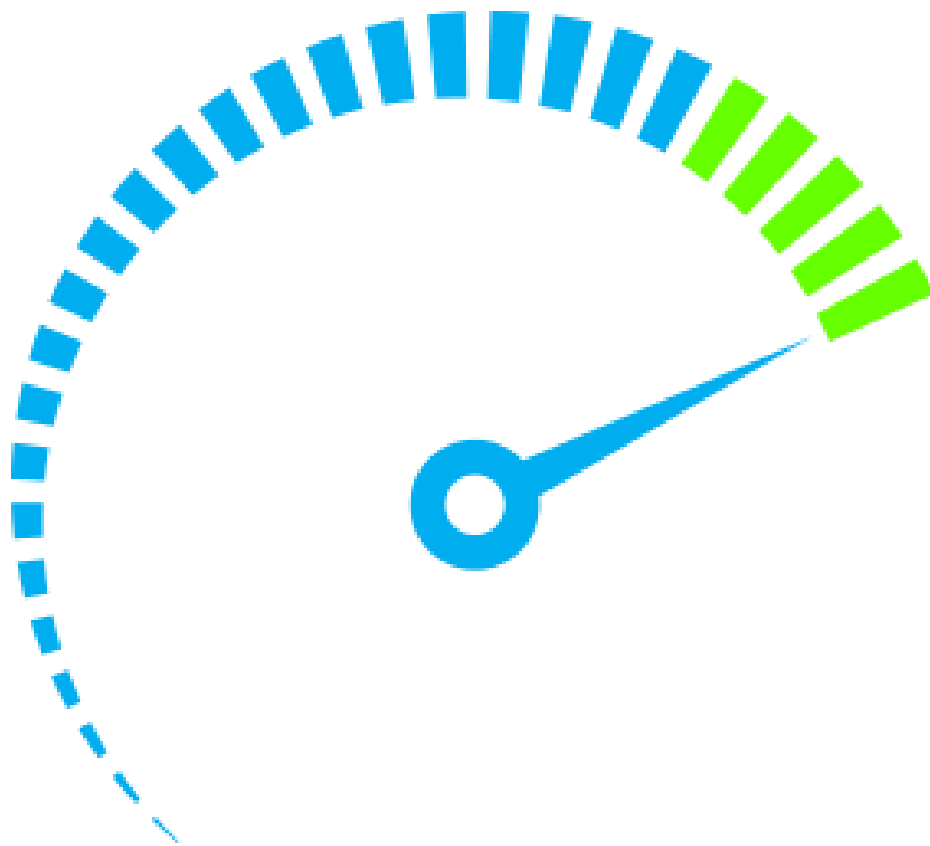


# COMPARATIVA ENTRE EL RENDIMENT D'UN SISTEMA D'ESCAPAMENT DE SÈRIE I UN DE COMPETICIÓ

DISSENY D'UN SILENCIADOR ARTESANAL



Pseudònim: Dos temps  
Modalitat: Batxillerat Tecnològic  
Curs: 2019-2020  
Data d'entrega: 15/10/2019

# ÍNDIX

## CONTINGUT DEL TREBALL:

1. INTRODUCCIÓ .....	3
1.1- MOTIVACIÓ:.....	3
1.2- OBJECTIUS A ASSOLIR: .....	3
1.3- REQUISITS A COMPLIR: .....	3
2. CONCEPTES A SABER SOBRE EL TEMARI .....	4
3. PRINCIPI DE FUNCIONAMENT MOTOR 2T.....	6
3.1- MOTOR 2T: .....	6
3.1.1- FUNCIONAMENT EXPLÍCIT MOTOR 2T:.....	7
3.2.2- GEOMETRIA MOTOR 2T .....	9
4.SISTEMA D'ESCAPAMENT .....	10
4.1- FUNCIONAMENT.....	10
4.2- PARTS SISTEMA D'ESCAPAMENT MOTO 2T: .....	10
4.3- ANÀLISI SISTEMA D'ESCAPAMENT .....	11
4.3.1- LONGITUD DEL COLZE: .....	12
4.3.2- LONGITUD DE LA CÀMERA:.....	12
4.3.3- LONGITUD DE LA CANYA:.....	13
4.3.4 DIÀMETRE DEL SILENCIADOR I LONGITUD:.....	15
5. PROCÉS DE COMPARACIÓ ENTRE ELS DOS SISTEMES D'ESCAPAMENT .....	16
5.1- MOTO UTILITZADA EN EL TREBALL:.....	16
5.2- METODOLOGIA DE COMPARACIÓ ENTRE ELS DOS SISTEMES D'ESCAPAMENT..	17
5.3- OBTENCIÓ DE TOTS ELS ELEMENTS NECESSARIS PER LA COMPARATIVA .....	20
5.4- TALLER MECÀNIC I ESTUDI DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE SÈRIE .....	22
5.5- DESMUNTATGE DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE SÈRIE.....	23
5.6- COMPARACIÓ ENTRE DIFERENTS ELEMENTS DELS SISTEMES D'ESCAPAMENT..	24
5.7- FORMULACIÓ DE LA TEORIA.....	27
5.8- MUNTATGE DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE COMPETICIÓ.....	28
5.9- COMPORTAMENT DE LA MOTO AMB ELS DIFERENTS SISTEMES D'ESCAPAMENT .....	29
5.10- DISCUSIÓ DELS RESULTATS.....	31
5.11- CONCLUSIONS DE LA COMPARATIVA.....	32

6. CREACIÓ D'UN SILENCIADOR ARTESANAL.....	34
6.1- INICI DEL PROCÉS ARTESANAL.....	34
6.2- DEFORMACIÓ DEL TUB PRINCIPAL .....	35
6.3- DIÀMETRE DE L'ORIFICI DE LA CANYA I DOBLADA D'AQUESTA.....	35
6.4- REDUCCIÓ DE LA LONGITUD DE LA CANYA .....	37
6.5- TAP DEL SILENCIADOR I ADQUISICIÓ DE LA SEVA FORMA.....	37
6.6- SOLDADURA DEL TAP.....	39
6.7- PART FINAL DEL SILENCIADOR I DEFORMACIÓ DE LA PEÇA.....	40
6.8 DARRERS CANVIS EN LA FORMA DE LA PEÇA .....	41
6.9- UNIÓ DE LES DUES PECES (SILENCIADOR I PEÇA DE LA PART POSTERIOR D'AQUEST) .....	42
6.10- INICI DE LA CREACIÓ DELS SUPORTS .....	43
6.11- PERFORACIÓ DELS SUPORTS .....	44
6.12- MARQUES I SOLDADURA DELS SUPORTS .....	45
6.13- DETALLS FINALS I RESULTAT DEL DISSENY .....	46
6.14- DARRERS RETOCS EN EL SILENCIADOR I RESULTAT FINAL .....	47
7. CONCLUSIONS DEL TREBALL.....	49
8. AGRAÏMENTS .....	51
9. BIBLIOGRAFIA .....	52
10. ANNEXOS .....	53
10.1- ANNEX SOBRE LA NORMATIVA EURO 4 .....	53
10.2- ANNEX SOBRE EL CORREU ENVIAT A UN DELS FABRICANTS.....	54

# 1. INTRODUCCIÓ

En aquest apartat s'inclou tota la informació necessària que permet entendre la motivació per la realització del projecte, els objectius de l'estudi i tots els requisits específics que s'ha de complir.

## 1.1- MOTIVACIÓ:

Des de ben petit, sempre he mostrat molt d'interès en el món del motor; és un tema que em fascina, ja que cada peça, per més petita que sigui, té la seva funció dins el mecanisme, el que fa que totes combinades entre sí formin aquest motor.

Concretament, m'he sentit sempre molt atret per les motos i la seva composició. I a triar la meua part preferida ho tinc molt clar: el sistema d'escapament. És per això que vaig optar per dedicar el treball de recerca a comparar els diferents rendiments que et donen els tubs d'escapament, aprofitant així l'oportunitat d'adquirir nous coneixements sobre el tema.

## 1.2- OBJECTIUS A ASSOLIR:

Com s'ha dit anteriorment, aquest projecte anirà dedicat en l'estudi del diferent rendiment que et dona un sistema d'escapament de sèrie i un de competició, comparant així diferents característiques d'aquests com poden ser les dimensions, materials, entrega de potència, preu i emissions.

A part, com a part pràctica es dissenyarà un silenciador artesanal. És a dir, partirem de zero per aconseguir el producte.

## 1.3- REQUISITS A COMPLIR:

Com és de suposar, els dos tubs seran sotmesos a les proves amb el material adequat, com poden ser el banc de potència o el mesurador d'emissions, en el lloc adient i en les mateixes condicions per tal de fer la comparació el més realista possible. Això ho aconseguirem fent tot el procés pas a pas, és a dir, es puja la moto en el banc de potència amb el sistema de sèrie, es desmunta aquest, aprofitem per comparar els dos sistemes d'escapament, fem una teoria sobre el comportament que pot tenir el nou sistema, pugem de nou la moto al banc i en traiem conclusions del resultat.

Per part del silenciador artesanal, intentarem fer-lo el més semblant possible al silenciador artesanal, així n'agafem un de referència que sigui compatible amb la nostra moto, per si és el cas que volem provar el producte dissenyat.

## 2. CONCEPTES A SABER SOBRE EL TEMARI

Tenir un bon coneixement general del sistema d'escapament d'una moto és essencial per poder tractar sobre el tema, ja que pot resoldre preguntes i aclarir dubtes.

Aquesta és una llista dels termes bàsics de l'escapament d'una motocicleta (hi ha la possibilitat de que no tots els conceptes siguin mencionats al llarg del treball):

- ❖ **Tub d'escapament:** com bé indica el seu nom, és una peça amb forma de tub que s'utilitza per dirigir els gasos d'escapament lluny del motor. També és conegut com el "tub principal".
- ❖ **Silenciador:** és un dispositiu principalment destinat a reduir el soroll produït per un motor en marxa.
- ❖ **Deflector:** té certa semblança amb el silenciador. És un dispositiu destinat a reduir el soroll causat pel funcionament d'un motor. Un silenciador normalment utilitza l'emballatge. En canvi, un deflector utilitza obstruccions mecàniques per aconseguir el mateix resultat.
- ❖ **Col·lector:** qualsevol sistema d'escapament en el qual múltiples tubs del motor s'acoblen a una sola sortida. El lloc on es convergeixen és anomenat "el col·leccionista".
- ❖ **Port:** passatge a la culata. Hi ha dos tipus de ports:
  - Admissió: el port d'admissió permet la mescla d'aire i combustible.
  - Escapament: en aquest cas, condueix el gasos utilitzats al tub d'escapament.
- ❖ **Pols:** cada vegada que la vàlvula d'escapament s'obre i es tanca a la culata, es crea un pols d'escapament. Els pols controlen quan i a on el tub crea el seu "poder". Al sintonitzar, per exemple, el pols ha d'arribar en un moment exacte i concret.  
L'impuls és controlat per diferents característiques d'ajustament: la longitud de la tubera, el diàmetre, la sincronització de la vàlvula d'escapament, etc.
- ❖ **Fluix:** és el moviment mesurable dels gasos d'un tub d'escapament.
- ❖ **Contrapressió:** és definida com la quantitat de flux de gas dins un sistema d'escapament.

