



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

## **DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECAMARA DE ESCAPE  
“TUNED PIPE” PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN  
MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX 100**

**AUTORES:**

**SEMBLANTES CLAUDIO YADIRA MARICELA**

**CHILQUINGA GUANOPATIN EDWIN OMAR**

**DIRECTOR: ING. LUIS MENA N.**

**CODIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ E.**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS–ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICADO**

Ing. Luis Mena (DIRECTOR)

Ing. Leonidas Quiroz (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECAMARA DE ESCAPE “TUNED PIPE” PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX 100”, realizado por EDWIN OMAR CHILQUINGA GUANOPATIN y YADIRA MARICELA SEMBLANTES CLAUDIO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por el Reglamento de Estudiantes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a YADIRA MARICELA SEMBLANTES CLAUDIO Y EDWIN OMAR CHILQUINGA, que lo entregue al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Ing. Luis Mena  
DIRECTOR

---

Ing. Leonidas Quiroz  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS: YADIRA MARICELA SEMBLANTES CLAUDIO  
EDWIN OMAR CHILIQUELINGA GUANOPATIN

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECAMARA DE ESCAPE “TUNED PIPE” PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX 100”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que figuran manteniendo normas APA, y cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta manifestación, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Yadira M. Semblantes C.

C.C. : 0503577744

---

Edwin O. Chiliqueinga G.

C.C.: 0503066284

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

## CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### AUTORIZACIÓN

Nosotros: YADIRA MARICELA SEMBLANTES CLAUDIO  
EDWIN OMAR CHILIQUEQUINGA GUANOPATIN

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECAMARA DE ESCAPE “TUNED PIPE” PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX 100”, en el cual, el contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2015.

---

Yadira M. Semblantes C.

C.C.: 0503577744

---

Edwin O. Chilikuinga G.

C.C.: 0503066284

## DEDICATORIA

*Al culminar mi carrera y cumplir algunas metas sueños, que mi corazón anhelaba dedico este proyecto de tesis principalmente a Dios por haberme permitido venir a este mundo, y a todas las personas que creyeron en mí.*

*A mi familia por ser el pilar fundamental de mi vida, mi oxígeno y mis ganas de vivir.*

*A mi madre Blanca y a mi padre Pedro, por darme la vida, por siempre estar a mi lado, enseñarme a luchar por lo que quiero, y no desfallecer, por darme su cariño y apoyarme incondicionalmente en el camino.*

*A mis hermanos Carolina, Luis, Diana, y Nancy, a mis abuelitos por siempre estar a mi lado y apoyarme a lo largo de mi vida estudiantil.*

*Y a un ser muy especial que hace 24 años está en el cielo, pero que me cuido siempre y sé que le hubiera encantado poder compartir esta alegría conmigo.*

*A mis amigos por tantos buenos momentos compartidos dentro y fuera de las aulas.*

*Yadira*

## DEDICATORIA

*El constante amor, la inquebrantable entrega y el enorme sacrificio que has entregado día tras día madre querida permanecerá impregnado en mi ser, reflejo de aquello me ha permitido haber llegado hasta este momento tan sustancial de mi formación profesional, donde he realizado este proyecto de tesis el cual te lo dedico con todo el cariño a ti mamita Fátima Elena Guanopatin Ruiz por ser el pilar más importante en la adquisición de esta meta.*

*Omar*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme dado la vida, haberme permitido cumplir mis metas, y llegar a este momento tan especial.*

*No hay palabras que puedan describir mi profundo agradecimiento hacia mis Padres, y hermanos quienes durante todos estos años confiaron en mí, compartieron mis triunfos con alegría y estuvieron ahí para mí siempre.*

*A mi Director de tesis, Ing. Luis Mena y mi Codirector Ing. Leonidas Quiroz por todos los consejos y tiempo que han dedicado, contribuyendo a que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*También me gustaría agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional me brindaron sus conocimientos, y su amistad.*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos, en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi historia personal.*

*Yadira*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios y a mis padres Medardo y Elena, por haberme dado la oportunidad de vivir y lograr alcanzar una de las metas tan anheladas en mi vida, mis más extensos y sinceros agradecimientos a todas las personas que creyeron en mí.*

*A mis hermanas Karla y Marcela definitivamente las amo, que durante estos años de vida estuvieron a mi lado brindándome su cariño y apoyo incondicional.*

*A mis abuelitos Héctor y Blanca, por haber puesto una gran fe en mí, con su ejemplo de familia unida supieron ser eje esencial en la mi formación de carácter como persona.*

*A mis tías María y Patricia a quienes quiero como a una madre, que han estado siempre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento.*

*A mis tíos Héctor, Marco, Sandro y Orlando, que con su demostración de tíos ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.*

*A mi compañera de proyecto Yadira porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.*

*A mi director y codirector de tesis Luis Mena y Leonidas Quiroz, quienes supieron guiarme en este arduo camino para la elaboración de este trabajo que es un logro muy importante en mi vida profesional.*

*Omar*



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita y señor:  
YADIRA MARICELA SEMBLANTES CLAUDIO Y EDWIN OMAR CHILQUINGA  
bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Mena Navarrete Luis**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Quiroz Erazo Leonidas**  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Castro Clavijo Juan**  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Dr. Jaramillo Checa Freddy**  
**SECRETARIO ACADÉMICO**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICADO.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA 1 .....	v
DEDICATORIA 2 .....	vi
AGRADECIMIENTO 1 .....	vii
AGRADECIMIENTO 2 .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

1.1. Área de influencia. ....	1
1.2. Antecedentes. ....	1
1.3. Planteamiento del problema. ....	2
1.4. Justificación e importancia. ....	2
1.5. Objetivos. ....	3

1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3

## CAPÍTULO II

### ESTADO DEL ARTE

2. Motor de dos carreras.....	5
2.1. Funcionamiento de los motores de dos carreras.....	5
2.1.1. Sistemas del motor de dos tiempos.....	7
2.2. Tipos de motores de dos tiempos.....	14
a. Motores con bomba separada.....	15
b. Motores con émbolos diferenciales.....	15
c. Motores con aspiración por el cárter.....	16
2.3. Ciclo termodinámico del motor de dos tiempos.....	20
2.3.1. Ciclo teórico de un motor de dos tiempos.....	20
2.3.2. Ciclo práctico o real del motor de dos tiempos.....	25
2.4. Diagrama de distribución real y teórico de un motor de dos tiempos.....	26
2.5. Motor SUZUKI AX100.....	27
2.5.1. Componentes de la motocicleta SUZUKI AX 100.....	28
2.5.2. Ficha técnica de los parámetros del motor SUZUKI AX100.....	28
2.6. Historia del TUNED PIPE.....	30
2.7. Funcionamiento y comportamiento de un TUNED PIPE.....	30
2.8. Componentes del TUNED PIPE.....	33
2.9. Materiales y procesos de construcción.....	36
2.9.1. Acero inoxidable.....	36
2.9.1.1. Acero inoxidable ferrítico.....	37

2.9.2. Suelda tig.....	38
------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### DISEÑO DEL TUNED PIPE

3.1 Fórmulas de cálculo.....	40
3.1.1. La velocidad de propagación de las onda.....	40
3.1.2. Propagación y velocidad de las partículas.....	41
3.1.3 Velocidad de propagación. ....	41
3.1.4 Propiedades de los gases.....	42
3.1.5 Gases de escape.....	43
3.1.6 Calor transferido durante la propagación de una onda de presión. ....	45
3.1.7 Resistencia térmica .....	45
3.1.8 Presión interna de una tubería de escape .....	45
3.2 Consideraciones teóricas en el diseño de la tubería de escape. ....	46
3.3 Ecuaciones para dimensionar la tubería. ....	47
3.4 Diseño.....	51
3.4.1 Diseños internacionales.....	51
3.4.2 Diseños nacionales.....	52
3.5 Consideraciones para la determinación de las especificaciones. ....	53
3.6 La casa de la calidad .....	54
a. Voz del usuario.....	54
b. Voz del ingeniero.....	55
3.6.1 Resultados de la casa de la calidad. ....	56
3.6.2 Conclusiones de la casa de la calidad.....	57
3.7 Especificaciones técnicas. ....	59

3.8	análisis funcional.....	60
3.8.1	Desarrollo de diagramas funcionales.....	60
3.8.2	Análisis de los diagramas funcionales .....	62
3.9	Definición y generación de módulos .....	62
3.10	Generación de soluciones para cada módulo.....	62
3.11	Selección de el tipo de acero según software ces selector.....	67
3.12	Definición de la geometría .....	72
3.13	Cálculos para la determinación de dimenciones.....	74
3.14	Dibujo en 3d.....	79
3.15	Simulaciones .....	80

## CAPÍTULO IV

### EL PROCESO DE FABRICACIÓN

4.1.	Operaciones tecnológicas.....	92
4.2.	Procesos iniciales. ....	92
4.2.1.	Medición.....	92
4.2.2.	Trazado.....	95
4.2.3.	Proceso de Corte .....	98
4.2.4.	Proceso de Barolado .....	100
4.3.	Procesos finales.....	102
4.3.1.	Proceso de Soldadura .....	102
4.3.2.	Limpieza de residuos de soldadura .....	105
4.3.3.	Acabados .....	106
4.4.	Diagrama del proceso de fabricación.....	107
4.4.1.	Simbología de diagramas de procesos de manufactura. ....	107

## CAPÍTULO V

### PRUEBAS Y COSTOS

5.1. Pruebas del motor.....	115
5.2. Equipo utilizado.....	115
5.3. Pruebas del motor estándar.....	116
5.4. Pruebas del motor con TUNED PIPE incorporado.....	132
5.5. Comparación del motor estándar vs motor con TUNED PIPE .....	140
5.6. Análisis de resultados. ....	142
5.7. Ensayo no destructivo con liquido penetrante en soldadura .....	143
5.8. Costos.....	144
5.8.1. Costo de los materiales. ....	145
5.8.2. Costo de herramientas.....	146
5.8.3. Costo de diseño.....	146
5.8.4. Costo de mano de obra .....	147
5.8.5. Costo de pruebas. ....	147
5.8.6. Costos varios .....	147
5.9. Costo total de la investigación. ....	148

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones: .....	149
6.2. Recomendaciones: .....	151
Bibliografía.....	152
Netgrafía.....	153

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Ficha técnica SUZUKI AX 100 .....	28
Tabla 3. 1 Propiedades de los gases de escape a baja temperatura .....	44
Tabla 3. 2 Propiedades de los gases de escape a altas temperaturas.....	44
Tabla 3. 3 Diámetro d7 según el diámetro del motor .....	48
Tabla 3. 4 Constantes K1 y K2 Según el tipo de motor. ....	50
Tabla 3. 5 Dimensionamiento del sistema TUNED PIPE.....	75
Tabla 3. 6 Dimensiones de la geometría del sistema de escape.....	78
Tabla 5. 1 Resultados de Torque y Potencia del motor estándar .....	126
Tabla 5. 2 Escenario de prueba.....	127
Tabla 5. 3 Pruebas de velocidad motor estándar.....	131
Tabla 5. 4 Autonomía de consumo de combustible .....	132
Tabla 5. 5 Resultados de Torque y Potencia del motor con TUNED PIPE. ....	136
Tabla 5. 6 Pruebas de velocidad del motor más TUNED PIPE .....	138
Tabla 5. 7 Autonomía de consumo de combustible .....	139
Tabla 5. 8 Parámetros iniciales Vs Parámetros finales de la motocicleta .....	142
Tabla 5. 9 Costo de materiales o elementos.....	145
Tabla 5. 10 Costo de herramientas.....	146
Tabla 5. 11 Costos de diseño .....	146
Tabla 5. 12 Costos de mano de obra.....	147
Tabla 5. 13 Costos de pruebas .....	147
Tabla 5. 14 Costos varios .....	148
Tabla 5. 15 Costo total de la investigación .....	148

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 3. 1 Especificaciones Técnicas .....	59
Cuadro 3. 2 Funciones del módulo 1 .....	64
Cuadro 3. 3 Funciones del módulo 2 .....	66
Cuadro 4. 1 Operaciones tecnológicas .....	92
Cuadro 4. 2 Símbolos de representación gráfica.....	107



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Fase de Compresión-Explosión.....	6
Figura 2. 2 Fase Escape-Admisión.....	7
Figura 2. 3 Magneto con bobina de alta tensión y dos bobinas de luces.....	8
Figura 2. 4 Circuito de encendido de corriente alterna de magneto.....	8
Figura 2. 5 Circuito simplificado de CDI con magneto.....	9
Figura 2. 6 Sistema de alimentación de combustible por gravedad.....	10
Figura 2. 7 Llenado y vaciado de la cámara de admisión auxiliar.....	11
Figura 2. 8 Aletas de enfriamiento del sistema de refrigeración por aire.....	12
Figura 2. 9 Sistema de escape motor de dos tiempos.....	14
Figura 2. 10 Motor con bomba separada.....	15
Figura 2. 11 Motor con émbolos diferenciales.....	16
Figura 2. 12 Motor de dos tiempos con aspiración por el cárter.....	17
Figura 2. 13 Admisión al cárter y explosión.....	18
Figura 2. 14. Apertura de la lumbrera de escape.....	19
Figura 2. 15 Apertura de la lumbrera de carga.....	19
Figura 2. 16 Primer tiempo.....	21
Figura 2. 17 Segundo tiempo.....	23
Figura 2. 18 Ciclo completo de un motor de dos tiempos.....	24
Figura 2. 19 Diagrama de Presión-Volumen motor de dos tiempos.....	26
Figura 2. 20 Diagrama de distribución teórico VS real.....	26
Figura 2. 21 Moto SUZUKI AX100.....	28
Figura 2. 22 Operación del TUNED PIPE en un motor de dos tiempos.....	32
Figura 2. 23 Partes del TUNED PIPE.....	35
Figura 2. 24 Configuraciones o formas de TUNED PIPE.....	35
Figura 2. 25 Acero Inoxidable.....	37
Figura 3. 1 Distribución de diámetros de la tubería de escape.....	47
Figura 3. 2 TUNED PIPE para motor de 2 tiempos.....	51
Figura 3. 3 Sistema de escape para Aeromodelismo.....	52

Figura 3. 4 Construcción empírica de pipas de escape .....	53
Figura 3. 5 Matriz de la Casa de la Calidad .....	56
Figura 3. 6 Nivel 0 de diagramas funcionales .....	60
Figura 3. 7 Nivel 1 de diagramas funcionales .....	61
Figura 3. 8 Selección de posibles materiales para TUNED PIPE .....	67
Figura 3. 9 Muestra de tipo de material y composición seleccionados .....	68
Figura 3. 10 Delimitación de materiales según el % de elongación .....	69
Figura 3. 11 Selección de material.....	70
Figura 3. 12 Definición de la Geometría .....	72
Figura 3. 13: Vista Isométrica de TUNED PIPE .....	79
Figura 4. 1 Headpipe .....	93
Figura 4. 2 Difusor .....	93
Figura 4. 3 Bafle.....	94
Figura 4. 4 Stinger .....	94
Figura 4. 5 Belly o Vientre.....	94
Figura 4. 6 Moldes para TUNED PIPE.....	95
Figura 4. 7 Moldes base en cartulina para TUNED PIPE .....	96
Figura 4. 8 Marcador y rayador de Acero .....	96
Figura 4. 9 Trazado base para TUNED PIPE en Acero inoxidable .....	97
Figura 4. 10 Trazado con rayador sobre plancha de Acero .....	97
Figura 4. 11 Trazado de moldes para TUNED PIPE.....	98
Figura 4. 12 Corte de molde en Acero para cono Bufle de TUNED PIPE.....	99
Figura 4. 13 Molde de Acero para cono difusor de TUNED PIPE.....	99
Figura 4. 14 Baroladora .....	100
Figura 4. 15 Doblado de cono para TUNED PIPE .....	101
Figura 4. 16 Conos barolados para TUNED PIPE .....	101
Figura 4. 17 Equipo de suelda TIG .....	102
Figura 4. 18 Colocación de cilindro en prensa.....	103
Figura 4. 19 Suelda en cono de TUNED PIPE .....	103
Figura 4. 20 suelda TIG en TUNED PIPE .....	104
Figura 4. 21 Unión mediante suelda de las partes del TUNED PIPE.....	104
Figura 4. 22 TUNED PIPE .....	105
Figura 4. 23 Cono de TUNED PIPE limpiado residuos .....	105
Figura 4. 24 TUNED PIPE sin residuos de soldadura.....	106
Figura 4. 25 TUNED PIPE .....	106
Figura 4. 26 Proceso del Headpipe.....	108

