat i apunt el prototipus de la motocicleta es va procedir a experimentar el motor en un banc potència dinàmica inercial de la marca DYNOJET 250I. Es van efectuar 23 proves, els resultats dels quals es presenten en forma gràfica en l'Annex A.5 i en forma de taula resum de resultats en l'Annex A.6.2 del TFG



Fent un breu resum dels resultats obtinguts en el banc de potència podríem dir per a cada sistema el següent:

- 1) **Sistema de refrigeració:** S'ha observat que amb el sistema obert, és a dir sense termòstat la motocicleta guanyava gairebé un cavall de potència. Això tan sols es degut a que la temperatura del motor era tota l'estona la òptima, és a dir, de 85°C, mentre que amb el circuit tancat l'aigua trigava més en arribar a la temperatura, i en els 85°C només estava un parell de minuts. Cal tenir en compte que aquest sistema només és positiu en el nostre cas ja que no hem de fer un nombre de voltes excessiu i que el radiador ha estat calculat concretament per a evacuar la calor adient. Si haguéssim de fer una cursa de resistència, o la motocicleta hagués de rodar en ciutat amb les corresponents aturades en semàfors i senyals de trànsit aquest sistema seria impensable ja que el motor es sobreescalfaria de ben segur.

Tot motor ha estat dissenyat per a que funcioni eficaçment a una temperatura de treball, és a dir que les seves parts sofreixin el menor desgast i optimitzi el consum de combustible i tant el termòstat junt amb el ventilador tenen com a principal funció fer que el motor es mantingui funcionant dins de la temperatura de treball, però sense forçar la maquinària. Amb el termòstat el motor triga més en arribar a la temperatura de treball i per tant, també existeix un major desgast de les peces del motor.

A més a més, cal anar amb molt de compte ja que si el termòstat s'espalla tendeix a bloquejar el circuit que proveeix refrigerant procedent del radiador. Això fa que el motor acabi sobreescalfant-se.

- 2) **Sistema d'escapament:** Tot i que no hem pogut calcular la potència amb la mida en que nosaltres hem realitzat els càlculs teòrics, ha quedat demostrat en el banc de potència que si reduïm la distància de la sortida de la tovera al primer colze la potència no es millora. Tanmateix, l'únic que fem al retallar és augmentar el soroll. La sensació de velocitat i potència si que augmenta, però realment, la potència disminueix. Hagués estat interessant saber si amb la distància més llarga la potència hagués estat major.

- 3) **Sistema d'admissió:** Els resultats revelen que amb el filtre Malossi la motocicleta guanyarà un cavall o més de potència. Això, és a causa tal i com vàrem explicar en el seu capítol de que en aquest tipus de filtre l'aire absorbit pel motor està en repòs gràcies al seu volum interior. El filtre cònic té un volum intern molt reduït, de tal manera que l'aire que aspira entra directament a l'injector sense repòs i creant turbulències de la mateixa manera que passa si no portem filtre.

Per a treballs futurs s'està estudiant el disseny d'un Airbox que no és res més que una caixa amb un filtre dins. Aquesta caixa té uns conductes que van de la part davantera de la motocicleta a la caixa del filtre d'aire i després aquesta va connectada directament al cos de l'injector amb la finalitat d'igualar la pressió entre l'injector i la caixa del filtre de l'aire. Amb això s'aconsegueix que a altes velocitats entri molta més pressió d'aire a la cambra i consegüentment augmenti tant la potència com el parell. Aquesta caixa haurà de ser amb un volum més elevat del filtre que tenim si es vol millorar encara més la potència.

Tant en potència màxima com en parell màxim s'ha guanyat un 9,24 % en potència i un 6 % en parell màxim respecte d'altres opcions que es podien haver incorporat. Obtenint així, un motor modificat bastant elàstic, el qual pot ser

conduït per ciutat a qualssevol règim de funcionament amb total tranquil·litat i donar un bon comportament en circuit.

En la Gràfica 1 es compara les corbes de potència i del parell motor del millor resultat del nostre motor (obtingudes en la roda) i les corbes de potència i del parell motor proporcionades pel fabricant (mesurades directament en l'eix del cigonyal del motor). La potència màxima donada pel fabricant és de 37,85 CV i el parell màxim és de 25,44 N·m, mentre que els resultats obtinguts per nosaltres en el banc de potència de són 35,00 CV i 22,87 N·m. La diferència entre ambdues potències es de 2,85 CV i entre els dos parells motors de 2,57 N·m. La diferència de potència entre prendre-la en l'eix del cigonyal i en l'eix de la roda és entre un 6 % i un 8%, sent en el nostre cas d'un 7,5 %, la qual s'atribueix a causa de les pèrdues en l'embragatge i la transmissió.

En quant a la fiabilitat del motor es pot dir que la moto va estar varies hores en el banc de potència en condicions molt superiors a les que normalment ha de treballar el motor en condicions normals (ventilació, sol·licitacions, etc.). Durant aquestes proves el motor no ha tingut cap tipus de problema. Queda clar que com tota màquina que es sotmesa a majors esforços, serà precis un manteniment molt més meticulós, usant olis de millor qualitat que estiguin acord a les noves sol·licitacions i revisant amb més freqüència aquells punts vitals com la cadena de transmissió, la de distribució i el reglatge de vàlvules, aquests últims no es podran fer fins que no es faci la cursa.

D'altra banda, en quan a aspectes mediambientals, l'organització només limita el soroll emès pel tub d'escapament. S'ha obtingut un valor de 110 dB a 5.500 rpm sent el màxim establert per l'organització de 115 dB a 5.500 rpm.

El pressupost per a dur a terme aquest estudi de la possible millora de la potència del motor en funció del sistema d'admissió, d'escapament i de refrigeració se xifra en 9749,5 € (IVA inclòs), el qual inclou la part d'adquisició de components i la construcció del prototipus de motocicleta i la part pràctica d'experimentació en banc de proves.

### XIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] ARIAS PAZ, Manuel: "*Motocicletas*", 33ª ed., Editoriales Dossat 2000, Madrid, 2006.
- [2] CASTRO VICENTE, Miguel: "*El motor de gasolina*", 1ª ed., Grupo editorial CEAC, S.A., Barcelona, 1992
- [3] PAYRI GONZÁLEZ, Francisco; MUÑOZ TORRALBO, Manuel: "*Motores de combustión interna alternativos*", 1ª ed., Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1989
- [4] MotoStudent. "*Reglamento de la competición 2013 – 2014*"
- [5] <http://www.gassattack.com/>
- [6] <http://www.manualmecanicadeautos.info>