- ❖ **Con de torsió:** dispositiu similar a un con que s'afegeix a la part superior del cap del tub d'escapament per tal de canviar les característiques de sintonització.
- ❖ **Reversió:** és el contra-fluix dels gasos de l'escapament. La reversió es pot crear a causa de la baixa velocitat de l'escapament o per impulsos que arriben a la càmera de combustió en el moment incorrecte.
- ❖ **Velocitat de l'escapament:** és la velocitat en la que l'aire flueix a través dels tubs.

La velocitat de l'escapament ideal és de 300ps (peus per segon).

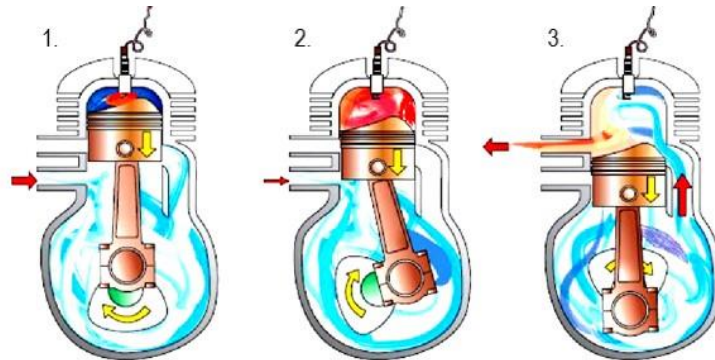
- ❖ **Alts:** quan es porta la moto a elevades revolucions (rpm).
- ❖ **Baixos:** quan es porta la moto a poques revolucions (rpm).

### 3. PRINCIPI DE FUNCIONAMENT MOTOR 2T

Per tal de facilitar l'enteniment del projecte, aquesta secció recopila la informació més important sobre un motor 2 temps, així com les seves parts i el seu funcionament.

#### 3.1- MOTOR 2T:

És un motor de combustió interna que realitza les quatre etapes del cicle termodinàmic, els quals són admissió, compressió, expansió i escapament (amb el que ens centrarem) en dos moviments lineals del pistó (una volta dels cigonyal).(Figura 3.1)



3.1 En la primera figura el motor està fent la fase d'admissió, en la segona la de compressió i expansió, i en la darrera està efectuant l'etapa d'escapament.

Font: [2]

Com bé els seus noms indiquen, la principal diferència entre els motor 2T i 4T és que mentre un necessita dos moments per fer tot el cicle (2T), l'altre en necessita quatre (4T).

La gran avantatge dels motors 2T és que la potència del cigonyal és molt més elevada, tot i que aquests motors consumeixen molt més combustible.

### 3.1.1- FUNCIONAMENT EXPLÍCIT MOTOR 2T:

Tal com s'explica a [4], podem dividir les parts del motor en dos grups: les parts fixes i les parts mòbils:

**Parts fixes** → en formen part la culata, la bugia, el cilindre i el carter:

- ❖ **Culata:** És la tapa que tanca el cilindre, suporta la bugia i forma part de la càmera de combustió.
- ❖ **Bugia:** Dispositiu que fa saltar l'espurna elèctrica de l'encesa.
- ❖ **Cilindre:** Peça fosa en ferro o alumini en l'interior del qual es desplaça el pistó.
- ❖ **Carter:** Caixa metàl·lica estructural que allotja els mecanismes operatius del motor.

**Parts mòbils** → en formen part el pistó, la biela i el cigonyal:

- ❖ **Pistó:** Peça cilíndrica d'aliatge d'alumini que es mou alternativament en l'interior del cilindre per comprimir el fluid i per tal de realitzar el moviment.
- ❖ **Biela:** Element mecànic sotmès a esforços de tracció i compressió i transmet el moviment articulat del cigonyal.
- ❖ **Cigonyal:** Eix colzat amb contrapesos (per tal d'agafar inèrcia) que transforma el moviment rectilini en circular o a la inversa.

### EXPLICACIÓ GRÀFICA DEL FUNCIONAMENT D'UN MOTOR 2T:

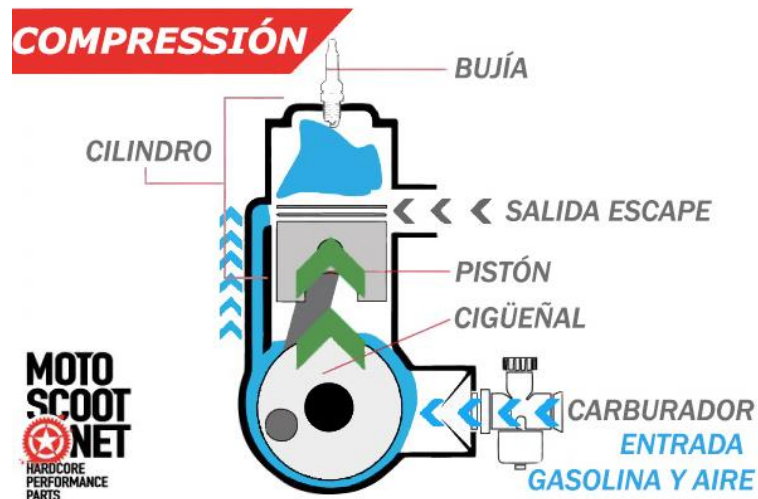


3.2.- Exemple gràfic de l'etapa d'admissió d'un motor 2T

Font: [4]

El pistó es dirigeix cap a dalt des del "PMI" (punt mort inferior), deixant en el recorregut la llumenera d'admissió oberta.

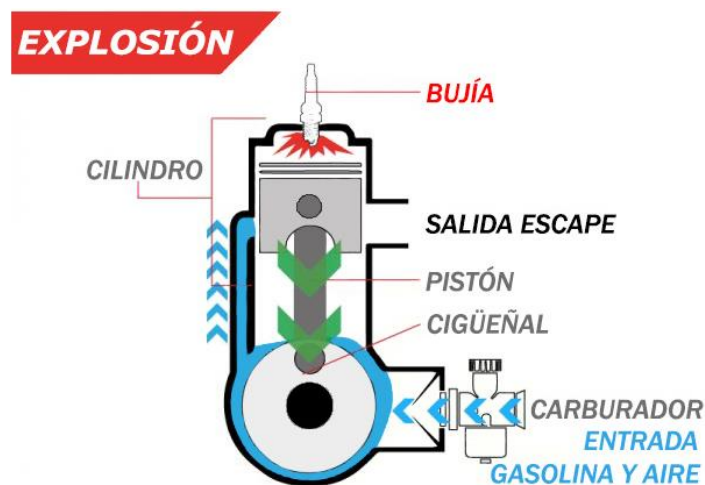




3.3- Exemple gràfic de l'etapa de compressió d'un motor 2T

Font: [4]

En la part superior, el pistó realitza la compressió, mentre que a la part inferior es succiona la mescla de combustible i aire a través de la llumenera d'admissió.



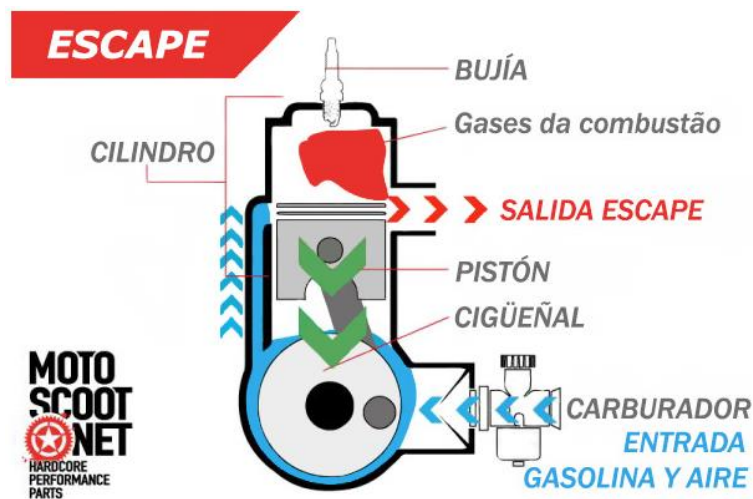
3.4- Exemple gràfic de l'etapa d'explosió d'un motor 2T

Font: [4]

Quan el pistó arriba al seu "PMS" (punt mort superior), es produeix la màxima compressió de la mescla de gasos de combustió i es produeix l'explosió gràcies a l'espurna elèctrica produïda per la bugia.

Aquesta explosió produeix una expansió dels gasos que empeny cap a baix el pistó, el qual comunica el moviment al cigonyal a través de la biela.

L'etapa d'explosió és la única que atribueix energia al motor de la moto. En la resta d'etapes, és tot el contrari: consumeixen energia.



3.5- Exemple gràfic de l'etapa d'escapament d'un motor 2T

Font: [4]

En el recorregut descendent, el pistó obre la llumenera d'escapament, que permet la sortida dels gasos de combustió.

Al mateix temps, s'obre la llumenera de transferència, per la qual torna a entrar la barreja d'aire i combustible al cilindre, ocupant així el buit provocat per la sortida dels gasos.

Quan el pistó arriba de nou en el seu "PMI" (punt mort inferior), el cilindre torna a estar ple de gasos i el cicle torna a començar.

En aquest projecte, com bé ja s'ha mencionat, ens centrarem principalment en el comportament d'aquesta última etapa.

### 3.2.2- GEOMETRIA MOTOR 2T

Per tal de que un escapament pugui portar a terme tots els processos mencionats anteriorment, és necessari que la geometria dels elements que el componen es dimensionin per a un mateix règim de treball per tal que puguin treballar conjuntament, és a dir que siguin de les mateixes característiques. És per això que els escapaments es dissenyen per tal d'aportar una determinada resposta al motor en un acotat règim de revolucions.

Per tant, podem afirmar que el motor 2T és un motor amb poca linealitat (poca flexibilitat en els punts amb més potència) i que sovint costa controlar.

## 4.SISTEMA D'ESCAPAMENT

En aquest apartat ens centrarem en el sistema d'escapament, explicat- ne les seves propietats, i analitzant com afecta cada part d'aquest al comportament final de la moto.

### 4.1- FUNCIONAMENT

El sistema d'escapament d'una motocicleta no serveix únicament per augmentar o disminuir el soroll d'aquesta, ja que provoquen una variació d'emissions i afecten en el rendiment del vehicle. El seu funcionament està directament relacionat amb una sèrie de variacions de pressió provocades per ones sonores produïdes per l'explosió del motor. És a dir, degut a la seva geometria, les ones sonores fan rebotar els gasos dins l'escapament, afavorint així un major rendiment (sobrepessió).

### 4.2- PARTS SISTEMA D'ESCAPAMENT MOTO 2T:

El sistema d'escapament està format per el colze, la càmera o també coneguda com la bufanda, la canya i finalment el silenciador.