Figura 4. 27 Proceso del Difusor.....	109
Figura 4. 28 Proceso del Belly .....	110
Figura 4. 29 Proceso del Bafle.....	111
Figura 4. 30 Proceso del Stinger.....	112
Figura 4. 31 Proceso del Silenciador .....	113
Figura 4. 32 Proceso total del TUNED PIPE.....	114
Figura 5. 1 Nivelación del banco de pruebas .....	117
Figura 5. 2 Lubricación de los elementos móviles .....	117
Figura 5. 3 Acople del compresor. ....	118
Figura 5. 4 Adecuación de la motocicleta .....	118
Figura 5. 5 Sujeción de llanta delantera.....	119
Figura 5. 6 Aseguramiento de la llanta delantera.....	119
Figura 5. 7 Sujeción de la motocicleta con el tie down .....	120
Figura 5. 8 Ajuste y verificación del sistema hidráulico.....	120
Figura 5. 9 Revisión de la parte eléctrica-electrónica .....	121
Figura 5. 10 Adaptación de la motocicleta .....	121
Figura 5. 11 Conexión de la pc al banco dinamométrico .....	122
Figura 5. 12 Interfaz del programa LabVIEW.....	122
Figura 5. 13 Aislamiento de obstáculos que interfieran en las pruebas .....	123
Figura 5. 14 Inicio del test.....	123
Figura 5. 15 Verificación de no exceder los límites de RPM.....	124
Figura 5. 16 Curva de Torque y Potencia, prueba 1 motor estándar .....	125
Figura 5. 17 Curva de Torque y Potencia, prueba 2 motor estándar. ....	125
Figura 5. 18 Curva de Torque y Potencia, prueba 3 motor estándar .....	126
Figura 5. 19 Circuito de pruebas para la motocicleta.....	128
Figura 5. 20 Inicio de pruebas de velocidad, motor estándar .....	129
Figura 5. 21 Tiempo obtenido de pruebas de velocidad, motor estándar. ....	130
Figura 5. 22 Tiempos de frenado de la motocicleta, motor estándar. ....	130
Figura 5. 23 Reemplazo del tubo de escape estándar.....	133
Figura 5. 24 Inicio de pruebas de velocidad, motor con TUNED PIPE .....	133
Figura 5. 25 Curva de Torque y Potencia, prueba 1 motor con TUNED PIPE. ....	134

Figura 5. 26 Curva de Torque y Potencia, prueba 2 motor con TUNED PIPE.	135
Figura 5. 27 Curva de Torque y Potencia, prueba 3 motor con TUNED PIPE	135
Figura 5. 28 Tiempo en pruebas de velocidad del motor con TUNED PIPE...	137
Figura 5. 29 Tiempos de frenado de lamotocicleta más TUNED PIPE.....	138
Figura 5. 30 Comparación de la potencia máxima.....	140
Figura 5. 31 Comparación del torque máximo. ....	140
Figura 5. 32 Comparación de la velocidad final máxima.....	141
Figura 5. 33 Comparación del tiempo de frenado del motor .....	141
Figura 5. 34 Comparación de la autonomía de combustible.....	142

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3. 1 Presión de onda .....	40
Ecuación 3. 2y 3.3 Velocidad de onda.....	40
Ecuación 3. 4 Presión de un gas específico .....	41
Ecuación 3. 5 Velocidad de una partícula.....	41
Ecuación 3. 6 Velocidad de propagación.....	42
Ecuación 3. 7 Velocidad local del sonido.....	42
Ecuación 3. 8 Relación de temperatura inicial y final.....	42
Ecuación 3. 9 Relación de velocidad de sonido.....	42
Ecuación 3. 10 Velocidad absoluta de propagación. ....	42
Ecuación 3. 11 Constante de un gas .....	43
Ecuación 3. 12 Radio de calor específico. ....	43
Ecuación 3. 13 Resistencia térmica.....	45
Ecuación 3. 14 Presión interna de una tubería. ....	45
Ecuación 3. 15 Velocidad de sonido de gases de escape.....	48
Ecuación 3. 16 y 3.17 Periodo de reflexión.....	49
Ecuación 3. 18 Relación del periodo de escape .....	49
Ecuación 3. 19 Longitud de la tubería de escape.....	49
Ecuación 3. 20 – 26 Longitudes seccionales .....	49
Ecuación 3. 27 Diámetro 1.....	50
Ecuación 3. 28 Diámetro 4.....	50
Ecuación 3. 29 Diámetro 2.....	50
Ecuación 3. 30 Diámetro 3.....	50
Ecuación 3. 31 Exponente X12 .....	50
Ecuación 3. 32 Exponente X13 .....	50

## RESUMEN

El presente trabajo constituye una compilación de información técnica-científica, en la cual se origina la necesidad de implementar nuevos estudios referente a los sistemas de escape, que permitan identificar distintos métodos para incrementar el rendimiento de motores de dos tiempos, en parámetros como son torque y potencia, las máquinas mencionadas son utilizados en motocicletas, vehículo en el cual se fundamenta el presente estudio. Para la construcción del sistema TUNED PIPE se ha cumplido un proceso de selección del material idóneo para la aplicación, esto basado en diseño y geometría de la motocicleta. Para el desarrollo de cálculos, se consideró la forma geométrica de los distintos conos que conforman el sistema, lo cual se deriva del método de diseño concurrente, mediante el despliegue de la función de la calidad (QFD), la cual relaciona a la voz del usuario, reflejadas en alternativas de diseño, transferidas a la voz del ingeniero, que cumplen con los objetivos de optimizar el sistema. Con la ayuda de los software CAD, que permite el diseño y simulación computarizado, se ha realizado el prototipo, a la vez que permitió conocer el funcionamiento interno el sistema, logrando determinar el comportamiento de las temperaturas, los esfuerzos que soporta, y el factor de seguridad para la construcción del mismo; finalmente se realiza un protocolo de pruebas que avalúen el sistema.

### **PALABRAS CLAVES:**

- Ingeniería Automotriz.
- Diseño concurrente.
- Motores de dos tiempos.
- Recamara de escape.
- TUNED PIPE.
- Rendimiento de un motor.

## ABSTRACT

This work is a compilation of technical and scientific information, in which the need to implement new studies regarding exhaust systems, to identify different methods to increase the performance of two-stroke engines in parameters such as torque and power, the machines mentioned are used in motorcycle, vehicle on which this study is based. To build the system TUNED PIPE has completed a process of selecting the right material for the application, based on this design and geometry of the motorcycle. For the development of calculations, the geometry of the different cones that make up the system, which is derived from the method of concurrent design through the deployment of Quality Function (QFD), which relates to the voice considered user, reflected on design alternatives, transferred to the voice of the engineer, who meet the objectives of optimizing the system. With the aid of CAD software which allows the design and computer simulation, the prototype was performed, while allowed to know the inner workings system, achieving determine the temperature behavior, supporting the efforts and the factor Security for the construction thereof; finally a testing protocol to appraise the system is performed.

### KEYWORDS:

- Engineering Automotive.
- Concurrent Design.
- Two-stroke engines.
- Chamber exhaust.
- TUNED PIPE.
- Engine performance.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES.**

#### **1.1. ÁREA DE INFLUENCIA.**

El desarrollo de éste proyecto se realizó en la ciudad de Latacunga, como parte de una investigación científica con impacto en el área de motores especiales mediante el diseño y construcción de una recámara de escape “TUNED PIPE” la cual será aprovechada para la optimización del rendimiento de un motor de dos tiempos SUZUKI AX100, del cual se conoce sus parámetros por medio de un análisis previo del mismo determinando a la vez la modificación más adecuada de los parámetros mencionados del sistema de escape y así determinar el comportamiento proyectado del motor.

#### **1.2. ANTECEDENTES.**

Hace unos años atrás en el Ecuador, la técnica más aplicada para lograr optimizar o repotenciar un motor, era el trucaje del mismo lo que implicaba trabajos manuales de desbaste en los diferentes elementos del motor, se desarrolló otras formas de optimizar los parámetros del motor de dos carreras bajo el esquema de diseño del sistema de escape, para de este modo lograr incrementar su performance en cuanto a potencia y torque se refiere; siendo esta una alternativa o forma de lograr una repotenciación además de la tradicional antes mencionada.

El diseño y construcción del sistema de escape “TUNED PIPE” en motores dos tiempos, es un proceso poco investigado y aplicado, son raros los casos en donde se diseña, para ello se debe tener en cuenta las diferentes exigencias y limitaciones a la que puede ser sometido el motor dependiendo las condiciones de trabajo del mismo.



### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Actualmente la gestión del desarrollo tecnológico es mayor que hace unos años atrás, tanto es así que se han registrado avances importantes en el diseño y construcción de subsistemas en los motores de combustión interna, de dos carreras, lo que permitirá un mayor desempeño del motor, evacuando de mejor manera los gases producto de la combustión, así como también permitiendo la recompresión de los mismos, además de permitir el incremento de la velocidad de los gases de admisión por presiones diferenciales en las lumbreras.

Por lo que se ha planteado el diseño y construcción de un sistema de escape TUNED PIPE para motor de dos carreras SUZUKI AX 100, con el propósito de repotenciar los motores de este tipo mediante una recámara que cumpla con todos los requerimientos para trabajar en óptimas condiciones.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

El presente estudio nace de la necesidad en la industria automotriz de desarrollar nuevas formas de repotenciación de los motores, puesto que en la actualidad solo se lleva a cabo el trucaje de los componentes, por lo cual se pretende realizar una investigación que y analice el comportamiento del subsistema de escape, mediante el diseño y construcción de una recámara de escape TUNED PIPE para la optimización de un motor SUZUKI AX100.

Los motores de dos carreras son los que presentan una mejor relación en cuanto a peso vs potencia, por lo cual es necesario el diseño y construcción de una recámara TUNED PIPE ideal para el desafío de mejorar las características técnicas a través de mejoras en el diseño del sistema de escape evitando

realizar cambios en los elementos que conforman el motor comúnmente conocido como trucaje.

El diseño del sistema de escape TUNED PIPE se debe considerar algunos factores como:

- Potencia de salida del motor
- RPM
- Proceso de manufactura
- Disposición geométrica del.
- Costo

Este trabajo de investigación aportará en el ámbito de motociclismo, (motos de pista, enduro), los cuales al usar motores de dos carreras se ven beneficiados al incrementar su performance de una manera más eficiente que la que se logrará con el trucaje del motor, obteniendo un sistema de recámara de escape que permite optimizar el rendimiento del motor.

## **1.5. OBJETIVOS.**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar y construir una recámara de escape “TUNED PIPE” para la optimización del rendimiento de un motor de dos tiempos SUZUKI AX 100.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Analizar la información referente al motor SUZUKI AX 100 y recámaras de escape en motores de dos tiempos.

- Diseñar la forma geométrica del TUNED PIPE mediante el diseño y funcionamiento teórico a partir de cálculos para el motor.
- Generar la estructura de la recámara de escape con dimensiones obtenidas en base a los resultados anteriores.
- Simular el comportamiento mecánico de la recámara de acuerdo al dimensionamiento y condiciones de operación y funcionamiento.
- Seleccionar el material para la construcción de la estructura de la recámara.
- Construir la recámara TUNED PIPE para el motor. SUZUKI AX 100.
- Ejecutar un protocolo de pruebas de funcionamiento del TUNED PIPE en el motor SUZUKI AX 100.
- Analizar los parámetros de funcionamiento anteriores con los obtenidos en las pruebas con el TUNED PIPE.

## **CAPÍTULO II**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **2. MOTOR DE DOS CARRERAS.**

Las investigaciones descritas en los principios de Beau de Rochas, decía que de las cuatro carreras que realizaba el motor, solamente en una se obtenía trabajo (expansión). Y de las dos vueltas que daba el cigüeñal solo en una se lograba potencia. Era deseable pues, lograr obtener que en una sola revolución se den las cuatro carreras.

Este principio llevó al desarrollo del motor de dos tiempos, a pesar de intentos previos fue realmente el inglés Dugald Clerk quien en 1878 logró construir el primer motor de dos tiempos de la historia. Cuyo motor consistía en dos cilindros separados. El más pequeño contenía un pistón que bombeaba carga fresca al cilindro mayor, desplazando ésta los productos de la carga previa que se escapaba a través de puertos en las paredes del cilindro. (ARGUDELO, 2009)

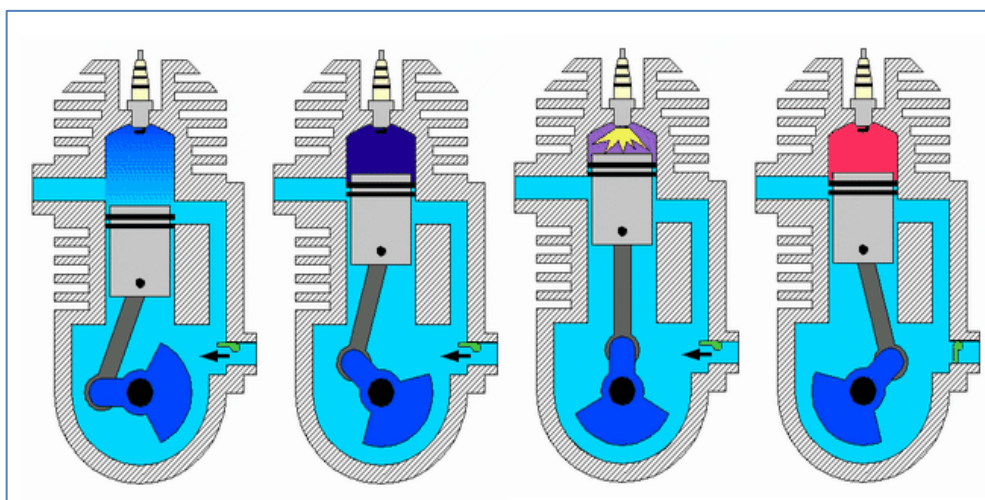
#### **2.1. FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE DOS CARRERAS.**

El motor de dos carreras no posee mecanismo de distribución, de tal modo no dispone de árbol de levas, engranajes, taqués, válvulas, etc. Por lo tanto no es tan indispensable tener una culata desmontable por lo que puede fundirse en una pieza con el cuerpo del cilindro, sobre todo en las motocicletas.

El cárter, elemento de menores dimensiones y herméticamente cerrado no es empleado como depósito de almacenamiento de aceite sino para la admisión y compresión preliminar de la mezcla.

El cilindro posee dos ventanas conocidas como lumbreras en su parte baja, las cuales quedan al descubierto cuando las rebasa el pistón en las cercanías del PMI, estando situada la lumbrera de escape frente a la de carga de gases. La lumbrera de escape se encuentra más debajo de la lumbrera de admisión, por la que la mezcla del carburador llega al motor y entra al cárter. Desde éste hasta la lumbrera de carga hay un conducto de carga por el que la mezcla carburada pasa en el momento oportuno al cilindro. Así pues los gases frescos no entran al cilindro sino pasan al cárter, que actúa como una bomba que los aspira del carburador y los transfieren al cilindro. Una vez en éste, y cuando van entrando ayudan a salir a los gases quemados en la explosión anterior a esta operación se la conoce como barrido y cuya buena ejecución es fundamental en estos motores. Este proceso se realiza durante lo que puede llamarse solape o traslape.