El colze és la part que comença en el cilindre i s'uneix amb la càmera. És per aquí on recorren els gasos nous i s'emmagatzemen els cremats, per posteriorment poder ser expulsats. Seguidament ens trobem la canya, on el tub s'estreny i és l'encarregat d'unir la càmera amb la part final, el silenciador.

(Vegeu la figura 4.1)



4.1 Aquesta figura ens mostra les parts en què està dividit el sistema d'escapament. Hi podem trobar el colze, la càmera i la canya, mentre que en aquest exemple no és necessari mostrar el silenciador.

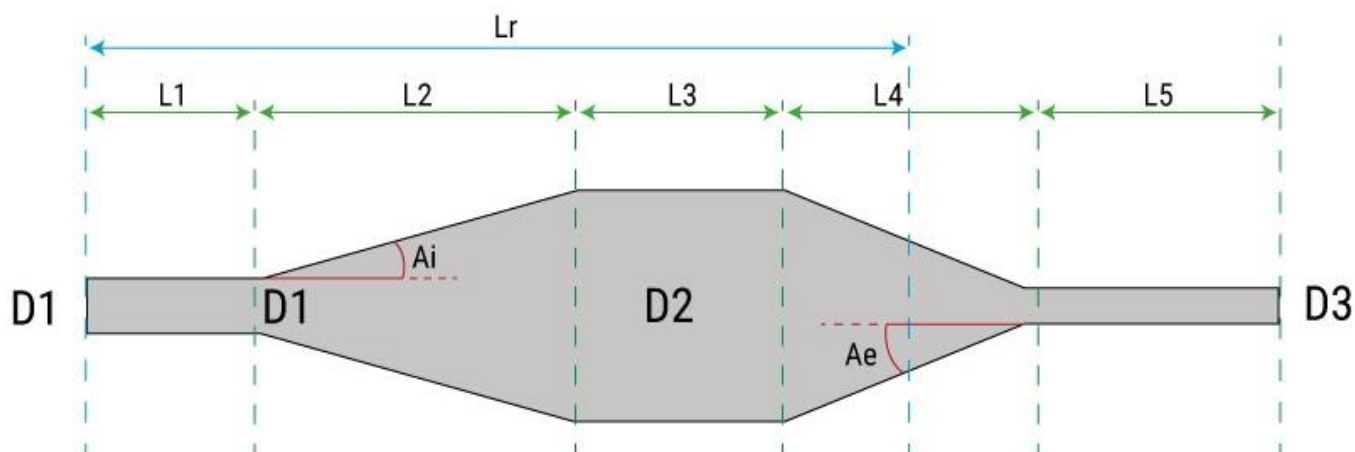
Font [4]

#### 4.3- ANÀLISI SISTEMA D'ESCAPAMENT

Com bé s'ha dit anteriorment, l'escapament d'una moto està format per diferents seccions on cada una té la seva funció específica. Una de les qualitats més importants que tenen aquestes parts és la seva longitud.

La mesura del sistema afecta directament al rendiment de la moto, de manera que podem ajustar aquesta longitud en funció de les nostres necessitats.

Aquestes són totes les longituds en què podem dividir l'escapament ( Vegeu la figura 4.2):



4.2 Figura amb les diferents parts en què està seccionat l'escapament.

Font: [4]

**Lr:** Longitud de ressonància.

**L1:** Longitud del colze (longitud entre la llumenera de l'escapament y el començament del con).

**L2:** Longitud del con.

**L3:** Longitud de la càmera d'expansió.

**L4:** Longitud "real" del contra con.

**L5:** Longitud de la canya.

**Ai:** Angle de conicitat del con.

**Ae:** Angle de conicitat del contra con.

**D1/D2/D3:** Diàmetres.

Una vegada mencionades totes les parts, aquí hi ha un recopilatori dels factors que més influència tenen i com afecten al sistema segons [4] i [5].

#### 4.3.1- LONGITUD DEL COLZE:

El colze és la part més pròxima al motor, la qual és l'inici de l'escapament i connecta el cilindre amb el conus. Permet posicionar i dirigir el cos de l'escapament quan es disposa de reduïdes zones per allotjar-lo. Pot fabricar-se com a tub de secció constant o cònic. Aquesta segona opció permet reduir la longitud final de l'escapament. Està delimitat per la superfície de la llumenera d'escapament.

La seva longitud total (incloent la part que transcorre en les parets del cilindre) ha de ser entre 3 i 6 vegades el diàmetre de la llumenera d'escapament.

#### 4.3.2- LONGITUD DE LA CÀMERA:

El contra conus és la secció encarregada de crear la sobrepressió per tal de retornar la mescla fresca que ha abandonat el cilindre al trobar-se la llumenera d'escapament oberta. El con (o difusor) és la secció encarregada de crear la succió que ajuda a extreure els gasos cremats del cilindre. Pot construir-se, en una sola etapa, en escapaments senzills o, en tres etapes, en escapaments de major rendiment.

Ha de tenir un angle de conicitat de  $6^\circ$  a  $10^\circ$ . Depenent d'aquesta inclinació, la resposta del motor podrà variar. Com més gran sigui l'angle, menys gama de voltes utilitzable i major potència. Per exemple: una moto de carreres de velocitat acostumarà a tenir una conicitat elevada. Pel contrari, com més petit sigui l'angle, més gama de voltes utilitzable tindrem a l'abast (rigidesa i flexibilitat). Un exemple clar per aquest cas és una moto de trial.

La cambra d'expansió és la zona central de l'escapament i de secció constant. Modificant la seva longitud es pot ajustar el règim de revolucions en el que el motor aporta major potència. Les cambres d'expansió llargues milloren la resposta a baixes revolucions mentre que cambres curtes milloren la resposta a altes revolucions.

Com a norma general, en el contra con se li acostumen a donar valors aproximadament dos vegades majors. D'aquesta manera, quan el contra con és molt obert, augmenta la longitud de la ressonància ( $L_r$ ). Per tant, podem concloure que si la longitud de la càmera és més llarga, la moto tindrà més "alts", i si la càmera és més curta, tindrà més "baixos".

Recordem que quan parlem de "alts" i "baixos", ens referim en tot moment a les revolucions en què es porta la moto. És a dir, si una moto té molts "baixos" és capaç d'accelerar amb poques revolucions (major acceleració) però acostuma a

tenir menys velocitat punta, mentre que per l'altre costat la moto sempre ha d'anar revolucionada, aconseguint major velocitat final.

#### 4.3.3- LONGITUD DE LA CANYA:

Els gasos que circulen per l'escapament poden variar depenent de la longitud de la canya, per tant és un factor essencial en termes d'emissions per aconseguir que la moto sigui menys contaminant.

Com més llarga sigui la canya, més llarg serà el recorregut que hauran de fer els gasos , la qual cosa produirà que la moto tingui més "baixos".

I per altra banda, si on acaba la càmera d'escapament i on comença el silenciador estan delimitats per poca longitud, no hi haurà pràcticament recorregut de la canya, el que comporta que la moto tingui més "alts" (figures 4.3 i 4.4)

**ESCAPAMENT AMB LONGITUD CURTA DE LA CANYA**



4.3 En aquesta figura es pot observar que, de seguit que acaba la càmera d'escapament, ja trobem el silenciador. Font: [4]

**ESCAPE AMB LONGITUD LLARGA DE CANYA**



4.4 A diferència de la figura anterior, en aquest cas veiem com la càmera d'escapament i el silenciador estan delimitats per una certa distància gràcies a la longitud de la canya. Font: [4]

#### 4.3.4 DIÀMETRE DEL SILENCIADOR I LONGITUD:

Deinent de les mesures que tingui el nostre silenciador, comportarà una entrega de potència diferent. Aquestes mesures les podem dividir en dues parts: amb la del diàmetre i la longitud final del silenciador.

- Diàmetre del silenciador:

El diàmetre del silenciador pot influir de dues maneres:

- Com més ample sigui (per tant, com més gran sigui el diàmetre), més "alts" tindrà la moto.
- Com més estret sigui (per tant, com més petit sigui el diàmetre), més "baixos" tindrà la moto.

- Longitud del silenciador:

La longitud del silenciador pot influir de dues maneres:

- Si la longitud és més llarga, l'escapament tindrà més "baixos".
- Si la longitud és més curta, l'escapament tindrà més "alts"



## 5. PROCÉS DE COMPARACIÓ ENTRE ELS DOS SISTEMES D'ESCAPAMENT

Una vegada mencionades característiques i informació essencial per l'enteniment del funcionament del sistema d'escapament, hem vist les parts per les quals està format aquest, i seguidament, com afecta cada secció en el rendiment de la moto.

Per tant, el següent pas és veure les propietats de cada sistema. Aquest procés es portarà a terme amb un ordre determinat.

### 5.1- MOTO UTILITZADA EN EL TREBALL:

La moto feta servir durant tot el treball serà la KTM EXC 125 del 2016 (imatge 5.1). És una moto 2 temps amb 34 cavalls aproximadament creada per l'enduro, activitat on les motos es caracteritzen per ser molt lleugeres (94kg) .



5.1 (imatge de la moto amb la que es farà el projecte) Font: pròpia

Per entrar més en detall, aquesta és la fitxa tècnica de la moto:

**Configuració del motor:** motor mono cilíndric

**Cicle del motor:** 2 temps

**Cilindrada (cc):** 124,8

**Diàmetre de cilindres (mm):** 54.0

**Carrera de cilindres (mm):** 54.5

**Alimentació:** Kokusan

**Arrencada:** pedal d'arrencada

**Embragatge:** embragatge multi disc en bany d'oli, sistema hidràulic Magura

**Nombre de marxes:** 6

**Reducció primària:** 23:73

**Xassís:** xassís tubular central en acer al crom-molibdè

**Llançament:** 63°

**Suspensió davantera:** invertida WP

**Diàmetre barres suspensió davantera (mm):** 48

**Recorregut suspensió davantera (mm):** 300

**Suspensió del darrere:** amortidor PDS de WP

**Recorregut suspensió del darrere (mm):** 335

**Fre davanter:** fre de disc de tipus Brembo combinat amb els lleugers discos Wave

**Diàmetre fre davanter (mm):** 260

**Fre del darrere:** fre de disc de tipus Brembo combinat amb els lleugers discos Wave

**Diàmetre fre del darrere (mm):** 220

**Pneumàtic davanter:** pneumàtic OEM Maxxis

**Llanta davantera:** Llanta d'alumini Giant 7050 T6 amb radis negres

**Pneumàtic del darrere:** pneumàtic OEM Maxxis

**Llanta del darrere:** llanta d'alumini Giant 7050 T6 amb radis negres

## 5.2- METODOLOGIA DE COMPARACIÓ ENTRE ELS DOS SISTEMES D'ESCAPAMENT

En primer lloc, s'ha d'adquirir el que serà el sistema d'escapament de competició.

Una vegada tenim tots els components, ens adrecem a un taller mecànic per tal d'assegurar-nos de fer el muntatge i desmuntatge en les condicions més òptimes possibles.

Una vegada allà, fem l'estudi de la moto amb el sistema d'escapament de sèrie: la fotografiem, adquirim la informació útil per la comparació posterior i la pugem al banc de potència (plataforma per a l'experimentació del vehicle, que et brinda la potència en una forma de comprovació rigorosa i transparent).

Fet aquests passos, ens disposem a fer el desmuntatge del sistema d'escapament. Aquest procés es farà començant pel silenciador, i seguidament se'n extraurà la bufanda (l'escapament, que recordem que està format per la canya, la càmera i el colze). Una vegada enllestit, tornarem a fer fotos a les parts del sistema desmuntats de la moto.

A continuació, compararem alguns conceptes dels sistemes d'escapament. Ho farem amb l'ajut de fotografies, de manera que posarem de costat cada component del sistema de sèrie junt els components del de competició. Així, podrem observar i comparar diferents parts d'aquests sistemes d'escapament, extreure'n conclusions, i elaborar una senzilla teoria sobre quin podria ser el diferent comportament de la moto entre els dos sistemes. A part, farem servir una balança per saber el pes de cada element.

Al finalitzar amb el que s'ha mencionat anteriorment, toca fer el muntatge del sistema d'escapament de competició. Aquest, es farà començant per les parts més properes al bloc del motor, és a dir per la bufanda, i seguidament el col·locarà el silenciador.

Si és necessari, tornarem a fotografiar la moto ja amb les peces canviades.

Al tenir la moto preparada, la tornarem a pujar al banc de potència per veure el seu comportament.

Quan tenim els dos resultats de la moto pujada en el banc de potència, els ajuntarem per veure el diferent comportament que han aportat a la moto.

Ja acabant, ens fixarem amb la teoria que havíem formulat anteriorment, i comprovarem si s'ha complert o no.

Una vegada comparats tots els conceptes possibles, n'extraurem conclusions sobre els diferents rendiments aconseguits, tenint en compte també el preu del sistema d'escapament de competició (aquesta conclusió no s'ha de confondre amb la del final del treball).

S'ha de recordar de nou que tots aquests processos es faran en les mateixes condicions per afavorir a la veracitat dels resultats i condicions (Figura 5.2)

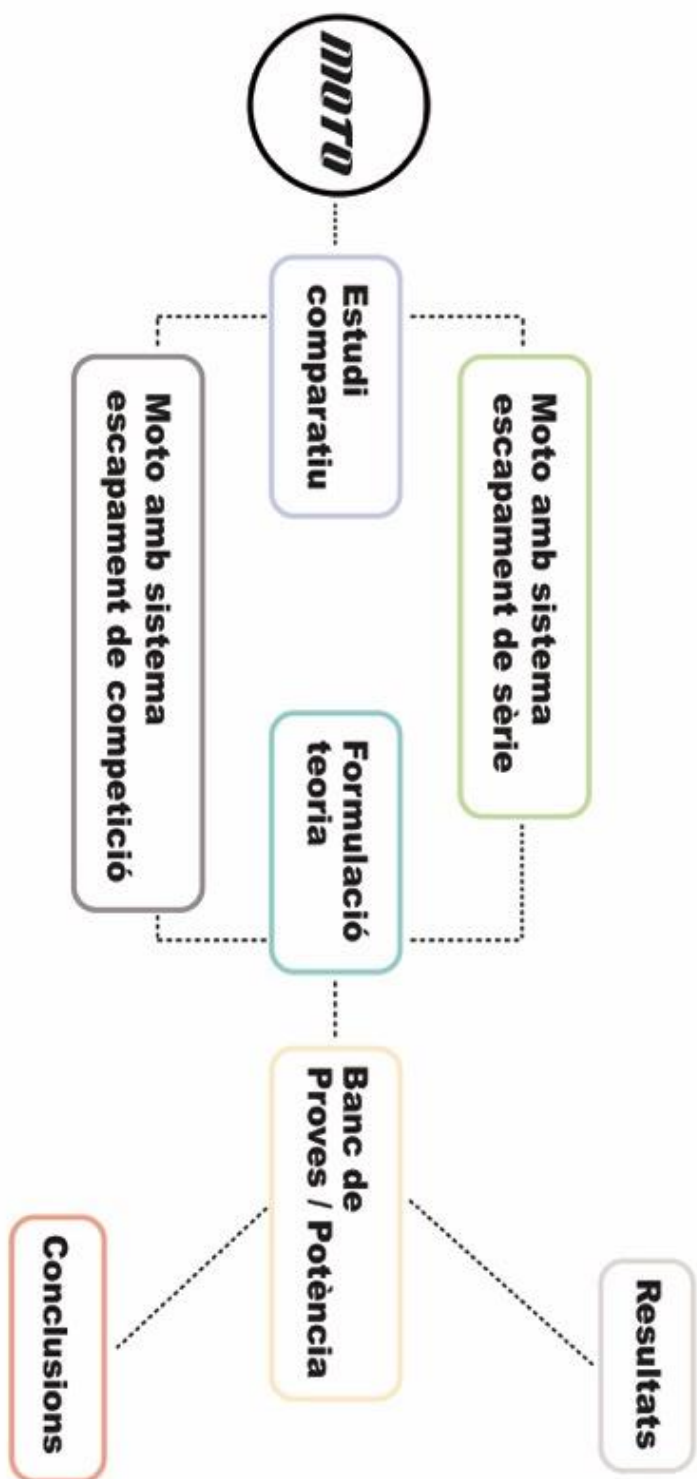


Figura 5.2  
Esquema de la  
metodologia  
utilitzada

### 5.3- OBTENCIÓ DE TOTS ELS ELEMENTS NECESSARIS PER LA COMPARATIVA

Com que ja tenia el sistema d'escapament de sèrie, faltava tenir-ne un de competició (amb prestacions suposadament més òptimes). És per això que vaig estar investigant, i finalment vaig escollir la opció que em va semblar més adient tant per el treball com per la modalitat que vaig, és a dir l'enduro.

Aquesta alternativa és un model de la coneguda marca "FMF", els quals dominen tot aquest món de l'enduro i cross.

L'escapament és el model "FMF factory KTM 125/150 EXC-SX" (Figura 5.3)



5.3 Figura de l'escapament adquirit per tal de fer la comparativa.

Font: [6]

El silenciador és el model "FMF six days KTM 125/150 EXC-SX" (Figura 5.4)



5.4 Figura del silenciador adquirit per tal de fer la comparativa.

Font: [6]

Al arribar al producte, afortunadament vam poder comprovar que el que havíem demanat era el que realment havia arribat (Figura 5.5).



5.5 Figura del producte que va arribar.

Font: pròpia

El preu de l'escapament és de 296,57€ i el del silenciador és de 187,49€, és a dir un total de 484,06€. Tots els components es van comprar a través de la pàgina web [www.secomoto.com](http://www.secomoto.com) [6]

#### 5.4- TALLER MECÀNIC I ESTUDI DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE SÈRIE

A partir d'aquest moment totes les imatges seran de font pròpia a menys que s'esmenti el contrari.

Tots aquests processos es portaran a terme en el taller Motos Matas, el qual és on sempre m'he adreçat en temes de moto. Aquest taller està situat a Sant Feliu de Pallerols.

En primer lloc pugem la moto sobre el banc de potència i la fixem per tal de que no es mogui durant la prova i les fotos. És després quan li fem les fotos amb el sistema d'escapament de sèrie i li fem la prova de potència (Imatges 5.6 – 5.9).

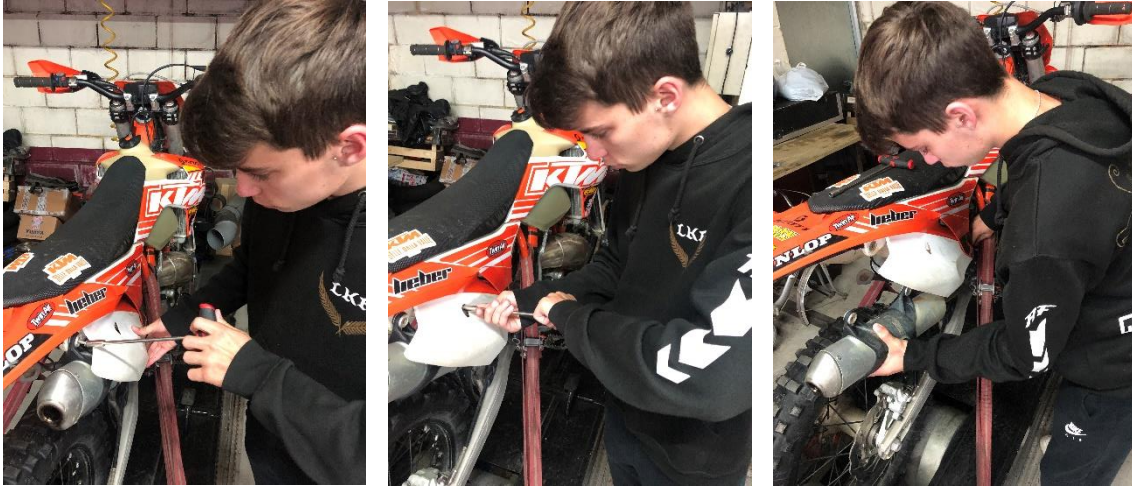


5.6 – 5.9 Imatges de la moto pujada i fixada en el banc de potencia amb el sistema d'escapament de sèrie.

El pròxim pas consistirà en el desmuntatge del sistema d'escapament de sèrie i fotografar-lo.

### 5.5- DESMUNTATGE DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE SÈRIE

Aquest procés s'ha de fer en un ordre concret, on les primeres parts a desmuntar seran les que es troben més lluny del bloc del motor, és a dir el silenciador i seguidament la bufanda (Imatges 5.10 - 5.15).

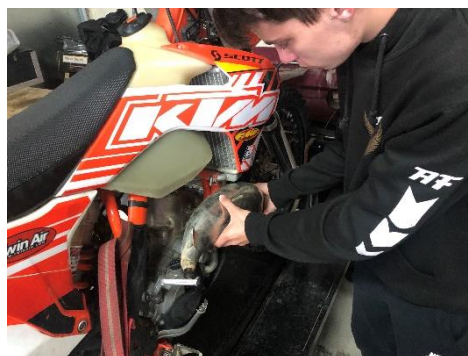


5.10 – 5.12 Imatges desmuntant el silenciador del sistema d'escapament de sèrie

Com bé ja s'ha mencionat anteriorment, el pròxim pas consisteix en desmuntar la bufanda (l'escapament)



5.13 – 5.15 Imatges desmuntant la bufanda (escapament) de sèrie.





Aquest és el resultat del sistema d'escapament de sèrie desmuntat de la moto (Imatges 5.16 i 5.17):



5.16 i 5.17 Imatges del sistema d'escapament de sèrie (silenciador i bufanda) desmuntats de la moto. Com es pot observar, les peces tenen clars indicis d'haver estat utilitzades.