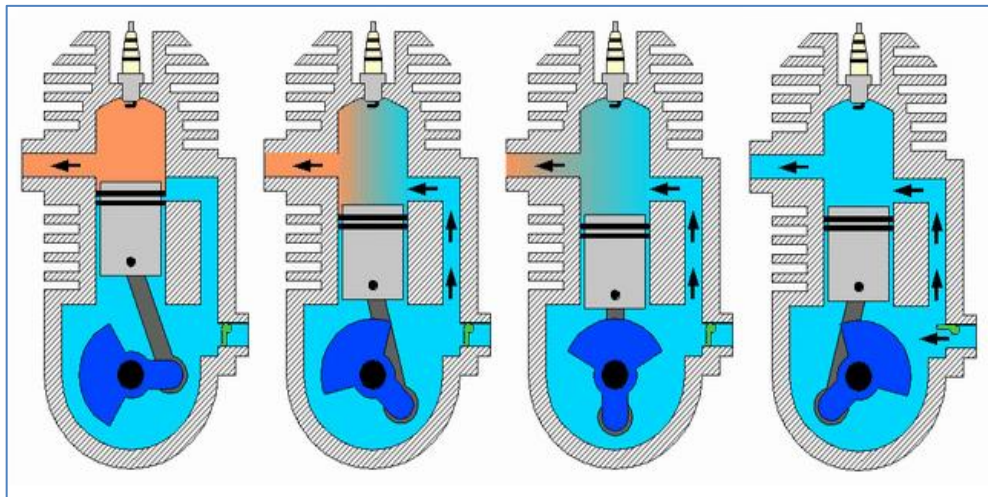
- En la primera vuelta del cigüeñal (Fase de Compresión-Explosión 180° grados) en la cara superior del embolo se han realizado la compresión y la explosión, mientras que por la parte inferior del mismo entran en el cárter los gases frescos procedentes del carburador.



**Figura 2. 1 Fase de Compresión-Explosión**

**Fuente:** (TECNOLOGÍA LCP, 2012)

- En la segunda media vuelta Fase de Escape-Admisión, el cigüeñal ha girado otros  $180^\circ$  completando una vuelta, se ha terminado la carrera motriz y se ha realizado el escape y la admisión o carga conocida también como trasvase de los gases frescos del cárter al cilindro. Es decir que hay un ciclo completo con una explosión por cada vuelta del cigüeñal.



**Figura 2. 2 Fase Escape-Admisión**

**Fuente:** (TECNOLOGÍA LCP, 2012)

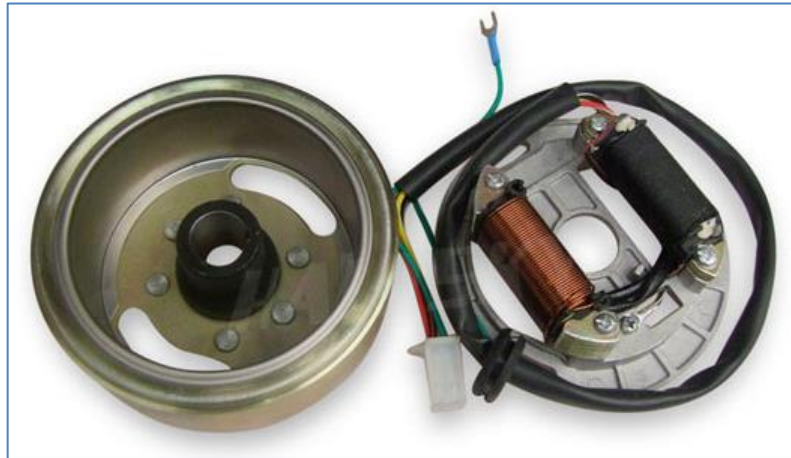
### 2.1.1. SISTEMAS DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS.

La comodidad y conveniencia que se experimenta al conducir depende del motor y de los sistemas, los cuales comparados con el motor de cuatro tiempos son más simples.

#### 2.1.1.1. SISTEMA DE ENCENDIDO.

El sistema de encendido CDI más general en los motores de dos tiempos es el de magneto, este sistema no depende de ninguna fuente externa de energía, tal como el sistema eléctrico (batería, generador). Esta autonomía posibilita que aunque el sistema eléctrico de la moto sufra alguna avería en carrera, el motor trabaje en condiciones normales, debido a que los magnetos continúan proporcionando energía necesaria para la ignición.

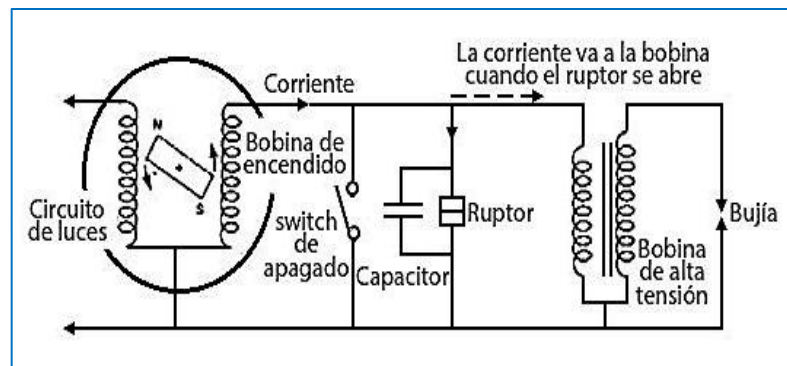
Los magnetos generan una chispa más caliente a mayores velocidades del motor que la generada por el sistema de batería y bobina de los automóviles. La rueda en la que van acoplados los imanes que comúnmente se designa magneto, también sirve como volante de inercia del motor.



**Figura 2. 3 Magneto con bobina de alta tensión y dos bobinas de luces**

**Fuente:** (TRANTER, 1999)

Los magnetos modernos utilizados en motocicletas tienen una bobina de encendido externa (de alta tensión), internamente el magneto tiene una bobina de luces o de carga, y una bobina de encendido interna que alimenta a la bobina de alta tensión. Y ya no existe el ruptor, ya que esta ha sido reemplazado por el CDI (Capacitor discharge ignition). (FIALLO, 2005)

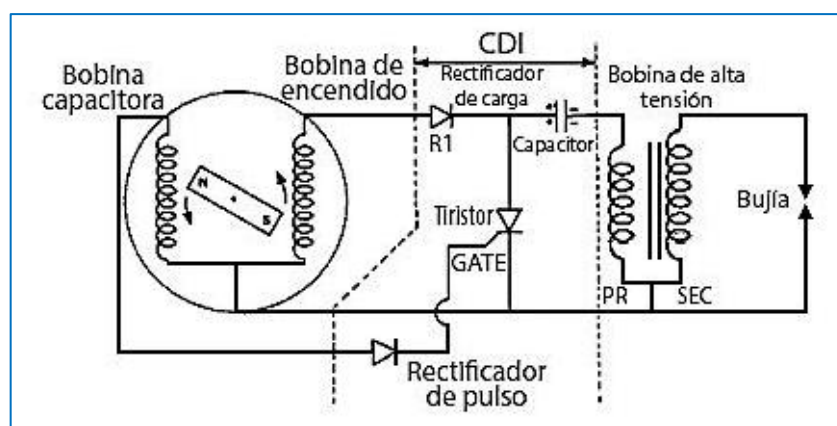


**Figura 2. 4 Circuito de encendido de corriente alterna de magneto**

**Fuente:** (TRANTER, 1999)

- **ENCENDIDO POR DESCARGA DE CAPACITOR (CDI)**

En la figura 2.5, se indica como la corriente generada por la bobina de encendido dentro del magneto es rectificada para cargar el capacitor el mismo que está conectado al primario de la bobina de alta tensión. El pulso de la bobina captadora es rectificado antes de ingresar al gate del tiristor, el momento que llega el pulso se activa el tiristor y el capacitor se descarga en el primario de la bobina induciendo en el secundario alto voltaje que es utilizado para la combustión de la mezcla (FIALLO, 2005)



**Figura 2. 5 Circuito simplificado de CDI con magneto**

**Fuente:** (TRANter, 1999)

### 2.1.1.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

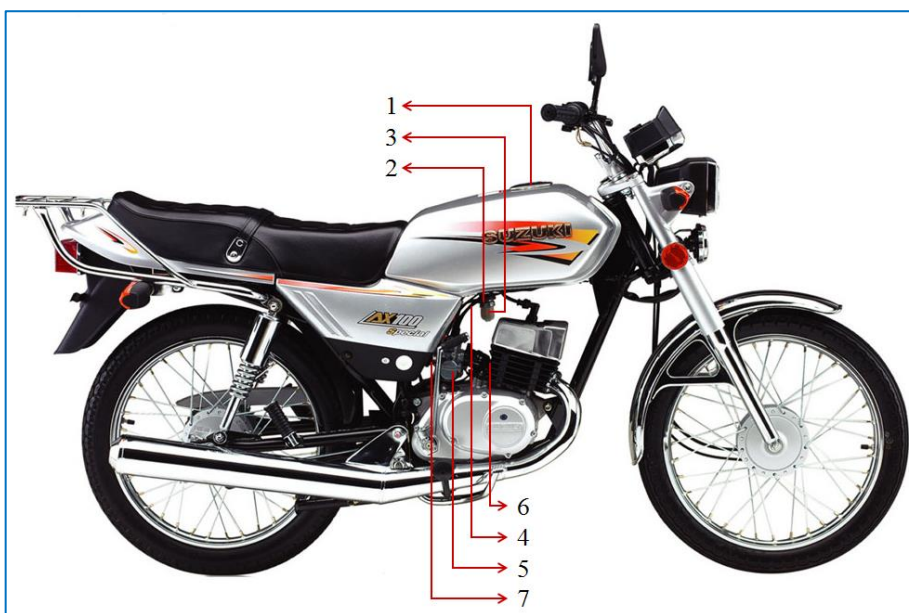
El sistema de alimentación suministra una mezcla combustible de aire y “vapor” de gasolina al motor.

Este sistema es capaz de variar la proporción de aire y combustible para distintas condiciones de funcionamiento, proporcionando una mezcla más rica por ejemplo cuando el motor está frío ya que el combustible no se vaporiza fácilmente. (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)



### Componentes del sistema de alimentación de combustible:

1. El depósito de combustible, en donde se encuentra almacenado el combustible.
2. La válvula de paso del combustible o grifo, cierra y abre el paso de combustible del depósito.
3. Cuba de combustible, almacena y retiene las impurezas que hay en el combustible.
4. Tubo de alimentación o cañería, conduce la gasolina desde el grifo a la cuba del carburador.
5. Carburador, elemento que se encarga de mezclar la gasolina con el aire.
6. Lumbrera o colector de admisión, lleva la mezcla del carburador al motor.
7. Filtro de aire, retiene contaminantes del aire absorbido por el carburador.



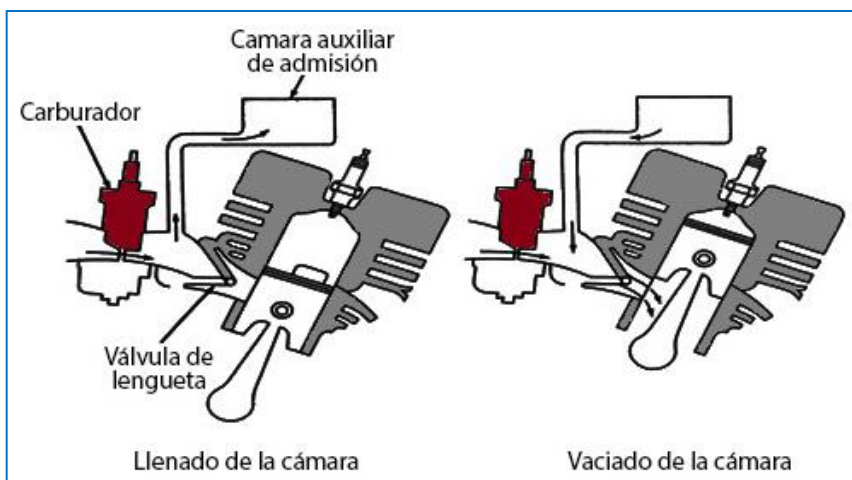
**Figura 2. 6 Motocicleta con sistema de alimentación de combustible por gravedad.**

**Fuente:** (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)

## • CÁMARA DE ADMISIÓN AUXILIAR

En algunos motores de dos tiempos y elevadas prestaciones para mejorar la potencia a regímenes bajos y medios, se utiliza una cámara de admisión auxiliar.

La figura 2.7 muestra este tipo de cámara, el mismo que tiene una toma en el colector de admisión entre el carburador y la válvula de lengüeta, cuando la cámara se vacía de mezcla, ocasiona una disminución de los impulsos de aire a través del carburador. El resultado es la consecución de una mayor potencia. (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)



**Figura 2. 7 Llenado y vaciado de la cámara de admisión auxiliar.**

**Fuente:** (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)

### 2.1.1.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

Es importante debido a que cuando el motor trabaja alcanza temperaturas muy altas que de no reducirse producirían la dilatación del mismo, generando rigidez en las piezas móviles. (TODOMOTOS.pe, 2013)

La refrigeración por líquido refrigerante y la refrigeración por aire forzado, Figura 2.8, son dos de los sistemas más utilizados. Este segundo es utilizado frecuentemente por motocicletas de tipo pequeño, el funcionamiento de este

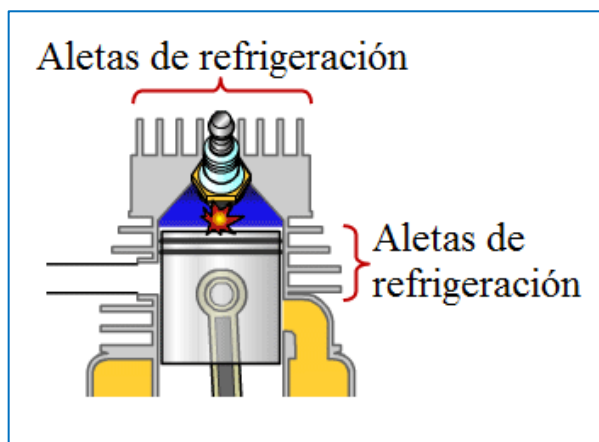
sistema es simple, el aire que se produce cuando el vehículo está en movimiento es aprovechado para enfriar el cilindro y el pistón, dos de las piezas móviles que más resisten el exceso de calor generado por la combustión.

Una característica de los motores con sistema refrigerado por aire es que, en su mayoría son livianos y ruidosos.

#### • REFRIGERACIÓN DEL PISTÓN

La refrigeración del pistón depende también de la holgura de la falda del pistón y del número de segmentos que posee ya que varía el área de contacto, como se muestra en la Figura 2.8, así como también de la riqueza de la mezcla, por esto se suele utilizar mezclas ricas para garantizar una buena refrigeración del pistón.

También es bueno refrigerar el cilindro de una manera adecuada para evitar elevaciones bruscas de temperatura que a su vez producirán daños en el motor. (FIALLO, 2005)



**Figura 2. 8 Aletas de enfriamiento del sistema de refrigeración por aire.**

**Fuente:** (CASTRO, 1931)

#### 2.1.1.4. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Tiene la finalidad de lubricar enviando aceite a todas las partes móviles del motor de dos tiempos. El aceite mezclado con la gasolina, es desprendido en el

proceso de quemado del combustible. Debido a las velocidades de la mezcla, el aceite se va depositando en las paredes del cilindro, pistón y demás componentes. Este efecto es incrementado por las altas temperaturas de las piezas a lubricar.

Un exceso de aceite en la mezcla implica la posibilidad de que se genere carbonilla en la cámara de explosión, y la escasez el riesgo de que se gripe el motor. Estos aceites suelen ser del tipo SAE 30, al que se le añaden aditivos como inhibidores de corrosión y otros.

## • TIPOS DE LUBRICACIÓN

### 1. Sistema de lubricación por pre-mezcla.

Este sistema mezcla una cierta cantidad de aceite con la gasolina antes de ser añadido al depósito de gasolina, entonces el aceite entra al Carter como una mezcla que es arrastrada con la mezcla aire-combustible desde el carburador.

### 2. Sistema de inyección de aceite.

Cuando se emplea bomba de aceite, este no se mezcla con la gasolina antes de ser añadido al depósito, solamente entra gasolina, en un suministro pequeño separado se encuentra el aceite, cuando está funcionando el motor, el aceite del almacenamiento llena la bomba de aceite, esta impulsa el aceite a presión a través del tubo de aceite hasta la lumbrera de admisión, cuando la mezcla de aire – combustible del carburador sobrepasa esta tobera, se rocía la cantidad exacta de aceite en la mezcla.