### 5.6- COMPARACIÓ ENTRE DIFERENTS ELEMENTS DELS SISTEMES D'ESCAPAMENT

Aprofitant que tenim els dos sistemes fora de la moto i separats per peces, farem una senzilla comparativa sobre les característiques de cada part, elaborant així a la part final una teoria de com podria reaccionar el sistema d'escapament de competició envers el de sèrie. Seguirem el mateix ordre que ha estat utilitzat pel desmuntatge del sistema (Imatges 5.18 – 5.20).



5.18 Imatge dels dos silenciadors de la comparativa.

Com es pot observar a la foto, el silenciador de competició és una mica més llarg (mesuren 37cm i 40,5cm respectivament).

Podem observar que pràcticament els diàmetres són idèntics en els dos casos.

Tot i així, la longitud de la canya del silenciador de competició és menor a la de sèrie.



5.19 Imatge de la longitud de les canyes dels silenciadors de la comparativa.

Per tant, podem concloure que per part dels silenciadors, no afectaran molt en el resultat final, ja que mentre que el de competició guanya “baixos” gràcies a la seva longitud, en perd en termes de longitud de canya. Tot i així, aquesta darrere diferència és tant petita que hi ha la possibilitat que en el total es guanyin “baixos”.



5.20 Imatge de les bufandes de la comparativa.

\*En aquest apartat, per tal de facilitar l'enteniment del contingut, és d'ajuda fixar-se amb les parts en què ha estat soldada la peça, ja que ens indica on acaba, per exemple, el colze i on comença el con (les parts estan delimitades per una franja, que és per on s'ha soldat)\*

Per part de les bufandes, a primera vista ja podem veure com el de sèrie té una forma molt més irregular que la de competició.

El colze de la bufanda de competició és més llarg, per tant com vam mencionar en l'apartat 4, aquest afer ens donarà més baixos.

Com bé s'ha dit, la bufanda de sèrie és de forma més irregular. És per això que en el con hi trobem una curvatura molt més pronunciada que en el con de la bufanda de competició. Aquesta dada ens demostra que el con de la bufanda de competició té un angle menor, de manera que ens donarà més “baixos” que la de sèrie.

Per part del contra con, trobem que la bufanda de competició té un angle de conicitat major, de manera que la longitud de ressonància d'aquesta serà major a la longitud de ressonància de la bufanda de sèrie. Per tant, podem concloure que per part d'aquesta zona afavorirà a atribuir més “alts” a la moto si és la bufanda de competició, i més “baixos” si és la bufanda de sèrie.

Així que, podem argumentar que és probable que per part de les bufandes, la de competició ens ajudarà a guanyar “baixos”, perquè tot i que en la part del contra

## Comparativa entre el rendiment d'un sistema d'escapament de sèrie i un de competició

con és el contrari (guanyem "alts") la resta de la peça està estructurada per atribuir-nos "baixos".

El pes dels elements utilitzats en aquest apartat és el següent (Imatges 5.21 – 5.24):



5.21 Imatge on ens mostra que el pes de la bufanda de sèrie és de 1,91kg.



5.22 Imatge on ens mostra que el pes de la bufanda de competició és de 1,71kg.

Com es pot observar a les imatges, segurament degut a les millors prestacions del material, la bufanda de competició aconsegueix pesar 0,2kg menys.



5.23 Imatge on ens mostra que el pes del silenciador de sèrie és de 1,72kg.



5.24 Imatge on ens mostra que el pes del silenciador de competició és de 1,19kg.

Igual que passava en el cas interior, el silenciador de competició aconsegueix obtenir un pes de 0,53kg més lleuger que el de sèrie.

## 5.7- FORMULACIÓ DE LA TEORIA

Una vegada hem vist les característiques dels dos sistemes d'escapament, podem formular una teoria sobre el que pot ser que passi una vegada pugem la moto al banc de potència amb el sistema d'escapament de competició.

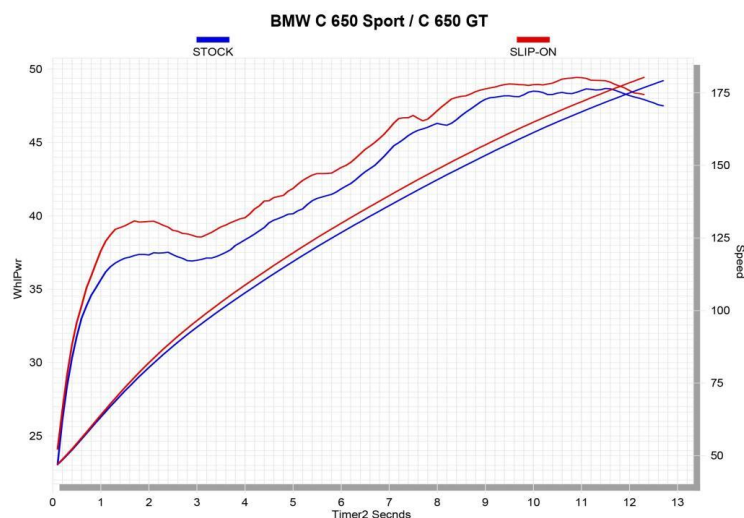
Com ja hem vist i hem pogut comprovar, aquest segon sistema té com a finalitat donar més potència a baixes revolucions (rpm), és a dir, ens atribueix “baixos”, tot i que en determinades zones hem observat que no era així, sinó que donava més “alts” que el sistema de sèrie.

És per això que hi ha certa probabilitat que una vegada tinguem les dues gràfiques i ens disposem a comparar-les, observem que en la gran part del recorregut el sistema d'escapament de competició ens aporta més potència (més cv) que el de sèrie, tot i que quan la moto es trobi treballant a elevades revolucions (rpm), hi ha la possibilitat de que els papers s'intercanviïn i sigui el sistema d'escapament de sèrie l'encarregat de donar-nos més potència.

A part, hem pogut observar que sobretot la bufanda del sistema de sèrie és molt irregular, de manera que pot afectar en la gràfica fent-la així més inestable (és a dir, que les entregues de potència variaran més a l'augmentar les revolucions). Mentre que per altra banda, podem pensar que el sistema d'escapament de competició ens oferirà una gràfica amb un recorregut més estable, sense canvis bruscos en l'entrega de potència, tenint en compte que en algun moment es pot creuar amb la gràfica del sistema de sèrie degut sobretot al comportament del contra con (que recordem que en aquest cas és el contrari i ens dona “alts” en comptes de “baixos”).

Recordem que això és únicament una teoria sobre el comportament del sistema d'escapament de competició i com podrien ser les gràfiques una vegada posades de costat.

Exemple d'una gràfica comparant diferents comportaments de la moto (Figura 5.25):



5.25 Gràfica de diferents comportaments d'una moto.

Font: [8]

### 5.8- MUNTATGE DEL SISTEMA D'ESCAPAMENT DE COMPETICIÓ

Una vegada feta la teoria sobre el comportament del nou sistema i les seves diferències envers el de sèrie, és hora de fer el muntatge del sistema d'escapament de competició.

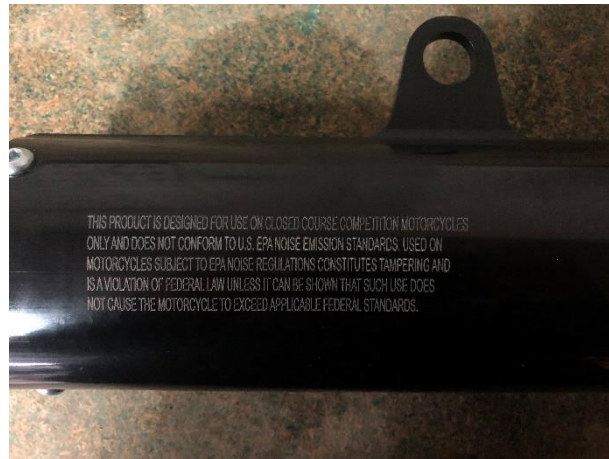
Es començaran muntant les peces més pròximes al bloc del motor, és a dir primer la bufanda seguida pel silenciador (Imatges 5.26 - 5.28).



5.26 Imatge de la bufanda del sistema d'escapament de competició. Com es pot observar, la peça porta gravada el logotip de la marca.



5.27 Imatge del silenciador del sistema d'escapament de competició.



5.28 Imatge del silenciador del sistema d'escapament de competició vist per l'altre costat.

Una curiositat que es pot apreciar del silenciador és que en un costat de la peça ens informa que aquest silenciador només es pot utilitzar en competicions, és a dir en circuits tancats, seguint les lleis de so i emissions dels Estats Units.

Aquesta norma ens dona a entendre que aquest silenciador contribueix més desfavorablement amb el medi ambient que el silenciador de sèrie (és a dir que tot i que és impossible saber la xifra exacta, sabem que produeix més emissions). A part, la peça col·labora amb que la moto emeti un so més intens, cosa que també és un inconvenient.

Aquest silenciador només es pot fer servir en vies públiques si es demostra que no sobrepassa els límits d'emissions i so que les lleis imposen.

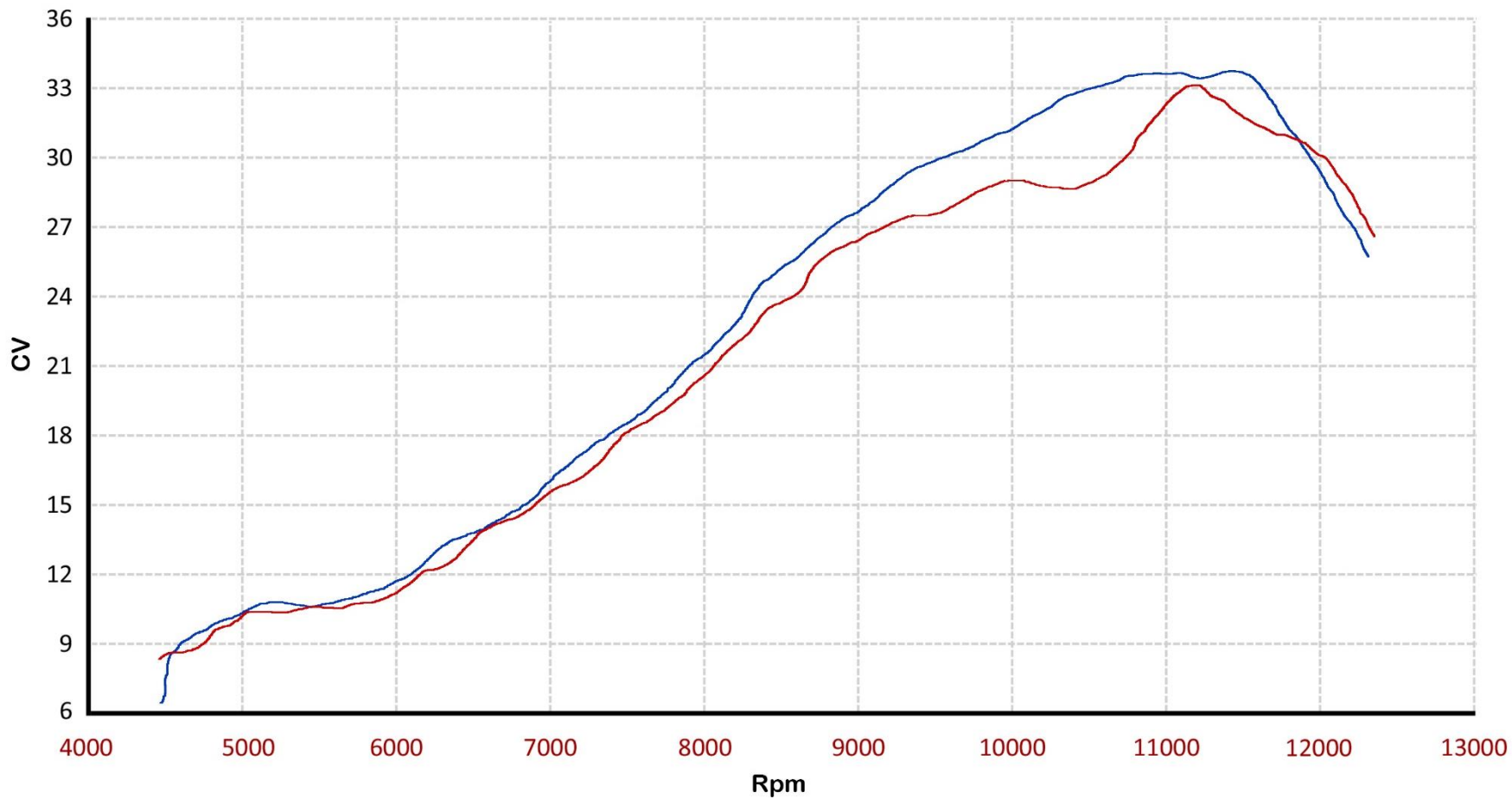
Fet el muntatge del sistema de competició, observarem el comportament de la moto en el banc de potència.

### 5.9- COMPORTAMENT DE LA MOTO AMB ELS DIFERENTS SISTEMES D'ESCAPAMENT

Una vegada enllestit l'apartat anterior i havent aconseguit un resultat del comportament de la moto amb el sistema de competició, toca comparar les dues gràfiques per veure com han contribuït en la potència donada pel motor en cada règim.

Per portar-ho a terme, adjuntarem les dues gràfiques en la mateixa plantilla. D'aquesta manera, podrem observar de manera clara i precisa cada resposta del motor, és a dir cada comportament donat gràcies als diferents sistemes d'escapament.

La figura resultant amb les dues gràfiques és la següent (Figura 5.29):



Sistema d'escapament de sèrie

Figura 5.29 Gràfica resultant de les dues proves.

Sistema d'escapament de competició

Règim	Original	FMF
(Rpm)	(CV)	(CV)
4500	8,53	6,6
5000	10,32	10,45
5500	10,56	10,56
6000	11,27	11,66
6500	13,93	14,04
7000	15,74	16,56
7500	18,22	18,73
8000	20,65	21,48
8500	23,53	25,21
9000	26,4	27,72
9500	27,58	30,12
10000	29,05	31,33
10500	29,04	32,89
11000	32,41	33,71
11500	31,55	33,72
12000	30,12	29,62
12500	25,56	25,21

Taula 5.30: Taula de valors.

## 5.10- DISCUSIÓ DELS RESULTATS

\*Per no repetir tantes vegades “sistema d'escapament de sèrie i de competició”, parlarem del de sèrie com a “escapament 1” i el de competició com a “escapament 2”.

Com hem pogut apreciar en el gràfic, hi ha un canvi notable en la resposta del motor:

Contra tot pronòstic, s'ha demostrat que l'escapament 1 ens ofereix més potència a molt poques revolucions. Aquest fet segueix succeint fins passades les 4500 revolucions. És allà quan l'escapament 2 comença a donar més potència que el seu contrincant.

A mig règim de revolucions, veiem com en tot moment l'escapament 2 es troba per sobre, tot i que l'escapament 1, a causa de la seva major irregularitat, en algun punt es troba a prop o fins i tot aconsegueix assolir la mateixa potència. Algun exemple: a 5000rpm (0,12cv més), a 5500rpm (pràcticament els mateixos cv), a 6500rpm (0,11 cv més).



A mesura que les revolucions van pujant, trobem que la moto actua amb més potència amb l'escapament 2, fins que a partir de les 10500 voltes les coses varien: l'escapament 1 comença a retallar diferències envers el seu contrincant, aconseguint així atribuir més cavalls a les 12000 i 12250 rpm.

Per tant quan la moto es troba amb molt poques revolucions, a l'igual que en el màxim d'aquestes, l'escapament 1 aconsegueix ajudar a que la moto tingui un comportament més òptim.

Malgrat això, en la resta de gràfica és l'escapament 2 qui aconsegueix obtenir més bon resultat, de manera que és aquest el que predomina si generalitzem.

### 5.11- CONCLUSIONS DE LA COMPARATIVA

Tal i com s'ha mencionat a l'apartat anterior, el sistema d'escapament de competició ha donat generalment parlant un rendiment més òptim. Tot i així, ara analitzarem si val la pena fer aquesta millora a la nostra moto.

Tenint en compte que el preu del sistema d'escapament de competició suma un total de 484,06€ sense tenir en compte la mà d'obra, podem concloure que aquest accessori pot ser adient per la nostra moto depenent de l'ús que li donem en aquesta. És a dir, si nosaltres acostumem a practicar la modalitat d'enduro, al necessitar una entrega de potència més continuada i tenint com a prioritat els "baixos", seria una bona elecció modificar-la amb aquest sistema.

Pel contrari, si utilitzem la nostra muntura per circuit (on es practiquen modalitats com el motocròs), aquesta no seria l'elecció correcta. Això és degut a que en aquestes activitats, la moto es porta molt revolucionada (és a dir, a molt altes revolucions) en gran part del temps i es necessita una reacció del motor més nerviosa, cosa que significaria que aniríem escassos d' "alts" (tot i així, com és evident, hi ha opcions de sistemes d'escapament que s'adapten a aquests requeriments).

Ja que aquest treball, entre altres coses, està fomentat per la veracitat de la informació i característiques, algunes propietats no s'han pogut mesurar a causa de la seva impossibilitat, encara que és important tenir present que afecten i com ho fan al motor de la moto. Exemple: angle de conicitat del con. En aquest cas, no es pot mesurar el seu angle, i a la web oficial del producte no hi ha informació que ens ho detalli.

Tot i així, en alguns casos hem pogut comparar algunes parts dels dos sistemes d'escapament. Exemple: si diem que l'escapament de competició és més ample que el de sèrie, probablement l'angle de conicitat del con també serà major.

A part, també s'ha de tenir en compte un detall sobre les emissions de la moto: degut a que el combustible del vehicle està format per una mescla de gasolina i oli (combustible de les 2T), el resultat del mesurador d'emissions (l'instrument que es fa servir, imatge 5.31) surt distorsionat, la qual cosa significa que el resultat no és verdader. Vaig investigar molt a fons per veure si hi havia algun altre mètode, però cap convenient per les motos 2T. És per això, que en aquest apartat podem concloure que tot i no saber exactament les emissions de la moto, al tenir un motor 2T el vehicle produeix moltes més emissions que la resta de motos, cotxes...

Aquest fet succeeix perquè no s'aprofita la totalitat de l'energia del motor i no es cremen algunes substàncies, les quals més tard són expulsades per contaminar l'ambient. Els gasos que aquest tipus de motor emeten a la atmosfera són carboni, diòxid de carboni i el monòxid de carboni.\*



Imatge 5.31: mesurador d'emissions.

## 6. CREACIÓ D'UN SILENCIADOR ARTESANAL

La part pràctica d'aquest treball consistirà en crear un silenciador artesanal. Per facilitar el procés, s'agafaran mides del silenciador de sèrie: d'aquesta manera, tindrem una referència i no hi haurà tanta complicació a la hora de fabricar aquesta peça (recordem que farem un silenciador començant des de zero).

Per portar a terme aquesta tasca, fa falta l'ajut d'una persona amb experiència en el món del ferro i el metall. Afortunadament, un familiar compleix aquests requeriments (gràcies a que ha treballat tota la vida de ferrer), i és per això que serà l'encarregat de donar-nos un cop de mà durant tot el projecte.

Feta aquesta petita introducció, comencem amb la creació del silenciador:

### 6.1- INICI DEL PROCÉS ARTESANAL

El primer pas a seguir és aconseguir una peça d'acer que es pugui treballar per tal d'aconseguir que sigui la part principal del silenciador.

En aquest cas agafem un tub d'acer que té una longitud molt semblant a la del silenciador de sèrie. Aquest tub és buit per dins, cosa que facilitarà la deformació d'aquest per tal d'aconseguir la forma corresponent: un oval (imatge 6.1).



6.1. Imatge del tub de ferro que utilitzarem per a la creació del silenciador artesanal.

## 6.2- DEFORMACIÓ DEL TUB PRINCIPAL



Després de tenir el tub adequat, toca donar-li la forma desitjada. És a dir, passarem d'un tub rodó a un oval.

Això ho farem possible gràcies a una màquina de premsar (Imatge 6.2).

6.2 Imatge de la màquina de premsar mentre aconseguim donar-li la forma desitjada a la peça.

## 6.3- DIÀMETRE DE L'ORIFICI DE LA CANYA I DOBLADA D'AQUESTA

Seguidament toca mesurar el diàmetre que fa el forat que connecta la canya del silenciador amb la bufanda. Aquest pas el portarem a terme amb un peu de rei, que ens ajudarà a saber-ne la llargada exacta.

Finalment ens fa donar un diàmetre de 27mm, és a dir, 2,7cm.

El següent pas consisteix en aconseguir un tub que tingui un diàmetre de 2,7cm (afortunadament en vam aconseguir un però si el marge d'error fos petit no hi hauria hagut cap problema).

Seguint avançant, necessitem saber exactament allà on haurem de doblar la canya per tal d'aconseguir la forma més semblant al silenciador de sèrie. Per aconseguir-ho, agafem el tub que utilitzarem de canya i el posem de costat amb la canya del silenciador de sèrie (Imatge 6.3). Després, amb l'ajut d'un retolador, fem marques allà on necessitem doblar el tub.

Havent marcat, ens dirigim a la dobladora de tub: una màquina molt antiga, que casi que ja no s'utilitza, que com bé el seu nom indica té la finalitat de doblar principalment tubs (Imatges 6.4 - 6.6).

Una vegada tenim la inclinació de la canya adient, la tallem a la mida de la canya del silenciador de sèrie amb l'ajut d'una serra.



6.3 Imatge de les marques fetes al tub per saber els llocs exactes on l'hem de doblar.



6.4 Imatge de la dobladora de tubs, màquina amb molts anys d'història amb escàs servei en l'actualitat.



6.5 Imatge del tub a la dobladora abans de ser treballat.



6.6 Imatge del tub a la dobladora mentre és treballat.

#### 6.4- REDUCCIÓ DE LA LONGITUD DE LA CANYA

Una vegada tenim la canya doblada, toca retallar-la per tal d'aconseguir que faci la longitud desitjada (recordem que serà la mateixa que la de la canya del silenciador de sèrie, ja que ens inspirem amb aquest).