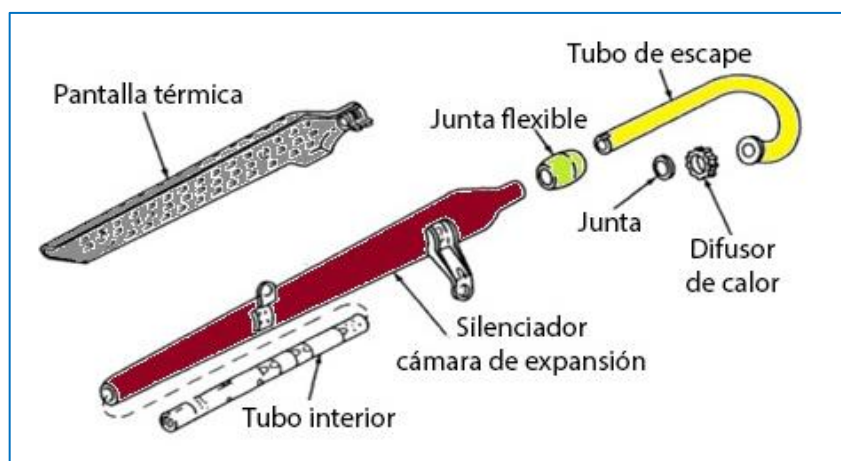
### 3. Sistema de engrase a presión.

Es similar al sistema de inyección de aceite, pero este tiene dos tubos que transportan al aceite desde la bomba.

### 2.1.1.5. SISTEMA DE ESCAPE

Una vez quemada la mezcla aire-combustible en el cilindro, los gases productos de la combustión son forzados a salir del cilindro a través de las lumbreras de escape y desde esta, pasando por el tubo de escape y el silenciador son expulsadas hacia el exterior. (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)

En la Figura 2.9 muestra una de las variedades de tipo de sistemas de escape de los motores de dos tiempos existentes.



**Figura 2. 9 Sistema de escape motor de dos tiempos**

**Fuente:** (CROUSE Willian ; ANGLID Donal, 1992)

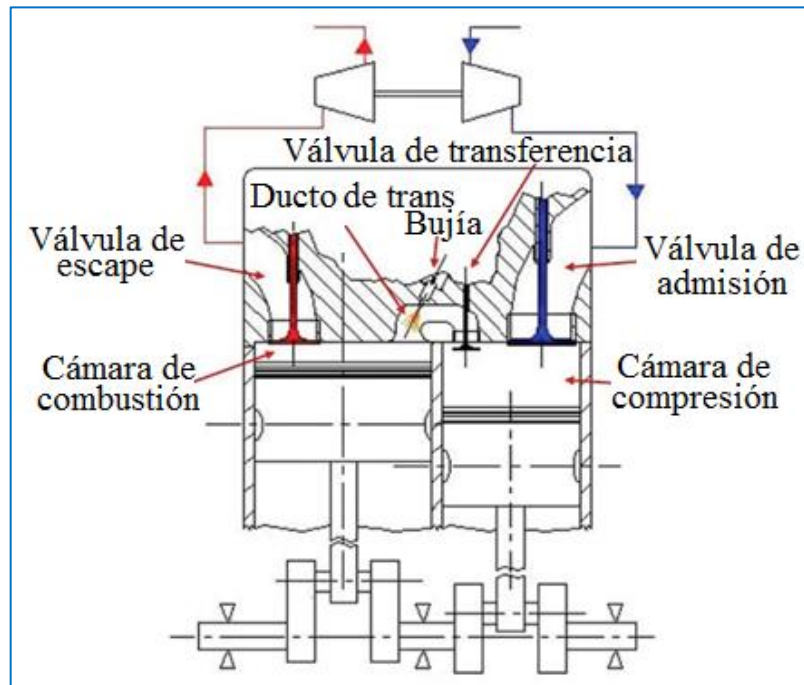
El sistema de escape será de libre elección siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales de la motocicleta y la normativa sonora. (NTE INEN 2 204:2002, 2012)

## 2.2. TIPOS DE MOTORES DE DOS TIEMPOS.

Los motores de dos tiempos según el tipo de bomba utilizada para hacer ingresar el gas fresco al cilindro pueden ser:

### a. MOTORES CON BOMBA SEPARADA.

Un ejemplar de los motores de este tipo es mostrado en la Figura 2.10, estos motores disponen de un cilindro independiente al cilindro motor, el mismo se pone en contacto con el cilindro motor en el momento determinado entregando mezcla aire combustible al cilindro motor.



**Figura 2. 10 Motor con bomba separada**

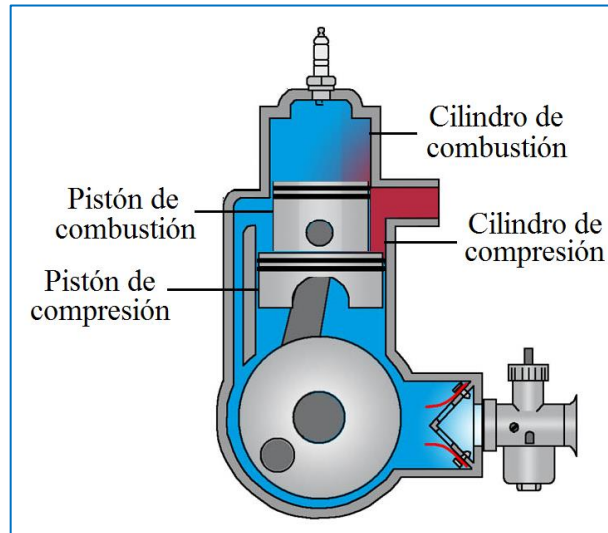
Fuente: (DIESEL,Power, 2014)

### b. MOTORES CON ÉMBOLOS DIFERENCIALES.

La Figura 2.11, muestra esta clasificación, estos motores poseen una bomba y el cilindro los cuales van montados uno arriba de otro unidos en una sola pieza.

El émbolo tiene una forma especial, presentando una parte cilíndrica de igual diámetro que el cilindro de trabajo y terminando en su parte inferior por otra parte cilíndrica cuyo diámetro es mayor que el anterior el cual encaja en el cilindro que funciona como bomba.

Estos motores están conformados con dos cilindros como estructura mínima, pues como los dos émbolos (motor y bomba) forman uno solo, la compresión en la bomba termina en el momento en que concluye la compresión del cilindro motor.



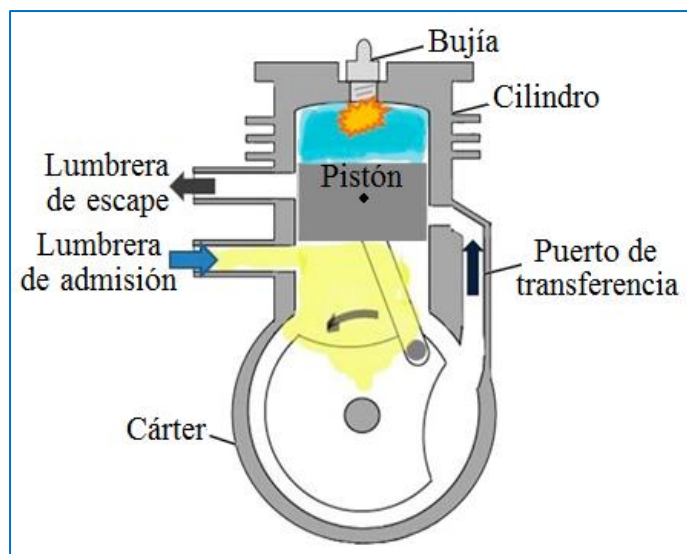
**Figura 2. 11 Motor con émbolos diferenciales.**

**Fuente:** (CEAC, Group, 2004)

No obstante este tipo de motor no es demasiado práctico ya que un émbolo de doble diámetro es muy dificultoso de mecanizar y ajustar, se ve perjudicado por el incremento del rozamiento en consecuencia a esta acción el rendimiento del motor disminuye.

### **c. MOTORES CON ASPIRACIÓN POR EL CÁRTER**

Los motores de dos tiempos de esta clase se ejemplifica en la Figura 2.12, de este tipo son los que más se han utilizados en la actualidad, de tal forma se extenderá el estudio de este motor para comprender a fondo el comportamiento del ciclo de trabajo.



**Figura 2. 12 Motor de dos tiempos con aspiración por el cárter.**

**Fuente:** (KANNAN, 2011)

La disposición de este motor indica que el cilindro lleva en su parte inferior un orificio denominado lumbrera de Admisión, la cual se encuentra en comunicación con el carburador, este orificio esta practicado a tal altura, que normalmente es obturado por el embolo y solamente queda descubierto cuando este se halla en la parte superior de su carrera (P.M.S.) o cuando el embolo presenta una lumbrera de admisión.

El conducto denominado lumbrera de carga, que por un lado termina en el cárter y por otro lado en la pared del cilindro un poco más arriba de la lumbrera de admisión, sirve para dar paso al gas carburado, que desde el cárter entra al cilindro. Este orificio se obstruye también por el embolo y solo se abre cuando este se encuentra cerca del punto muerto inferior (P.M.I.).

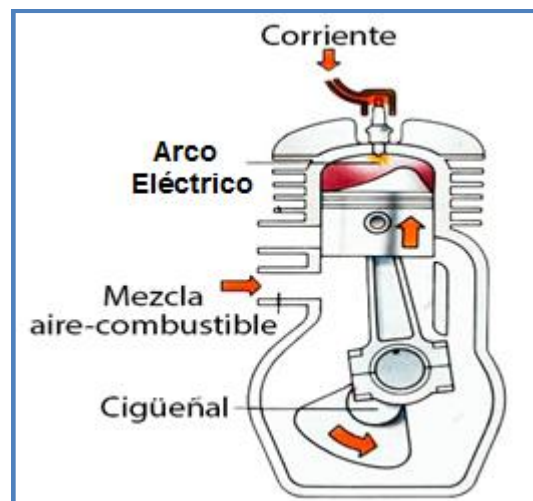
El cilindro presenta un tercer orificio practicado en este, el cual es denominado lumbrera de escape, el orificio se encuentra ubicado dependiendo del fabricante: en frente y más arriba de la lumbrera de carga, o con flujo perpendicular a la misma o a su vez sobre la lumbrera de carga, donde se produce la evacuación de los gases combustionados al exterior.



## FUNCIONAMIENTO

Los motores con aspiración por el cárter funcionan de la siguiente manera:

1. En primer lugar el pistón se mueve linealmente en forma ascendente logrando comprimir la mezcla y manteniendo cerradas las lumbreras, al llegar a un punto determinado en su carrera de ascenso (compresión), se abre la lumbrera del cárter (admisión) y comienza a entrar la mezcla gaseosa de combustible y aire en el cárter.
2. Cuando el pistón llega al P.M.S. se produce la inflamación de la mezcla Aire-combustible, consecuente al salto de la chispa producido por una bujía mostrada en la Figura 2.13, en donde los gases comprimidos se expanden, provocando así el movimiento del cigüeñal.

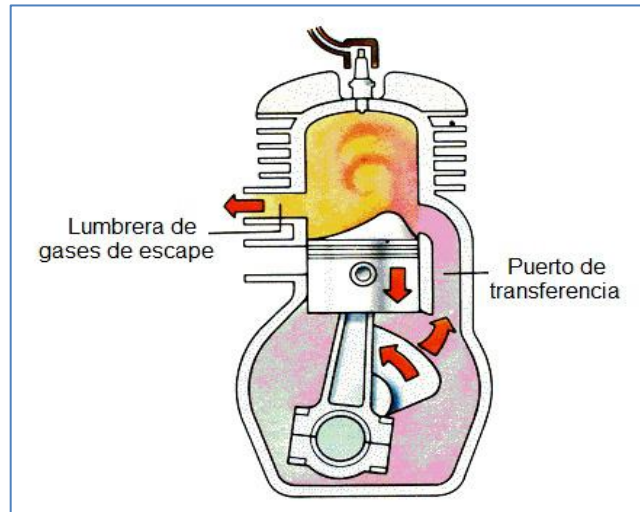


**Figura 2. 13 Admisión al cárter y explosión.**

**Fuente: (SOLER)**

3. Consecuente a la expansión, en la Figura 2.14, el pistón desciende bruscamente y durante esta carrera sigue entrando mezcla en el cárter, hasta que el pistón termina por cerrar la lumbrera de admisión, continuando

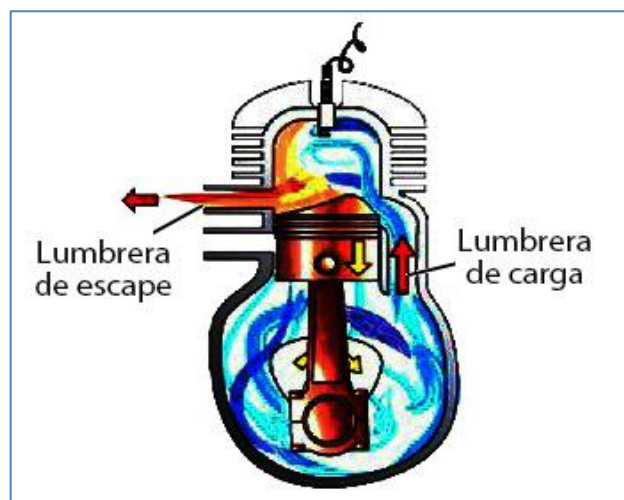
su carrera comienza a dejar abierta la lumbrera de escape, los gases quemados salen por ella.



**Figura 2. 14. Apertura de la lumbrera de escape.**

**Fuente:** (CEAC, Group, 2004)

4. Posteriormente, y a través del tubo, comienza la entrada en el cilindro de la mezcla pre-comprimida en el cárter, al abrirse la lumbrera de carga como se observa en la Figura 2.15. El ingreso de estos gases provocan el barrido de los gases quemados anteriormente, quedando el cilindro lleno de la mezcla de combustible y el pistón en el P.M.I., en posición para reiniciar el ciclo.



**Figura 2. 15 Apertura de la lumbrera de carga.**

**Fuente:** (POWERED BY EDUCATIVA)

## **2.3. CICLO TERMODINÁMICO DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS.**

### **2.3.1. CICLO TEÓRICO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS.**

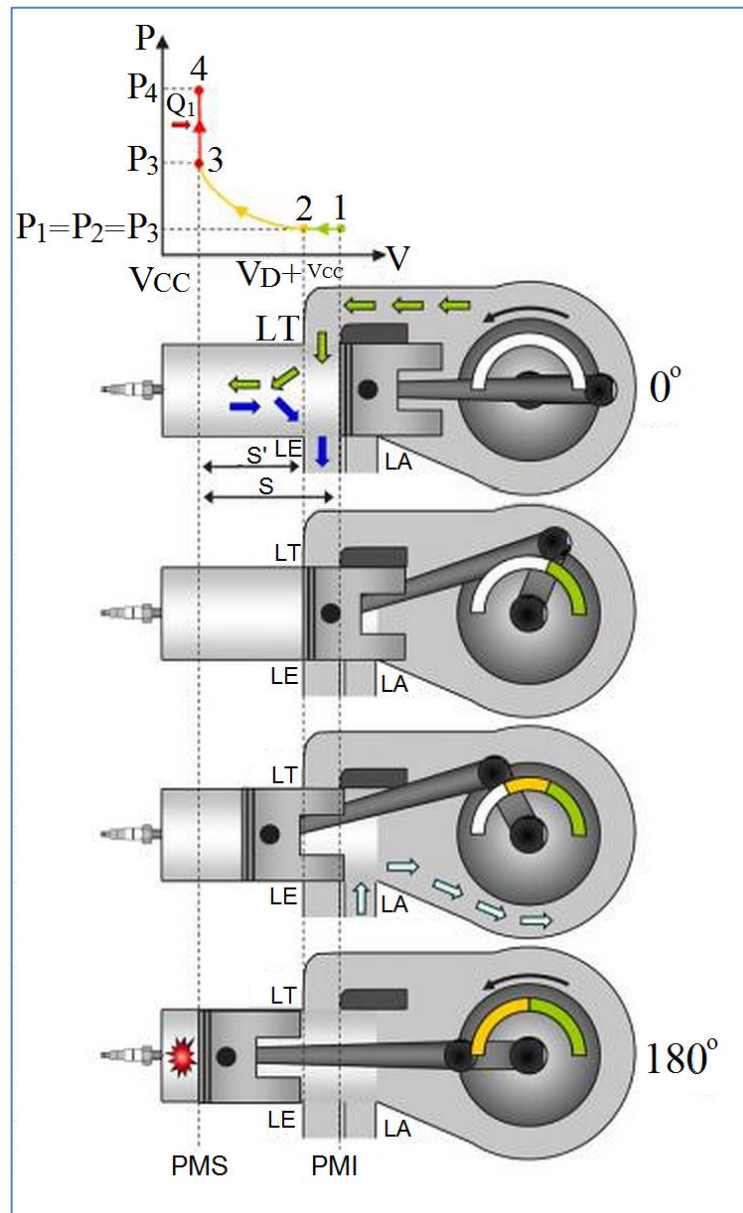
El ciclo de trabajo de un motor de dos tiempos se realiza en una vuelta del cigüeñal, o lo que es lo mismo decir a dos carreras del pistón.

#### **d. Primer tiempo fase de admisión al cárter compresión–explosión (1-2-3-4)**

En la Figura 2.16, muestra que el pistón parte del PMI y desarrolla este tiempo durante su carrera ascendente hasta el PMS. Mientras el pistón mantiene revelada la lumbrera de transferencia (LT), se produce la admisión de la mezcla al cilindro (1-2) considerado este proceso a presión constante y tomando como valor la presión atmosférica. Cuando el pistón sube, al cerrar la lumbrera de transferencia, el cárter queda herméticamente cerrado, pero su volumen aumenta porque se le suma el que va descubriendo el pistón por su parte inferior según asciende por el cilindro. Esto provoca que en el cárter se genere una cierta depresión. En un determinado punto de esta carrera, la parte inferior del pistón descubre la lumbrera de admisión al cárter (LA) y como la presión exterior es superior a la que hay en el interior, la mezcla entra al cárter. Esta nube de mezcla queda preparada para ascender por la lumbrera de transferencia y entrar en el cilindro en el siguiente tiempo.

Mientras tanto la cabeza del pistón comprime la mezcla que ha entrado al cilindro por la lumbrera de transferencia durante la fase de admisión del cilindro (1-2), a presión constante. El pistón asciende y hay un periodo de tiempo en el que la lumbrera de transferencia y la lumbrera de escape (LE) permanecen abiertas, produciéndose el barrido de los gases quemados hacia el escape, es decir los gases frescos ayudan a expulsar a los quemados. En el último tramo de la carrera, todas las lumbreras permanecen cerradas, siendo aquí donde se produce la compresión o carrera útil, al no poder escapar el fluido del cilindro.

Por lo que, el pistón comprime la mezcla (2-3) de forma adiabática, isentrópica y reversible y llega al PMS, momento en el que se produce una explosión (3-4), fase donde aporta calor, y aumenta la presión y el volumen permanece a volumen constante, al finalizar este proceso, el cigüeñal ha girado  $180^\circ$ , lo que hace referencia a media vuelta.



**Figura 2. 16 Primer tiempo o fase de admisión al cárter/compresión-explosión (1-2-3-4) de un motor de dos tiempos**

Fuente: (GONZÁLEZ, 2012)

**e. Segundo tiempo o fase de expansion- precompresion al carter-escape-transferencia (4-5-2-1):**

El segundo tiempo empieza cuando el pistón esta en el PMS y termina cuando llega al P.M.I. como sugiere la Figura 2.17, tras la explosión de la mezcla, se produce la expansión (4-5), adiabática, isentrópica y reversible, logrando así realizar trabajo.

Cuando el pistón desciende y cierra todas las lumbreras, el carter se vuelve hermético, disminuyendo ahora su volumen, y aumentando así su presión, realizando una precompresión de la mezcla admitida.

El pistón sigue su descenso y la primera lumbrera que descubre es la de escape, aquí cede calor al exterior. Se iguala la presión interior con la atmosférica sin desplazamiento del pistón y a volumen constante (5-2), por tratarse de un ciclo ideal. El pistón sigue su descenso y destapa la lumbrera de transferencia y comunica al cárter con el cilindro.

La mezcla que se encuentra comprimida por diferencia de presiones, la mezcla se pasa del cárter al cilindro por medio de la lumbrera de transferencia, dando así lugar al llenado, y en este periodo de transferencia se produce el barrido de los gases quemados, siendo empujados por la lumbrera de escape (2-1), este proceso se supone isobaro, y una vez finalizada esta fase el cigüeñal ha girado 360°.

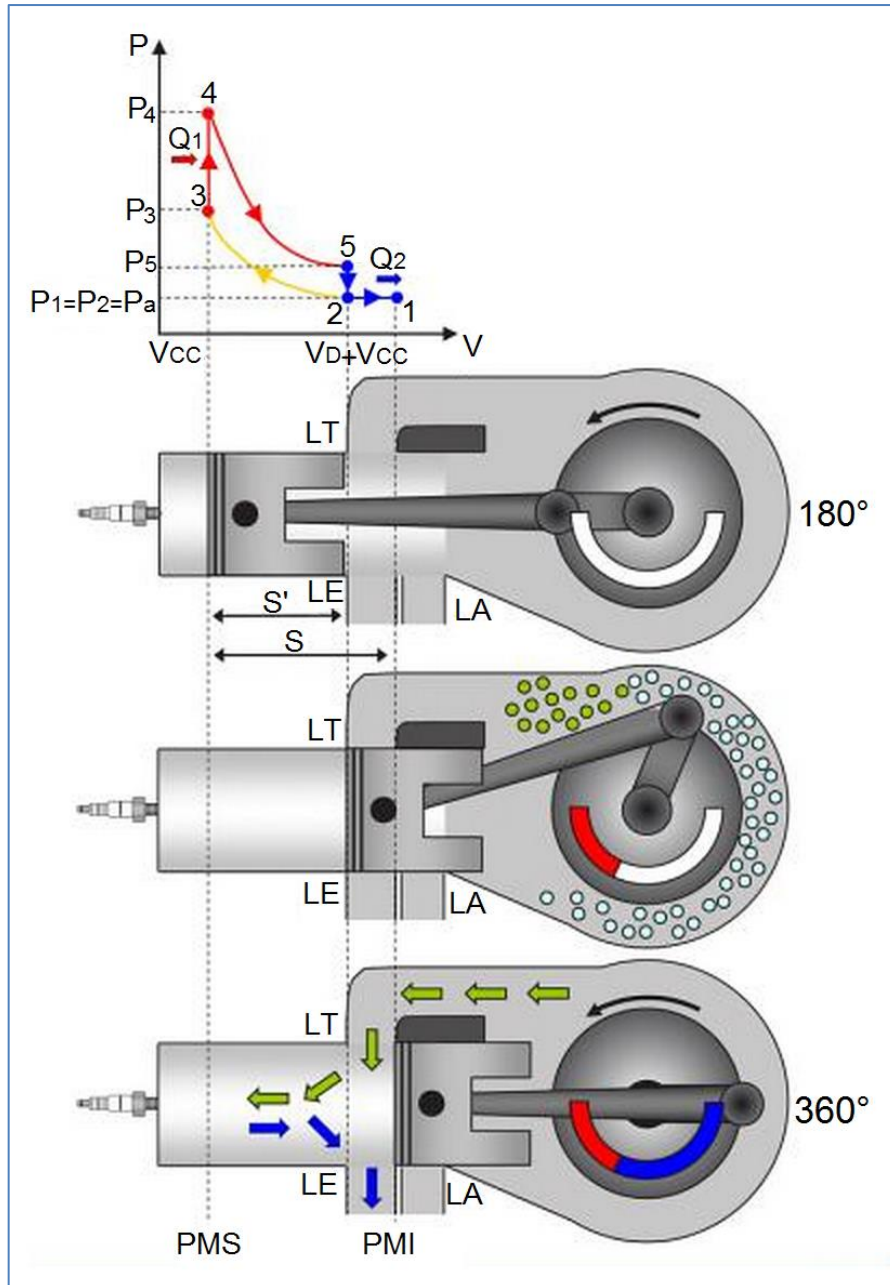


Figura 2. 17 Segundo tiempo o fase de expansión- precompresión al cárter-escape-transferencia (4-5-2-1)

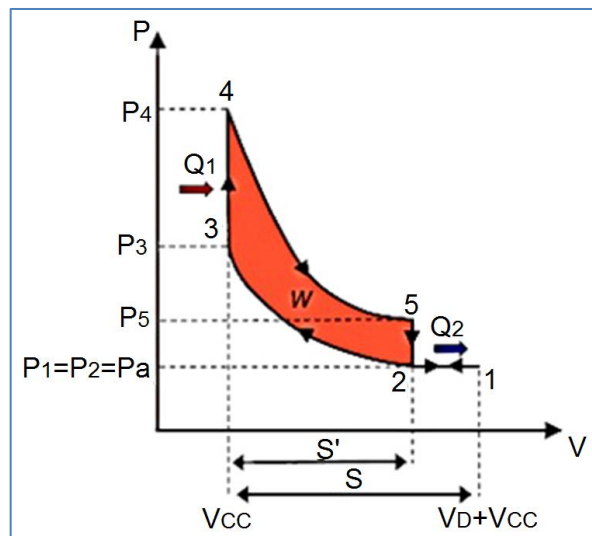
Fuente: (GONZÁLEZ, 2012)

### 2.3.1.1. DIAGRAMA DE UN CICLO TEÓRICO DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS.

El diagrama Presión-Volumen teórico considera un motor ideal lo que quiere decir sin tener en cuenta algunos parámetros como son: inercias de las masas de los componentes del motor, pérdidas por fricción, retardos al encendido etc. (GONZÁLEZ, 2012)

- 1-2 Admisión isobara de mezcla al cilindro a través de la lumbrera de tarnerencia y barrido de los gases quemados.
- 2-3 Compresión adiabática e isentropica.
- 3-4 Compresión isócora de la mezcla.
- 4-5 Expansión adiabática e isentropica que genera trabajo.
- 5-2 Expulsión isócora de los gases quemados, cediendo calor.
- 2-1 Barrido de los gases quemados de forma isobara.

La alusión a esta explicación se encuentra en la Figura 2.18.



**Figura 2. 18 Ciclo completo de un motor de dos tiempos.**

**Fuente:** (GONZÁLEZ, 2012)

### 2.3.2. CICLO PRÁCTICO O REAL DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Las variaciones que sufren las transformaciones reales de los motores de dos y cuatro tiempos son las mismas.

- **Primer tiempo o fase de admisión al cárter- compresión- explosión (1-2-3-4):**

La fase de admisión (1-2) no se produce a presión atmosférica, ya que al no tener sistema de distribución y ser el propio pistón el que hace de válvula, hay menos tiempo para realizar el llenado. Además como los gases frescos barren a los gases quemados, estos crean una resistencia adicional al llenado del cilindro.

La fase de compresión (2-3) no es totalmente adiabática y la presión obtenida al final es menor que la teórica por haber partido de la presión inferior.

La combustión (3-4) no es isócara, al ser progresiva y producirse pérdidas de calor, por lo que la presión máxima de combustión también es menor a la teórica. (GONZÁLEZ, 2012)

- **Segundo tiempo o fase de expansión- pre compresión al cárter-escape-transferencia (4-5-1):**

La expansión (4-5) no es adiabática porque se transfiere calor a través de las paredes y el trabajo producido es menor que el teórico al haberse iniciado con un presión máxima de combustión menor. (GONZÁLEZ, 2012)

La fase de escape tampoco se produce instantáneamente por lo tanto no es isócara, como se ejemplifica en la Figura 2.19.



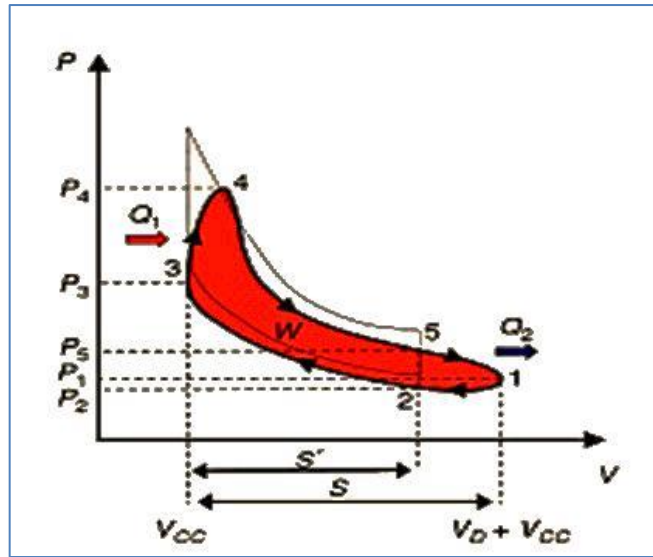


Figura 2. 19 Diagrama de Presión-Volumen motor de dos tiempos

Fuente: (GONZÁLEZ, 2012)

#### 2.4. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN REAL Y TEÓRICO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS

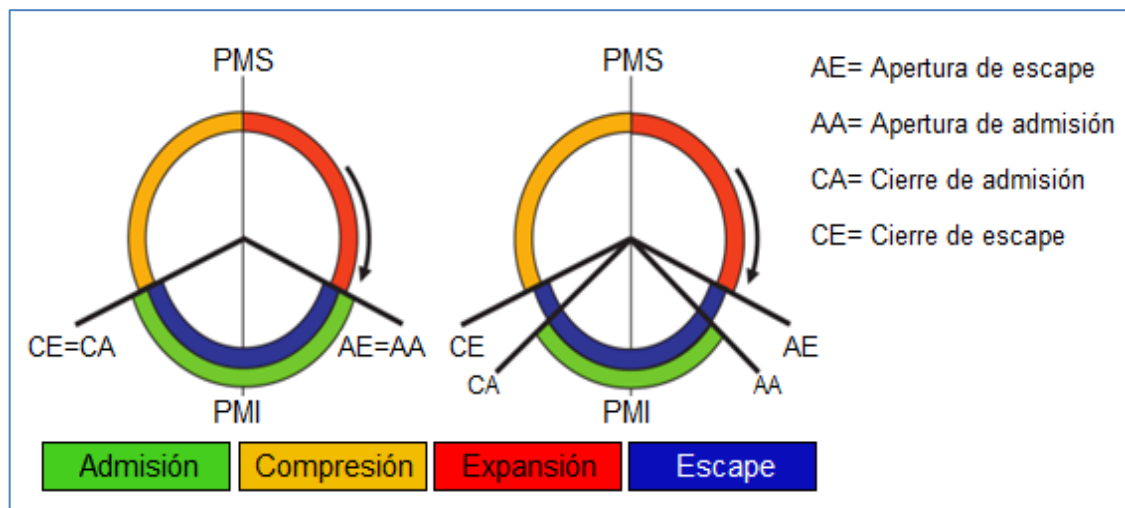


Figura 2. 20 Diagrama de distribución teórico VS real de un motor de dos tiempos

Fuente: (GONZÁLEZ, 2012)

## **2.5. MOTOR SUZUKI AX100.**

### **HISTORIA.**

SUZUKI era plenamente consciente de las ventajas del transporte motorizado, y se decidió a fabricar una bicicleta motorizada. El prototipo del motor estuvo listo en 1951: era un modelo de dos tiempos y 36 CC, y podía adaptarse al bastidor de una bicicleta mediante abrazaderas, de modo que quedaba colocado sobre el tubo inferior, en la base del bastidor de rombo.

Hubieron algunas versiones de motocicletas fabricadas años antes por SUZUKI, hasta que llegado los años de 1964, las series de motos SUZUKI K y M fueron remplazadas por la B 100P, fabricadas hasta los años 70, debido a su gran popularidad, cuando en aquel tiempo ya era conocida como B 120 Student, después seguiría su versión más pequeña, y aparecería la A 100 fabricada en 1967, que fue la antecesora a lo que hoy es la SUZUKI AX 100.

En la planta de Jincheng, ubicada en la provincia de Nanjing, China, es donde se empezó a fabricarse y a poner a punto las motocicletas SUZUKI AX 100, serie que fue diseñada, probada y fabricada desde 1986, para muchos la moto más vendida en su segmento desde la década del 90.

Debido a su incuestionable éxito, SUZUKI la ha mantenido en producción con pequeñas transformaciones técnicas de manera que mantenga su actualidad.

Es una moto muy liviana, maniobrable y ante todo muy confiable. Tiene un diseño dinámico en el cual tanto el conductor como el pasajero viajan con comodidad, sobre todo gracias a un amplio asiento de dos niveles.