Per fer el tall utilitzarem una serra (Imatge 6.7)



6.7 Imatge de la serra tallant el tub utilitzat com a canya.

#### 6.5- TAP DEL SILENCIADOR I ADQUISICIÓ DE LA SEVA FORMA

El procediment següent consisteix en fer el tap de la part inferior del silenciador, és a dir allà on aquest es connectarà amb la canya.

Per aconseguir aquesta peça utilitzarem una planxa i marcarem amb retolador la forma del que serà un tap (Imatge 6.8)

Una vegada tenim marcada la zona, utilitzarem la màquina encarregada de foradar per fer l'orifici. També farem servir un pic perquè la broca no corri a l'hora de treballar (Imatge 6.9)



6.8 Imatge d'una vegada feta la marca indicant la forma del tap.



6.9 Imatge del procés on es fa el forat a la planxa.

Al tenir assenyalada la forma que haurà de fer el tap, toca començar a fer-la.

La cisalla manual, que en aquest cas és una eina feta artesanalment, serà l'encarregada de donar-li forma a la peça (Imatge 6.10).

Una vegada el tap té la forma, utilitzarem una radial per acabar de polir la peça, aconseguint així el resultat desitjat.



6.10 Imatge de la cisalla manual, la qual és una màquina de procedència artesanal.

### 6.6- SOLDADURA DEL TAP

Al tenir el tap amb la forma corresponent, el soldarem perquè quedi fixat a la part principal del silenciador (recordem que el lloc corresponent del tap és a la part posterior).

Per soldar el tap utilitzarem un soldador. Primer el soldarem una mica per a cada costat, de manera que quedi mínimament agafat per després procedir a acabar de fer la soldadura o moure la peça en cas que no estigui ben col·locada (Imatges 6.11 – 6.14).

Ja per finalitzar l'apartat, farem els últims retocs polint el contorn amb la radial.



6.11 Imatge del tap mentre és soldat pel soldador.



6.12 Imatge del tap soldat vist des de la vista lateral.



6.13 Imatge del tap soldat vist des de la vista frontal.



6.14 Imatge una vegada la canya ha estat soldada en el tap.



### 6.7- PART FINAL DEL SILENCIADOR I DEFORMACIÓ DE LA PEÇA

Per fer la part final del silenciador, és a dir per allà on sortiran els gasos de combustió, utilitzarem una altra planxa a la qual li anirem donant la forma que ens convingui.

Aquest procés és semblant al que hem portat a terme amb l'altra planxa, ja que comparteixen apartats. Per exemple, utilitzarem un rotulador per marcar la forma de la peça, i amb l'ajuda del taldro de grans dimensions farem un altre forat (imatges 6.15 i 6.16).

Aquest forat no s'ha de fer al centre, ja que la part de dalt es deformarà per aconseguir que adquireixi la forma més semblant a la del silenciador de sèrie.



6.15 Imatge de la tècnica utilitzada per fer la marca.



6.16 Imatge de l'orifici efectuat i de la forma que tindrà la peça.

Com bé s'ha mencionat anteriorment, la part final del silenciador no serà plana, sinó que s'ha de deformar per la part superior.

Això ho podrem aconseguir amb una màquina de premsar i fent un dels últims detalls amb el martell (imatges 6.17 i 6.18)

Aquí haurem d'anar amb precaució sobretot a l'hora d'utilitzar la premsa, ja que una mala deformació podria causar que la peça perdés qualitat o que no en fos apte el seu ús.



6.17 Imatge de la peça sent treballada per la premsa.



6.18 Imatge de la peça sent treballada pel martell, l'encarregat d'acabar-li de donar la forma desitjada.

### 6.8 DARRERS CANVIS EN LA FORMA DE LA PEÇA

Al tenir ja bastant avançada la forma de la peça que anirà a la part final del silenciador, farem servir de nou la cisalla manual per retallar els contorns i per tal de que quedi encara més pronunciada la forma desitjada (Imatges 6.19 - 6.21).

Ja aconseguir el producte, agafarem el silenciador i li rebaixarem les parts dels contorns en els quals enllaçarem la peça. D'aquesta manera, aconseguirem que tota l'estructura quedi més ajustada (Imatge 6.22).



6.19 Imatge de la cisalla manual mentre treballa la peça.



6.20 Imatge del producte treballat vist des de la part frontal.



6.21 Imatge del producte treballat vist des de la part posterior.



6.22 Imatge del silenciador, on es veuen els contorns d'un dels costats rebaixats per facilitar l'encaixament.

### 6.9- UNIÓ DE LES DUES PECES (SILENCIADOR I PEÇA DE LA PART POSTERIOR D'AQUEST)

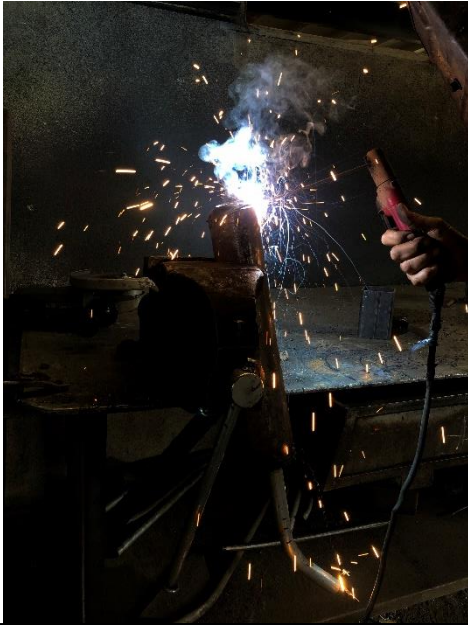
Primer de tot i amb molt de compte, soldarem el mínim per cada costat, aconseguint així que la peça s'aguanti sobre la superfície del silenciador, però que amb el mínim esforç es pugui maniobrar en cas d'haver-la de col·locar del tot correcte (Imatge 6.23).

Abans de portar a terme la soldadura final, mirarem com queda el producte deformat anteriorment en el silenciador. D'aquesta manera, podrem veure si s'han de rebaixar més els costats per tal de tenir més facilitats a l'hora de soldar i perquè no sobri tanta part (aquest procés s'assolirà amb l'ajut de la radial).



Una vegada les dues peces encaixen a la perfecció acabem de soldar el conjunt i en polim la forma, enllestint així la part final del silenciador (Imatges 6.24 i 6.25).

6.23 Imatge del silenciador soldat pels costats.



6.26 Imatge del silenciador mentre és soldat amb el soldador.



6.27 Imatge del resultat final després de la soldadura de les dues peces.

#### 6.10- INICI DE LA CREACIÓ DELS SUPORTS

La última part del silenciador que haurem de fabricar són els suports. Els suports s'encarregaran de que el silenciador agunti la postura adequada. Aquestes peces hauran de ser el més exactes possibles a les del silenciador de sèrie per tal de que a l'hora de muntar el sistema artesanal els suports concordin amb els orificis que se'ls hi ha atribuït.

El forat del suport pel qual passarà el cargol serà de 8mm (s'ha utilitzat un peu de rei prèviament calibrat i netejat per mesurar aquest diàmetre).

Sabent les dimensions que haurà de fer el forat, escollim la peça que utilitzarem de referència com a suport. És a dir, ens basarem amb aquesta per fer la seva parella, els quals els dos junts tindran la funció mencionada anteriorment (aconseguir que el silenciador estigui en la posició que li pertany).

Una vegada aquesta ha estat escollida, n'agafem una amb les característiques més semblants possibles i les aconseguim fer idèntiques amb l'ajut d'una serra (imatge 6.28).



6.28 Imatge de la serra i les peces que utilitzarem per fer els suports.

En aquesta imatge, es pot observar la serra que ens ajudarà a fer els dos suports idèntics gràcies a la seva elevada potència.

En la part superior del número "1", podem apreciar la peça que hem agafat de referència per fer els suports.

En el número "2" identifiquem un conjunt de peces, una de les quals escollirem per tal de fer-la el més semblant possible a la que s'ha agafat de referència.

### 6.11- PERFORACIÓ DELS SUPORTS

Com bé ja s'ha dit, farem un forat a cada peça de 8mm. Aquesta part l'aconseguiem assolir amb l'ajut d'un trepant elèctric, màquina utilitzada prèviament en altres apartats (imatges 6.29 – 6.30).

A continuació, farem les parts superiors d'aquests suports d'una forma més arrodonida gràcies a la radial.



6.29 Imatge del trepant elèctric just abans de fer el forat.



6.30 Imatge del trepant elèctric mentre fa el forat.

### 6.12- MARQUES I SOLDADURA DELS SUPORTS

Ja hem comentat que al igual que en tot el silenciador, se'ls hi ha d'atribuir les característiques més exactes en els suports que hem creat, comparant-los amb els de sèrie. Tenint això en compte, hem d'observar la posició en què aquests s'han de col·locar per aconseguir un resultat òptim.

Utilitzarem un metre per mesurar la longitud que hi ha des del final de la canya fins el primer suport i la distància entre suport i suport. Les marques les farem amb retolador/permanent (Imatge 6.31).



6.31 Imatge de les marques fetes al silenciador, indicant la posició on es soldaran els suports.

Ja com a darrera part del muntatge, soldarem els dos suports a la altitud justa d'on hem fet les marques anteriors. Soldarem les peces amb un soldador i amb precaució, per si és el cas que hem de rectificar la posició d'un dels elements (Imatges 6.32 i 6.33).



6.32 Imatge del silenciador mentre se solden els suports.



6.33 Imatge del silenciador amb els suports soldats.

### 6.13- DETALLS FINALS I RESULTAT DEL DISSENY

Una vegada tenim tot el silenciador enllestit, farem els últims retocs amb la radial. Per exemple, es poliran les soldadures. És a dir, s'eliminarà tota aquella soldadura restant que ha quedat incrustada en el sistema i que no ens està fent cap servei (Imatge 6.34).



6.34 Imatge del silenciador mentre se li treballen els últims retocs.

El resultat del disseny d'un silenciador és el que es mostra en la pàgina posterior (Imatges 6.35 i 6.36). Només té la mancança de les fibres de vidre que es posen a dins del sistema per tal de complir les normatives d'emissions i so.

Per tant, aquest tub no té els trets requerits per tal de ser homologat.

Ja per acabar amb aquest projecte pintarem el silenciador el més aviat possible, evitant així que es rovelli.



6.35 Imatge del silenciador una vegada enlestits tots els processos de fabricació.



6.36 Imatge sostenint el silenciador.

#### 6.14- DARRERS RETOCS EN EL SILENCIADOR I RESULTAT FINAL

Per tal d'aconseguir treure el rovell o la brutícia que ha quedat incrustada al silenciador, utilitzarem un trepant. En aquest, li canviarem la broca per una peça caracteritzada per treballar amb ferro en comptes de fer-ho amb pèl (Imatge 6.37).