Supera cualquier obstáculo, es robusta y resistente, su mantenimiento es fácil y económico, también tiene un bajo consumo de combustible, el modelo es presentado en la Figura 2.21.



**Figura 2. 21 Moto SUZUKI AX100**

**Fuente:** (DACHANGJIANG GROUP CO. LTD, 2010)

### 2.5.1. COMPONENTES DE LA MOTOCICLETA SUZUKI AX 100.

La motocicleta dispone de un motor de dos tiempos de 98 CC, y viene con una caja de cuatro velocidades, su potencia puede ser de hasta 9,8 HP a 7500 rpm, lo que la convierte en la moto de 100 CC más potente en su especie dentro del mercado, la velocidad máxima, según pruebas, precisa a los 100 Km/h, posee un tanque de combustible con capacidad de 12 litros y reserva de 2L. (DACHANGJIANG GROUP CO. LTD, 2010)

### 2.5.2. FICHA TÉCNICA DE LOS PARÁMETROS DEL MOTOR SUZUKI AX100

**Tabla 2. 1**

**Ficha técnica SUZUKI AX 100**

<b>FICHA TÉCNICA DEL MOTOR SUZUKI AX 100</b>	
<b>MOTOR</b>	
Modelo	2 Tiempos, enfriamiento por aire
Cantidad de cilindros	1
Diámetro del cilindro	50 mm
<b>CONTINÚA</b> 	

Carrera del cilindro	50 mm
Cilindrada	98 cc
Relación de compresión	6,6:1
Torque	0,97 Kg-m @ 6500 rpm
Potencia	10 CV @ 7500 rpm
<b>SISTEMA DE CAMBIO DE VELOCIDAD</b>	
Transmisión	4 Velocidades
Embregüe	Estilo mojado, múltiples placas
Relación de velocidad inicial	3,125
Relación de velocidad última	3
Relación de ruedas velocidad 1	2,909
Velocidad 2	1,8
Velocidad 3	1,277
Velocidad 4	0,954
<b>CAPACIDAD</b>	
Tanque (Incluyendo la de reserva)	12 L
Reserva	2 L
Aceite de la caja del cigüeñal	900 ml
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	
Método de encendido	C.D.I.
Modelo de bujía	NGK PBR8ES ó ND W24EPR
Batería	3 mA - 4 mA (12 V)
Foco delantero	12 V 25 W
Luz trasera/freno	12 V 3W / 10W
Luces direccionales	12 V 8 W
Tipo de fusible	10 A
<b>Nota importante:</b> Algunas características pueden tener una pequeña variación dependiendo del modelo/año.	

**Fuente:** (DACHANGJIANG GROUP CO. LTD, 2010)

## **2.6. HISTORIA DEL TUNED PIPE**

Fue el ingeniero Walter Kaadan en la década de 1950, que ante la necesidad e inquietud de corredores de motos fue consultado, para pedirle que ayude e investigue formas para lograr que expresen más potencia y velocidad.

Después de algunos experimentos e investigaciones que realizó Walter Kaadan, encontró como resultado que el desempeño de los motores de dos tiempos que poseían las motocicletas eran afectadas por las características de su sistema de escape.

Por lo cual en su investigación, encontró que mediante la variación de la longitud de tubos de escape rectos, el rendimiento también cambiaba. Después de una nueva serie de ensayos, se determinó con que un cono divergente en lugar de un tubo recto funcionó mejor, y esto marco la llegada de la pipa templada de 2 tiempos.

## **2.7. FUNCIONAMIENTO Y COMPORTAMIENTO DE UN TUNED PIPE**

El tuned pipe de un motor de dos tiempos intenta aprovechar la energía de las ondas de presión producidas en el proceso de la combustión, por lo que el diámetro y la longitud de las cinco secciones principales de un tubo sintonizado son críticos para la producción de la potencia deseada. Tuned pipe o también llamados tubos de sintonía son usados para mejorar el rendimiento del motor de dos tiempos. (MÉXICO RC, 2012)

Las secciones de la tubería sintonizada son:

- La cabeza tubería
- Cono difusor (divergente)
- Vientre
- Cono deflector (convergente)
- El agujón.

En general, después de realizado el TUNED PIPE cambian la gama de potencia y las RPM, la mayoría de las TUNED PIPE son diseñadas para cilindros originales es decir cilindros no sintonizados.

La mejora que se consigue en las características del motor se debe a que el sistema de escape de dos tiempos, comúnmente conocida como "cámara de expansión" o TUNED PIPE, utiliza ondas de presión que emanan de la cámara de combustión para impulsar el potencial de eficacia al cilindro.

Cada vez que el orificio de escape de un cilindro del motor de dos tiempos está cubierto, los gases de escape se precipitan fuera de la abertura, a través del tubo de escape.

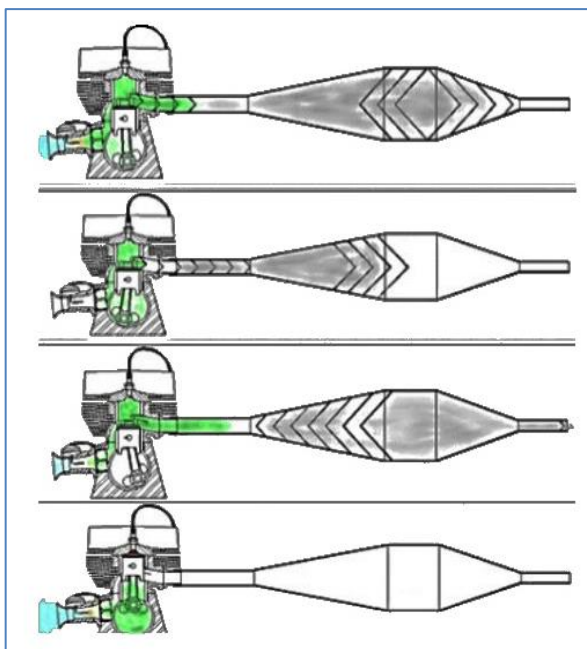
Esto provoca una onda de presión alta para irradiar los gases desde la tubería hacia la abertura de escape. Sin embargo, el impulso de esta masa de aire en movimiento también crea una onda de baja presión que sigue detrás de él. Esta onda de baja presión se puede utilizar para aspirar la mezcla de combustible / aire fresco desde los puertos de transferencia.

La onda de presión ahora se ha reflejado en el extremo de la cámara, y perfectamente sincronizado empuja toda mezcla fresca de nuevo en el cilindro al igual que el pistón cierra el puerto de escape.

Este proceso se repite en la misma frecuencia a la que el motor está en marcha y, por tanto, si el tubo de escape se puede hacer para resonar a las RPM de funcionamiento del motor, esto mejorará la eficiencia del motor. En la Figura 2.22 se observa la operación del TUNED PIPE.

Debe tenerse en cuenta que a un bajo (menor que la frecuencia de resonancia) rango de RPM, este pulso de baja presión volvería demasiado pronto, rebotando fuera del orificio de escape. Ocurriendo lo contrario para una gama de revoluciones más alto que la frecuencia de resonancia de la tubería,

mediante el cual el pulso de baja presión vuelve demasiado tarde de manera que el orificio de escape está cerrada.



**Figura 2. 22 Operación del TUNED PIPE en un motor de dos tiempos.**

**Fuente:** (MÉXICO RC, 2012)

Con una sección divergente de tipo tubo de sintonía convergente-ventre el objetivo es que la sección divergente crea una onda expansiva de regresar y de la sección convergente crear una onda de presión de retorno. La sección de vientre actúa como un retardo de tiempo adecuado entre las ondas que regresan de tal manera que la onda de presión llega al puerto de escape después de que el puerto de transferencia se ha cerrado. Esta onda de presión empuja el exceso de mezcla fresca en el tubo de escape de un cortocircuito, de nuevo en el cilindro.

Aquí el corto circuito mezcla fresca se desea en realidad ya que esto permite la onda de presión de volver a "Super Charge" el cilindro dándole mezcla más fresco que si el cilindro se llena a presión ambiente. Este es un resultado similar al turbo-carga o sobrealimentar un motor de cuatro tiempos. Si la mezcla contenida dentro del cilindro antes de la combustión se produce se le permite

expandirse a la presión ambiente, su volumen sería más grande que el desplazamiento del motor. Este fenómeno se cuantifica como la eficiencia volumétrica del motor.

## **2.8. COMPONENTES DEL TUNED PIPE**

Los componentes del TUNED PIPE, se muestran en la Figura 2.23, y son:

- **Headpipe.**

Los tubos de dirección cónica han demostrado ser muy útiles para aumentar el rendimiento y la facilidad de sintonía en la pipa.

Es la sección que está conectada al motor, siendo el tramo recto o ligeramente divergente de la tubería. Ayuda a aspirar los gases combustionados fuera del motor. El área de sección transversal tubo colector debe ser de 10-15% mayor que la ventana de conexión de escape para cuando se desea la producción máxima a las RPM. (CICLOMOTORES Argentinos, 2014)

En general, esta sección relativamente más larga producirá más potencia inferior de extremo a expensas de la potencia de pico. Un tubo de cabeza corta generalmente trae el pico de potencia más fuerte.

- **Cono Divergente (Difusor).**

Es la sección de la tubería que se conecta a la cabecera o Headpipe y se abre en un ángulo como un megáfono. Esta sección intensifica y prolonga las ondas sonoras que regresan ampliando así la curva de potencia. A mayor ángulo los retornos de ondas negativas no solo son más intensas, sino también de corta duración. A menor ángulo, por supuesto, vuelve una ola de menor intensidad, pero por un período de tiempo (duración) más larga. La longitud, el volumen y la conicidad del primer cono (difusor), influyen fuertemente en la cantidad de potencia de pico del motor producirá. (CICLOMOTORES Argentinos, 2014)



- **Vientre o Belly.**

Situado entre los conos divergentes y convergentes, es la sección media de una tubería es donde se hacen los ajustes de longitud que determina el tiempo relativo de las ondas negativas y positivas. La zona intermedia del tubo o "vientre" se pueden ampliar, acortar o alargar para lograr los resultados de los diseños. Cuanto más corto sea el vientre, más corta es la distancia que viajan las ondas positivas y más estrecho es el rango de RPM.

Esto es bueno para el funcionamiento a solamente altas revoluciones. Pero mientras más largo es el vientre, más amplía la gama de revoluciones.

- **Cono Convergente (Baffle).**

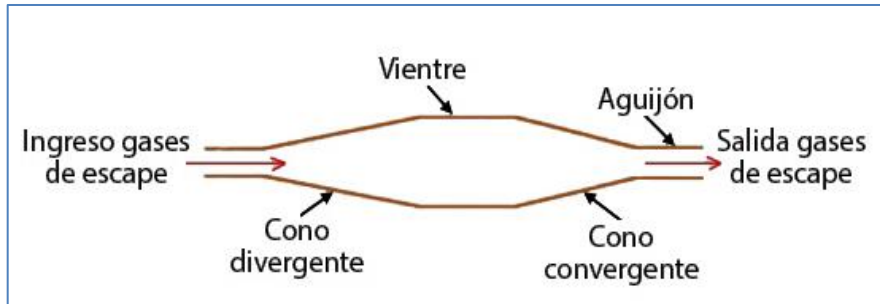
Situado tras el vientre y antes de que el agujón, refleja las ondas positivas de regreso al puerto de escape abierta y obliga a la mezcla de combustible fresco de nuevo en la cámara de combustión como se cierra el orificio de escape. A mayor ángulo, más intensa es la onda positiva y la más suave el ángulo menos intenso. (CICLOMOTORES Argentinos, 2014)

- **Stinger.**

El tubo de escape, o agujón, es tan importante como cualquier parte de la tubería. Se encuentra situado en el extremo opuesto de la tubería de la cabecera y después de que el cono convergente, que es la "válvula de alivio de presión" de la tubería donde los gases de escape finalmente salen de la tubería. La contrapresión en la tubería es causada por el tamaño (diámetro) o la longitud del agujón. Su tamaño y las influencias de longitud de potencia máxima y el fondo de gama, e incluso puede afectar la resistencia de un motor.

Un agujón más pequeño provoca más presión de retorno y por lo tanto un medio más denso de las ondas de sonido para viajar, crean más caballos de fuerza, pero aumentan la probabilidad de pistones fundidos porque embotella el calor hasta que escape, las ondas de sonido aman medios más densos y así

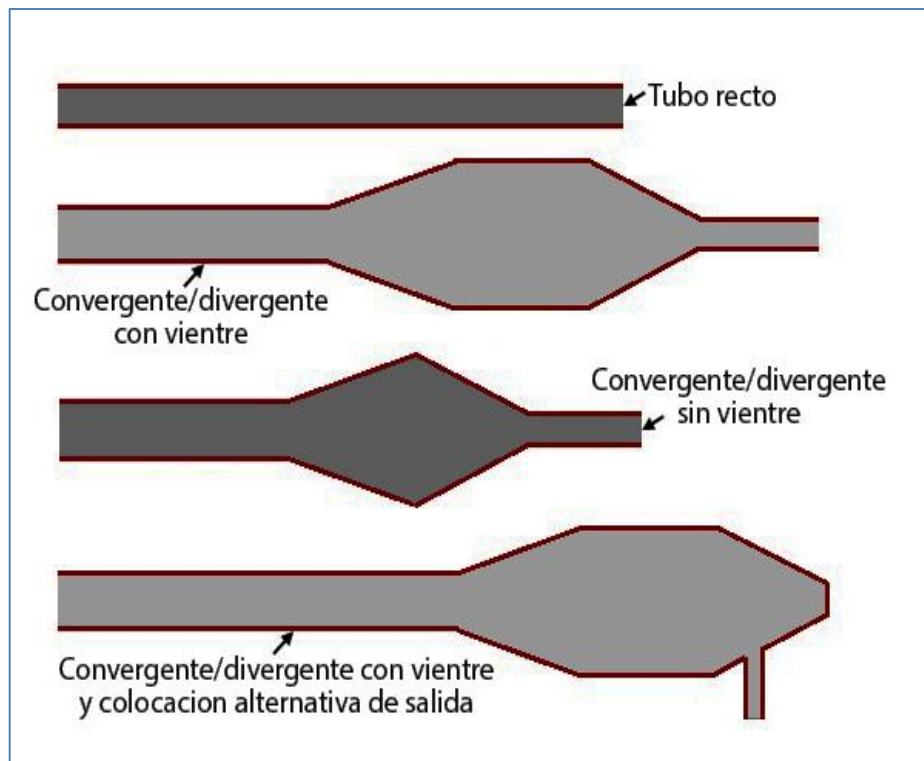
viajar mejor. Un agujón de dimensiones excesivamente grandes puede perjudicar el rendimiento en todos los regímenes del motor debido a la presión de retorno insuficiente.



**Figura 2. 23 Partes del TUNED PIPE**

Fuente: (RC-TRUCKS, 2004)

## 2.9. CONFIGURACIONES DE TUNED PIPE



**Figura 2. 24 Configuraciones o formas de TUNED PIPE**

Fuente: (MÉXICO RC, 2012)

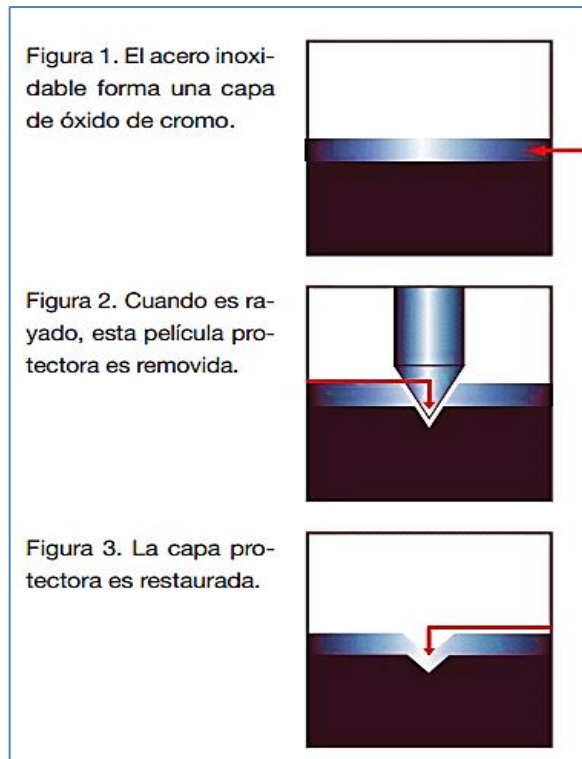
Para un motor de 2 tiempos, la tubería sintonizada o TUNED PIPE es la sección del sistema de escape que inicia en la lumbrera de escape y termina en al final de la sección convergente. Un tubo sintonizado está hecho de entre 4 y 5 secciones características dependiendo del efecto que se quiera conseguir. La figura 2.24 indica las secciones transversales de 3 configuraciones típicas de tubos de sintonía.