6.37 Imatge de l'eina utilitzada per polir el silenciador.

D'aquesta manera, acabarem de polir el silenciador i el deixarem a "ferro viu". Per tant, l'hauré de pintar el més aviat possible evitant així que es torni a rovellar.

Pintarem tot el sistema amb una pintura especial anomenada pintura anticorrosiva. Aquest model es caracteritza per tenir la capacitat d'aguantar altes temperatures, de manera que és la ideal pel nostre silenciador, ja que la peça s'escalfa si és sotmesa a un ús seguit sense pausa. Aquesta pintura s'acostuma a utilitzar en llocs on s'acumula molta calor (Imatge 6.38).





6.38 Imatge de la pintura anticorrosiva emprada per pintar el silenciador.

Després d'haver-li treballat dos capes de pintura, el resultat és el de continuació (Imatge 6.39).

Estèticament, la millora ha estat considerable comparant-lo amb les condicions en què estava anteriorment (Imatge 6.40).



6.40 Imatge del silenciador abans de ser pintat.

6.39 Imatge del silenciador una vegada pintat.



## 7. CONCLUSIONS DEL TREBALL

Tal i com s'ha mencionat en la introducció, aquest treball està centrat en comparar el diferent rendiment que et proporciona un sistema d'escapament de sèrie i un sistema d'escapament de competició, analitzant-los part per part.

En primer lloc, s'introdueix al lector en el temari. Això s'aconsegueix destinant una sèrie de capítols a l'enteniment de la persona, explicant així característiques de la moto utilitzada en el treball, el funcionament d'un motor 2T, el sistema d'escapament, les seves parts i com aquestes afecten en el comportament de la moto, etc. S'ha de dir que la informació sobre el sistema d'escapament d'un motor 2T és escàs a les xarxes.

El segon objectiu consisteix en anar explicant detalladament cada procés que es porta a terme en la comparativa, on el contingut es veu reforçat en veracitat gràcies a les imatges.

Com a part pràctica, es fa un silenciador artesanal començant des de zero. Igual que en l'apartat anterior, el text va acompanyat de fotografies.

Podem dir que s'ha arribat fins allà on es va proposar el principi del treball, ja que tot i tenir molts contratemps, el projecte tracta i analitza el rendiment de dos sistemes d'escapament.

El primer va ser assumir que no es pot saber depèn de quina informació detallada de la moto, com ara dimensions d'algunes de les parts dels sistemes d'escapament (la longitud de ressonància, la longitud de la càmera d'expansió, l'angle de conicitat del con i el contra con.... entre altres) vaig dedicar molt de temps en buscar aquesta informació en el llibre oficial de la moto, mecànics, internet... Em vaig arribar a posar en contacte per correu amb proveïdors com "secomoto"[6] i "fmf". Només de "secomoto" vaig rebre resposta i va ser per comunicar-me que no em podien ajudar (imatge del correu a l'annex). En aquest apartat vaig perdre el temps que em va fer anar a contrarellotge durant gran part del treball.

El següent obstacle va ser el tema de les emissions. Havia de ser una part essencial del treball degut a la seva importància i les regulacions que se'n fan d'aquestes actualment. Segurament per aquest mateix motiu no vaig aconseguir el meu propòsit, i és que novament vaig ser incapaç de saber la quantitat exacta d'emissions de la meva moto, ja que els aparells utilitzats per determinar la quantitat d'aquests gasos és incompatible amb els motors 2T. Novament, vaig preguntar a una empresa i no em van saber donar la resposta que buscava.

Personalment, he après molts conceptes sobre la matèria que em poden ser útils en un futur, ja que vaig decidir fer aquest projecte en part per enriquir-me en coneixements sobre la mecànica i el funcionament de la meva moto.

No obstant, estic molt orgullós del treball realitzat, ja que he fet tot el que ha estat en les meves mans per assolir els objectius que em vaig proposar, i si alguna

cosa tenia clara abans de començar era escollir un tema que m'apassionés molt, ja que hi hauria de dedicar moltes hores i em trobaria amb molts entrebancs, de manera que al ser un tema que m'encanta, sobrepassaria tots aquests aspectes amb ganes. A més a més, realment la satisfacció és plena quan al final aconseguixes el que t'havies proposat amb la mínima ajuda externa (segurament degut a les circumstàncies i de que no hi ha informació del tema al respecte. Només em quedo amb el regust del tema de les emissions a causa de la impotència que em transmet.

## **8. AGRAÏMENTS**

Vull fer referència a totes aquelles persones que m'han donat el seu suport durant el treball i que m'han ajudat a completar-lo de la millor manera possible.

En primer lloc, agrair-li al meu tutor tot el temps que m'ha dedicat i tots els consells amb els que m'ha ajudat a millorar al llarg de tot el procés, ja que sense aquest pilar probablement el ritme de treball i la qualitat del contingut no haurien estat a la mateixa alçada que actualment.

També, donar-li les gràcies en Gerard Matas, del taller "Motos Matas" per la gran col·laboració que ha tingut facilitant-me el seu taller, així com el banc de potència entre altres màquines, i traient-me de dubtes sobre el temari treballat. Si no hagués estat pel seu compromís, alguns apartats haurien estat molt complicats de portar a terme.

A més a més, estic molt agraït al Dr. Joan Andreu Mayugo, professor catedràtic d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial, actualment vicerector de personal de la Universitat de Girona, per ajudar-me a polir l'estructura del treball i per resoldre'm qüestions del tema que m'havien quedat.

Finalment, agrair de tot cor els ànims incondicionals de tota la família, ja que ha estat donant-me el suport necessari en els moments més complicats (quan les coses no anaven com s'esperaven) i per el seu ajut, sobretot en Josep, que ha estat qui m'ha ajudat amb la part pràctica dissenyant el silenciador artesanal.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bloc d'internet sobre motors 2T, consultat a mitjans d'abril. URL: <http://blog.ipcycles.com/motorcycle-exhaust-terms-explained/>
- [2] Pàgina d'internet on s'exposa la fitxa tècnica de la moto utilitzada en el treball, consultat al maig. URL: <https://www.arpem.com/ktm/precios-motos/2016/ktm-125-exc.html>
- [3] Bloc d'internet sobre motors 2T, consultat al maig. URL: <https://como-funciona.co/un-motor-de-2-tiempos/>
- [4] Bloc d'internet sobre el sistema d'escapament d'un motor 2T, consultat al maig. URL: <https://www.motoscoot.net/blog/como-funciona-motor-dos-tiempos/>
- [5] Autor: Ernest Ayala Pastor, "Optimització del sistema d'escapament per a un ciclomotor de 49 cm<sup>3</sup>", publicat el juny del 2015. URL: <https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/11570>
- [6] Botiga en línia d'accessoris per a la moto utilitzada en el treball, consultat a mitjans de juny. URL: <https://www.secomoto.com/powerparts/powerparts-offroad/escapes.html/?cat=256>
- [7] Botiga en línia d'accessoris per a la moto utilitzada en el treball, consultat a mitjans de juny. URL: <https://www.ktm.com/es-int/ktmpowerparts/?category=KE3-16007213/KE4-16007215&year=2016&segment=Enduro&model=F7103P6>
- [8] Bloc d'internet on s'analitza un sistema d'escapament, publicat el 17 d'abril de 2018. URL: <https://www.formulamoto.es/bmw/c-650-sport/2018/04/16/comparativa-bmw-c-650-sport/21081.html>
- [9] Botiga en línia on s'ofereix subministrament de material de diverses matèries, consultat al setembre. URL: <http://www.suministrosprofesionales.com/es/emisiones/157-medidor-radiaciones-microondas-trotec-br15.html>

## 10. ANNEXOS

### 10.1- ANNEX SOBRE LA NORMATIVA EURO 4

El 2016 va ser el darrer any en el que es van produir motos 125 dos temps de la modalitat enduro. Aquest succés és degut a l'arribada de la normativa de l'Euro 4, que portava amb ella unes estrictes normes a complir.

La desaparició d'aquesta cilindrada és degut en gran part a la tipologia del seu petit motor. És a dir, aconseguir que aquestes motos s'adaptin a la normativa Euro 4 no és del tot impossible, l'únic problema està en que els fabricants haurien de fer grans inversions econòmiques i dedicar-hi un temps excessiu. Aquest fet no passa amb les motos de major cilindrada, ja que al ser motors d'injecció electrònica, es pot afinar més fàcilment les emissions de CO i hidrocarburs no cremats.

Però, què és el que exigeix la nova normativa? L'estricta Euro 4 busca reduir un 56% de les emissions de CO i hidrocarburs permesos en la normativa Euro 3, passant així de permetre emetre 2620 grams de CO per kilòmetre recorregut a només 1140 grams. La declaració d'aquesta normativa ha causat l'anunci de diversos fabricants com Ktm, Husqvarna, Gas Gas... informant que deixaran de fabricar els seus productes de cilindrades 125cc i 50cc, les més petites del sector.

Tot i així, les motos dissenyades per circuit com les de motocròs mantindran la seva producció, ja que aquesta normativa no els afecta. No obstant, el descontent és majoritari, ja que tot i que existeix un procés molt complex on s'implanta un kit a la moto de cross per transformar-la en part amb una d'enduro (o intentant importar motos dels Estats Units), els aficionats en aquest tema saben que s'ha acabat l'etapa de les 125cc dos temps.

Tota una llàstima.

Font d'informació:

<https://www.moto1pro.com/enduropro/reportajes/desaparecen-las-125-2t-de-enduro-en-2017>

## 10.2- ANNEX SOBRE EL CORREU ENVIAT A UN DELS FABRICANTS



**Has recibido un formulario de contacto:**

Nombre: Arcadi

Correo electrónico: [arcadifm27@gmail.com](mailto:arcadifm27@gmail.com)

Teléfono: 619840311

Comentario:

Buenas, soy un alumno de bachillerato y estoy trabajando en un proyecto donde se compara el distinto rendimiento del sistema de escape de serie y el fmf (bufanda y petaca) de la ktm exc 125 2016. La cuestión es que ya tengo las piezas pero me faltan algunos datos como las dimensiones de la bufanda y petaca, tanto de serie como fmf, ya que la longitud del silenciador es fácil de medir, pero el diámetro y longitud de la bufanda, no. Me preguntaba si me podrían facilitar algún dato útil sobre los objetos mencionados, ya que en ninguna parte (ni tan solo la web oficial) menciona estos datos. Si tienen información sobre estos sistemas de escape, aunque no sean medidas, sería de mucha ayuda también. Muchísimas gracias por su tiempo. Arcadi

Secomoto SA - Calle Joaquín Sorolla, 95,28522 Rivas-Vaciamadrid (Madrid) - 914 99 05 95

RE: CONSULTA RECAMBIOS Safata d'entrada x



Recambios Secomoto <recambios@secomoto.com>  
per a mi

9 de maig 2019 11:25 ☆ ↶ ⋮

espanyol > català Tradueix el missatge

Desactiva per a: espanyol x

Buenos días, nosotros no tenemos ningún dato técnico de estos escapes, lo sentimos.

Saludos