## **2.9. MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **2.9.1. ACERO INOXIDABLE**

Los aceros inoxidable, son aleaciones a base de hierro, con bajo contenido de carbono y un mínimo de 11% de cromo. La mayoría de los grados comerciales contiene al menos 11% de cromo y hasta 0.8% de carbono. Algunos grados contienen níquel como segundo elemento de aleación. Cuando el contenido total de la aleación excede aproximadamente el 50%, la designación “resistente al calor” es más aplicable que inoxidable. (INDURA, 2010)

Su principal característica es su alta resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Aunque es extremadamente fina, esta película invisible está firmemente adherida al metal y es extremadamente protectora en una amplia gama de medios corrosivos. Dicha película es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, como se muestra en Figura 2.24, y así daños por abrasión, corte o mecanizados son reparados rápidamente. (INDURA, 2010)



**Figura 2. 25 Acero Inoxidable.**

**Fuente:** (INDURA, 2010)

### 2.9.1.1. ACERO INOXIDABLE FERRÍTICO

Se caracteriza por una estructura Ferrítica a cualquier temperatura ya que no presentan transformación de Ferrita en Austenita durante el calentamiento ni transformación Martensítica en el enfriamiento. Por esta razón no hay posibilidad de cambios de fase, son conocidos como los aceros inoxidable de cromo directo. Su contenido de cromo varía entre 10.5% y el 30%, pero con bajo contenido de carbono, sus características son:

- Mayor resistencia a la oxidación que los aceros martensíticos
- Soldabilidad
- Alta resistencia a la temperatura
- No endurecible por el tratamiento térmico

- Menor ductilidad que los aceros austeníticos, debido a la inherente menor plasticidad de la estructura cúbica centrada en el cuerpo del hierro alfa. Maleabilidad no tan buena como los grados austeníticos pero suficiente para trabajarlos fácilmente en frío.
- Menor tenacidad
- Se les prefiere en general por su resistencia a la corrosión y bajo costo, más que por sus propiedades mecánicas. (INDURA, 2010)

### **2.9.2. SUELDA TIG**

La suelda TIG es la más adecuada para soldar materiales de espesores de entre 0.5 hasta 5 ms.

La soldadura TIG se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con Torio o Circonio en porcentajes no superiores a un 2%. (INDURA, 2010)

Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (funde a 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión.

“Los aceros inoxidable son perfectamente soldables por el procedimiento TIG. La soldadura puede realizarse con corriente continua y polaridad directa, o con corriente alterna y estabilización por alta frecuencia.

El proceso es especialmente indicado para el soldeo de espesores relativamente finos.

Cuando se emplea material de aportación, la varilla debe ser algo más rica en cromo que el metal base, en cuanto a los riesgos de fisuración se reducen considerablemente mediante un precalentamiento de las piezas a una temperatura comprendida entre 145 y 260°C” (GIACHINO J ; WEEKS W., 1981)

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DEL TUNED PIPE

#### 3.1 FÓRMULAS DE CÁLCULO.

Para el diseño de un TUNED PIPE el efecto dinámico de las ondas de compresión y expansión se debe manejar con cuidado. En este caso, los cálculos se pueden realizar siguiendo un método de resolver las ecuaciones diferenciales que representan la física del motor real.

##### 3.1.1. LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE PRESIÓN DE AMPLITUD DE PRESIÓN ACÚSTICA

Las ondas acústicas al ser ondas de amplitud pequeñas definiremos que el radio de presión  $P$  lo definimos como la presión  $p$  en cualquier punto de la onda dividido en la presión no perturbada o presión de referencia  $P_0$ . (BLAIR; GORDON, P, 1990)

$$P = \frac{p}{P_0} \quad \text{Ecuación 3. 1 Presión de onda}$$

El radio de presión típico para un pulso de escape es de aproximadamente 1,5.

La velocidad de onda del sonido está dada por la siguiente ecuación.

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_0} \quad \text{Ecuación 3. 2 Velocidad de onda}$$

$$a_0 = \sqrt{\frac{\gamma * P_0}{\rho_0}} \quad \text{Ecuación 3. 3 Velocidad de onda}$$

Donde  $\gamma$  es el radio de calores específicos para el aire,  $T_0$  es la temperatura de referencia, y  $\rho_0$  es la densidad de referencia.

Para las ondas de sonido en el aire,  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $\rho_0$  son valores de temperatura, presión y densidad atmosférica respectivamente.

$$P_0 = \rho_0 * R * T_0 \quad \text{Ecuación 3. 4 Presión de un gas específico}$$

Donde R es la constante particular del gas involucrado.

### 3.1.2. PROPAGACIÓN Y VELOCIDAD DE LAS PARTÍCULAS PARA ONDAS DE VELOCIDAD FINITA

Todas las ondas que tienen un radio de presión más grande que una onda acústica es conocida como una onda de amplitud finita. (BLAIR; GORDON, P, 1990)

Las ondas presentadas en las tuberías de escape de los motores de dos tiempos es una onda de amplitud finita para lo cual la velocidad de una partícula de gas en una onda de amplitud finita es:

$$c = \frac{2}{\gamma-1} * a_0 * \left[ \left( \frac{p}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \quad \text{Ecuación 3. 5 Velocidad de una partícula}$$

### 3.1.3 VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.

En cualquier punto de una onda la velocidad de propagación con presión p y temperatura T es como una pequeña onda acústica en movimiento con una velocidad del sonido local a estas condiciones, pero sobre la cabeza de las partículas del gas las cuales también se están moviendo. Además la absoluta velocidad de propagación en cualquier punto de la onda es la suma de la velocidad local del sonido y la velocidad local de las partículas. (BLAIR; GORDON, P, 1990)



La velocidad de propagación en cualquier punto es una onda de amplitud finita y está dada por  $\alpha$ :

$$\alpha = a + c \quad \text{Ecuación 3. 6 Velocidad de propagación.}$$

Siendo  $a$  la velocidad local del sonido a la elevada presión y temperatura del punto de la onda  $p$  y  $T$ , así tenemos:

$$a = \sqrt{\gamma * R * T} \quad \text{Ecuación 3. 7 Velocidad local del sonido.}$$

Asignando un cambio isoentrópico de las condiciones iniciales  $p_0$  y  $T_0$  a  $p$  y  $T$ , entonces para este cambio se puede relacionar:

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad \text{Ecuación 3. 8 Relación de Temperatura}$$

$$\frac{a}{a_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{2\gamma}} \quad \text{Ecuación 3. 9 Relación de Velocidad de onda}$$

Entonces la velocidad absoluta de propagación  $\alpha$  es:

$$\alpha = a_0 * \left[ \frac{\gamma+1}{\gamma-1} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \frac{2}{\gamma-1} \right] \quad \text{Ecuación 3. 10 Velocidad absoluta de propagación.}$$

### 3.1.4 PROPIEDADES DE LOS GASES.

La propagación de las ondas de presión depende de la constante particular del gas  $R$ , del radio de los calores específicos y de sus propiedades.

Donde el radio de calores específicos depende de la composición del gas y de la temperatura; mientras que  $R$  depende únicamente de la composición del gas. (BLAIR; GORDON, P, 1990)

La constante del gas  $R$  es la relación entre la constante del gas universal  $\dot{R}$  ( $8314,4 \text{ J/Kmol} * K$ ) y el peso molecular del gas  $M$ :

$$R = \frac{\dot{R}}{M} \quad \text{Ecuación 3. 11 Constante de gas.}$$

El ratio de calores específicos  $\gamma$  es:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \quad \text{Ecuación 3. 12 Ratio de calor específico.}$$

Cuando el gas resulta de una mezcla de varios gases, las propiedades del gas deben ser valoradas separadamente, y la combinación provoca el comportamiento de la mezcla.

### 3.1.5 GASES DE ESCAPE

Producto de la combustión dentro de un motor impulsado por un combustible (nafta) aparecen los gases de escape, los cuales son una mezcla de varios gases, su composición depende de la relación aire/combustible.

Si la combustión fuese estequiométrica habría unas pequeñas trazas de Monóxido de Carbono (CO), y en menores cantidades Oxígeno ( $O_2$ ) e Hidrógeno ( $H_2$ ).

Si la mezcla fuese más rica los gases de escape tendrían mayores cantidades de Monóxido de Carbono CO y trazas de Hidrógeno  $H_2$ , pero tendría poco Oxígeno libre  $O_2$ .

Si la mezcla fuese pobre, el producto de los gases de escape tendría menores cantidades de Monóxido de Carbono CO e Hidrógeno  $H_2$ , pero alcanzaría altas cantidades de Oxígeno libre.

Las propiedades de los gases de escape dependen de la temperatura, pero hay que tomar en consideración que también dependen del proceso de combustión que los creó; por lo que evaluar las propiedades de los gases combustionados resulta un poco complicado.

Las tablas 3.1 y 3.2 muestran las propiedades de los gases de escape alterando la relación aire/combustible desde una mezcla rica (13), pasando por una estequiométrica (15) hasta una relación pobre (17), a bajas temperaturas y las propiedades de los gases de escape a elevadas temperaturas respectivamente.

**Tabla 3. 1**

**Propiedades de los gases de escape a baja temperatura (293°K); % en volumen**

AFR	% CO	% CO <sub>2</sub>	% H <sub>2</sub> O	% O <sub>2</sub>	% N <sub>2</sub>	R	$\lambda$
13	5,85	8,02	15,6	0	70,52	299,8	1,388
15	0	12,5	14,1	0	73,45	290,7	1,375
17	0	11,14	12,53	2,28	74,05	290,4	1,376

Fuente: (BLAIR; GORDON, P, 1990)

**Tabla 3. 2**

**Propiedades de los gases de escape a elevadas temperaturas.**

T=500 K			T= 1000 K		
AFR	R	$\lambda$	AFR	R	$\lambda$
13	299,8	1,362	13	299,8	1,317
15	290,7	1,35	15	290,8	1,307
17	290,4	1,352	17	290,4	1,31

Fuente: (BLAIR; GORDON, P, 1990)

### 3.1.6 CALOR TRANSFERIDO DURANTE LA PROPAGACIÓN DE UNA ONDA DE PRESIÓN.

En las tuberías de escape el calor puede ser transferido desde o hacia la pared del mismo y el gas como es un proceso de flujo inestable realiza la conducción de calor por convección

### 3.1.7 RESISTENCIA TÉRMICA

La Resistencia térmica es la diferencia de temperatura, en estado estable, entre dos superficies definidas

Resistencia térmica. Representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. Según lo indicado, el valor de la resistencia térmica puede determinarse dividiendo el grosor entre la conductividad térmica del ejemplar.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{Ecuación 3. 13 Resistencia térmica.}$$

Dónde:

R: Resistencia térmica

e: Espesor del material

$\lambda$ : Conductividad térmica

### 3.1.8 PRESIÓN INTERNA DE UNA TUBERÍA DE ESCAPE

La presión interna de una tubería de escape es muy importante debido a que no debe existir ningún tipo de fisuras o roturas de la misma para garantizar que no exista alteraciones inválidas de presión en la recámara, la presión que puede soportar una tubería está definida por la ecuación:

$$P = \frac{e \cdot S}{n \cdot r} \quad \text{Ecuación 3. 14 Presión interna de una tubería.}$$

Donde:

P: Presión que resiste la tubería

e: Espesor del tubo

S: Valor límite elástico del material

r: radio interno

### **3.2 CONSIDERACIONES TEÓRICAS EN EL DISEÑO DE LA TUBERÍA DE ESCAPE.**

El diseño de los sistemas de escape para los motores de dos tiempos es muy complejo, no exclusivamente por la conflicto de entender la dinámica de los gases inestables, sino porque la respuesta óptima para el sistema de escape de un motor de dos tiempos depende de la combinación de la dinámica deseable de los gases de escape y las limitaciones físicas es decir tener en cuenta los parámetros de potencia, bajo peso, y el espacio disponible para dimensionar la tubería.

Las longitudes y los diámetros deben ser lo más ajustado posible, el ducto de escape mostrado en la Figura 3.1, la misma que tiene las siguientes dimensiones: el diámetro  $d_0$  pertenece al área del puerto de escape del motor, el diámetro  $d_1$  puede ser paralelo o cónico dependerá del juicio del diseñador, los diámetros  $d_2$  y  $d_3$  corresponden a la parte cónica de la pipa para dar un máximo comportamiento reflectivo e inducir ondas de expansión, el diámetro  $d_4$  corresponde a la parte mayor del tubo de escape, el resto de la tubería se contrae apareciendo los diámetros  $d_6$  y  $d_7$  los cuales sirven para reflejar los "pluggins" pulsaciones necesarias para dar alta potencia de salida, por el último diámetro se descarga los gases producto de la combustión a la atmosfera, en algunos casos se puede considerar  $d_7$  igual a  $d_1$ .

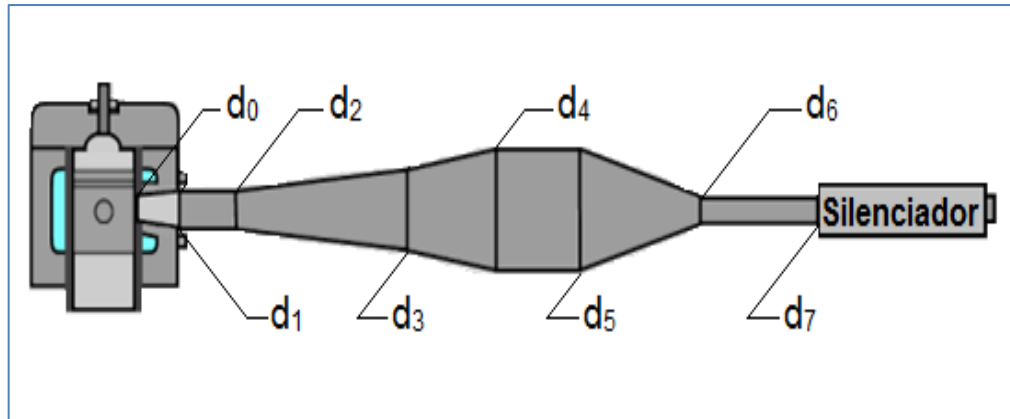


Figura 3. 1 Distribución de diámetros de la tubería de escape.

### 3.3 ECUACIONES PARA DIMENSIONAR LA TUBERÍA.

Para dimensionar la tubería de escape debemos tener conocimiento de algunas dimensiones físicas del motor como cilindrada, diámetro y carrera del pistón, temperatura de los gases de escape  $T_{exc}$ , estimada en la sección media de la tubería en grados centígrados, periodo total de apertura del puerto de escape  $\theta_{ep}$ , considerada en grados sexagesimales, el área de flujo del puerto de escape la cual tiene un diámetro equivalente  $d_0$  que es el diámetro inicial de la tubería de escape. Las tuberías de escape para motores de dos tiempos diseñados o preparados para carreras el objetivo es maximizar la presión dada por los “pluggins” aumentando la eficiencia de “trapping”, se ha visto que el diámetro  $d_1$  aproximadamente es 1,05 veces más grande que el  $d_0$  y se comporta eficazmente. (BLAIR; GORDON, P, 1990)

Con los valores de  $d_0$  y  $d_1$  a continuación podremos calcular el diámetro final de la tubería dependiendo además del bmep del motor de la siguiente manera.

Tabla 3. 3

Diámetro d7 según el diámetro del motor

TIPO DE MOTORES SEGÚN bmep	DIÁMETRO d7
Motores de carreras aproximadamente 11 bar bmep	$d_7=0,6d_0$
Motores de motocross aproximadamente 9 bar bmep	$d_7=0,65d_0$
Motores tipo enduro aproximadamente 8 bar bmep	$d_7=0,7d_0$

Fuente: (BLAIR; GORDON, P, 1990)

Entonces tenemos que la velocidad del sonido es un criterio real, y como es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura en grados Kelvin, la selección de la temperatura de la tubería de escape no es tan crítica como parece ser.

La velocidad del sonido de los gases de escape está dada por:

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_{exc} + 273}$$

**Ecuación 3. 15 Velocidad de sonido de gases de escape.**

El cálculo de la longitud total de la tubería de escape  $L_T$  está basado en la relación entre el retorno del pulso “plugging” dentro del periodo de escape, la ecuación de cálculo está basada en años de experiencia y observación empírica.

El periodo de reflexión debe ocurrir simultáneamente al periodo de escape, y la velocidad de la propagación de la onda es la velocidad local del sonido dentro de la tubería. Esta aproximación es la más inminente según se ha palpado por tantos años de práctica. (BLAIR; GORDON, P, 1990)

$$t_{rp} = \theta_{ep}(\text{grados}) \frac{2\pi(\text{rad})}{360(\text{grados})} \times \frac{1}{N(\text{rpm})} \times \frac{60(\text{segundos})}{1(\text{min})}$$

**Ecuación 3. 16 Periodo de reflexión**

Como el periodo de reflexión es igual al periodo de escape tenemos:

$$t_{rp} = \frac{\theta_{ep}(\text{grados})}{6 \times N(\text{rpm})}$$

**Ecuación 3. 17 Periodo de reflexión**

Correspondiendo la longitud total de la tubería de escape con el periodo de escape y la velocidad local del sonido tenemos:

$$\frac{\theta_{ep}}{6 \times N} = \frac{2 * L_T}{1000 * a_0}$$

**Ecuación 3. 18 Relación del flujo de escape.**

$$L_T = \frac{83.3 * a_0 * \theta_{ep}}{N}$$

**Ecuación 3. 19 Longitud de la tubería de escape.**

La longitud  $L_T$  está definida en milímetros. Continuando con las formulas empíricas se determinan las longitudes restantes de la tubería de escape de la siguiente manera:

$$L_1 = 0,1 * L_T$$

**Ecuación 3. 20 Longitud seccional 1**

$$L_2 = 0,275 * L_T$$

**Ecuación 3. 21 Longitud seccional 2**

$$L_3 = 0,183 * L_T$$

**Ecuación 3. 22 Longitud seccional 3**

$$L_4 = 0,092 * L_T$$

**Ecuación 3. 23 Longitud seccional 4**

$$L_5 = 0,11 * L_T$$

**Ecuación 3. 24 Longitud seccional 5**

$$L_6 = 0,24 * L_T$$

**Ecuación 3. 25 Longitud seccional 6**

$$L_7 = 0,755 * L_6$$

**Ecuación 3. 26 Longitud seccional 7**



Ahora para los diámetros de cada sección tenemos:

$$d_1 = k_1 * d_0 \quad \text{Ecuación 3. 27 Diámetro 1}$$

$$d_4 = k_2 * d_0 \quad \text{Ecuación 3. 28 Diámetro 4}$$

Las constantes  $k_1$  y  $k_2$  dependen del tipo de motor y la función que este desempeña:

**Tabla 3. 4**

**Constantes K1 y K2 Según el tipo de motor.**

TIPO DE FUNCIONAMIENTO	$k_1$	$k_2$
Motores de tipo enduro	1,05	2,125
Motores comunes	1,125	3,25

Fuente: (BLAIR; GORDON, P, 1990)

Para el diámetro  $d_5$  generalmente es igual al  $d_4$ , mientras que para los diámetros  $d_2$  y  $d_3$  tenemos las siguientes formulas exponenciales:

$$d_2 = d_1 * e^{X_{12}} \quad \text{Ecuación 3. 29 Diámetro 2}$$

$$d_3 = d_1 * e^{X_{13}} \quad \text{Ecuación 3. 30 Diámetro 3}$$

Los exponentes  $X_{12}$  y  $X_{13}$  son determinados en función de las longitudes de la siguiente manera:

$$X_{12} = \left( \frac{L_2}{L_2+L_3+L_4} \right)^{k_h} * \ln \left( \frac{d_4}{d_1} \right) \quad \text{Ecuación 3. 31 Exponente } X_{12}$$

$$X_{13} = \left( \frac{L_2+L_3}{L_2+L_3+L_4} \right)^{k_h} * \ln \left( \frac{d_4}{d_1} \right) \quad \text{Ecuación 3. 32 Exponente } X_{13}$$

$K_h$  hace que la tubería de escape presente difusores diseñados como bocina, y el valor del coeficiente está designado desde 1,25 hasta 2.

### 3.4 DISEÑO.

En la fase de diseño y construcción del TUNED PIPE, el principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas, las opciones de implementación. Esto vincula tomar comentarios de usuarios, pero sin olvidar los objetivos primordiales para no perder la atención, basándose en requerimientos previamente obtenidos, exponiendo las ventajas y desventajas para el usuario y obtener una retroalimentación que nos permite mejorar el diseño.

#### 3.4.1 DISEÑOS INTERNACIONALES.

Los diseños previos internacionales son una visión preliminar del sistema futuro que se implementará, estos diseños servirán para la recopilación de información específica a cerca de los requerimientos de los usuarios.

La construcción del tened pipe se realiza en la industria de aeromodelismo RCVENEZUELA. Un TUNED PIPA típico para motores de dos tiempos realizado por esta empresa se muestra en la Figura 3.2.



**Figura 3. 2 TUNED PIPE para motor de 2 tiempos**

**Fuente:** *(RC Modelismo)*

Por otra parte MACS PRODUCTS construye MARINE TUNED PIPES para motores de botes y MACS AERO TUNED PIPES para motores de aviones de aeromodelismo indicada en la Figura 3.3.



**Figura 3. 3 Sistema de escape para Aeromodelismo**

**Fuente:** (MACS PRODUCTS)

### **3.4.2 DISEÑOS NACIONALES**

En el país no se establece precedentes de construcción a nivel nacional que se enfoquen al diseño, sin embargo la construcción de estos elementos se realizan en pocos talleres de manera artesanal y empírica, lo que da como resultado un dispositivo de baja calidad y bajo rendimiento, a pesar de aquello es posible encontrar pocos centros de fabricación los cuales producen estos sistemas de escape un tanto más complejos denominados pipas para escapes, los mismos que contribuyen en la mejorara del rendimiento de las motocicletas para carreras.

La Figura 3.4, muestra cómo se construye artesanalmente una pipa de escape para mejorar las prestaciones de la motocicleta dentro de una carrera.



**Figura 3. 4 Construcción empírica de pipas de escape**

### **3.5 CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES.**

El diseño se establece como propuesta la optimización el rendimiento de un motor de dos tiempos SUZUKI AX100 satisfaciendo los requerimientos necesarios que tienen los corredores de motos, cuyo propósito es ser más competitivos en relación a los contendientes. Por esto se tomó como referencia a los pilotos y usuarios que posean estas motocicletas y no logran satisfacerse con el rendimiento de su moto dentro de una competencia.

Uno de los factores por los cuales las máquinas de competencia actuales se ven limitadas es su peso, debido a que no pueden disminuir más allá del reglamentario, por lo que se ve la necesidad de presentar nuevas propuestas para el incremento de rendimiento sin disminuir el peso específico que se logra con la técnica del trucaje, consiguiendo mayores prestaciones en su motocicleta.

### **3.6 LA CASA DE LA CALIDAD**

QFD (Quality Function Deployment), es una herramienta esencial conocida como casa de la calidad, sirve para conocer las capacidades de las características técnicas del sistema que se construirá, con el fin necesario de conocer y plasmar los requerimientos y cada una de las demandas del usuario en el producto, para así permitir una planificación de la calidad durante todo el ciclo de vida.

Para elaborar la casa de la calidad se requiere, en primer lugar, conocer la voz del usuario, mediante la cual el cliente describe los requerimientos y deseos del producto o servicio deseado; luego estos son traducidos y analizados por medio del criterio del ingeniero, en requerimientos técnicos articulados para satisfacer al cliente. Finalmente estos requerimientos técnicos son evaluados para determinar aquellos requerimientos de mayor importancia. (RIBA, 2002)

#### **a. VOZ DEL USUARIO.**

De acuerdo al criterio propuesto del usuario, el sistema TUNED PIPE debe poseer las siguientes características:

- Que el sistema sea resistente a las condiciones de trabajo.
- Que el sistema sea un duradero.

- Que el sistema no necesite mantenimiento.
- Que el sistema tenga una buena estética.
- Que sea de bajo costo.
- Que sea liviano
- Que sea cómodo
- Que sea seguro

**Fuente:** Entrevista al Tecnólogo Ulises Cedillo Competidor de motocicletas.

#### **b. VOZ DEL INGENIERO.**

Cuando ya se conoce los requerimientos y deseos subjetivos del usuario hay que traducirlos en características técnicas objetivas para el diseño de lo solicitado por el usuario.

- Resistencia a cargas térmicas.
- Resistente a la fluencia
- Resistencia última
- Selección del material
- Acabado superficial
- Peso
- Ergonomía
- Geometría

### 3.6.1 RESULTADOS DE LA CASA DE LA CALIDAD.

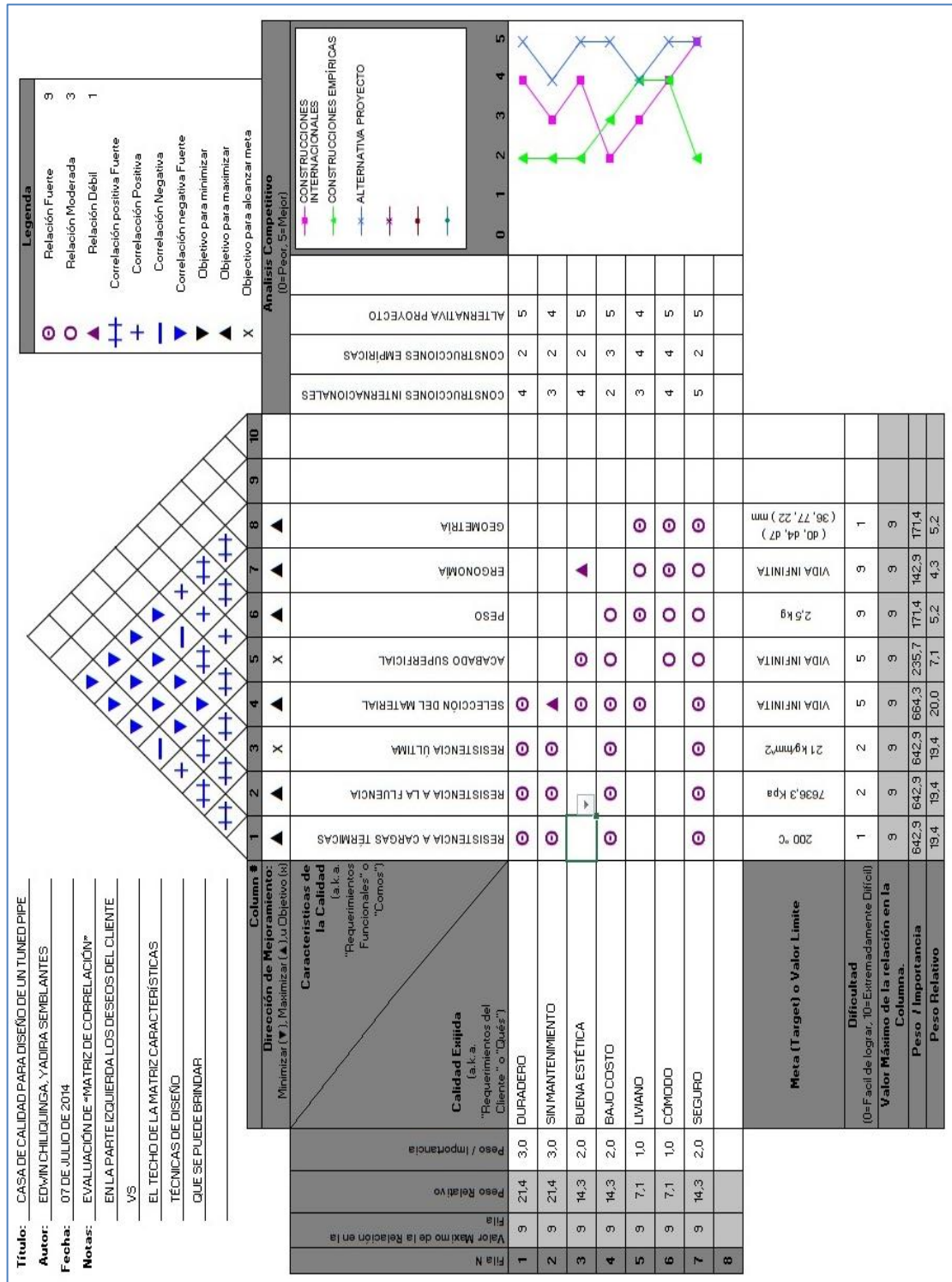


Figura 3. 5 Matriz de la Casa de la Calidad

La matriz de la casa de la calidad, mostrada en la figura 3.5, fue elaborada con las exigencias requeridas por los usuarios del TUNED PIPE según el procedimiento propuesto por Carles Riba i Rome va en su texto Diseño Concurrente. Sin embargo se ha debido hacer pequeñas modificaciones con el propósito de apropiar el método a la presente investigación. Consecuencia a la elaboración de la matriz, en primer lugar observamos en las filas uno y siete la evaluación de la durabilidad y seguridad respectivamente del sistema TUNED PIPE, las filas han sido asignadas con un valor ponderado de 5, no obstante en la fila siete se encuentra el requerimiento predominante debido a que su relación es muy fuerte con la mayoría de las características que se busca alcanzar en la elaboración de este proyecto. Al mismo tiempo la columna número cuatro da como resultado clave un factor a ser considerado por parte del diseñador previo a la construcción, debido a que la selección del material tiene una fuerte relación fuerte con el listado de calidad exigida por el usuario.

### **3.6.2 CONCLUSIONES DE LA CASA DE CALIDAD**

La casa de la calidad nos ha proporcionado información productiva acerca de las características técnicas que satisfacen en mayor medida las exigencias del cliente. Así se tiene que los requerimientos técnicos más importantes son:

- La selección del material, la resistencia a la temperatura, la fluencia, y la resistencia última son los aspectos más importantes a ser tomados en cuenta para el diseño del sistema TUNED PIPE debido a que debe soportar la temperatura y presión ejercidas por la salida de los gases de escape evitando deformaciones o grietas en el sistema.
- Los materiales seleccionados para la construcción del sistema TUNED PIPE deben cumplir con los requisitos de diseño como: Resistencia a la temperatura, resistencia a la Fluencia, resistencia última.



- El peso es otro factor a considerar debido a que este puede influir en una competición de motociclismo por la siguiente razón: disminuir el peso significa minimizar la carga al motor.
- Para la construcción del sistema hay que efectuar con materiales que tengan la propiedad anticorrosiva muy elevada, para evitar una temprana degradación del material lo que beneficiará a prolongar la vida útil del sistema construido.
- El diseño y análisis previo deberá ser verificado mediante software especializados con el propósito de optimizar: mano de obra, materiales empleados, coste, tiempo, entre otros.
- Para el proyecto la alternativa propuesta es la más factible comparada con las alternativas internacionales y nacionales, debido a que las ofertadas en el mercado internacional tienen un costo más elevado, por otra parte las de construcción nacional en gran mayoría el proceso de construcción es empírico y artesanal; es decir, no cuentan con un diseño y análisis previo a la fabricación.
- El material escogido para la construcción del sistema TUNED PIPE brindará las características necesarias para proteger el sistema de daños provocados por polvo, aire, variaciones de temperatura, agua entre otros incrementando así su resistencia y durabilidad, además de brindar un acabado estético como el cliente demanda.


Los parámetros expuestos anteriormente en la casa de la calidad están relacionados directamente con dos aspectos muy significativos del sistema: la calidad del producto terminado y el coste de manufactura. El compromiso técnico más importante es en la correcta selección del material y el diseño.

### 3.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Recurriendo a la casa de la calidad se han establecido especificaciones técnicas del sistema, a continuación serán presentadas en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3. 1**

#### Especificaciones Técnicas

Empresa Cliente: <b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L</b>		Producto: <b>Sistema de escape TUNED PIPE.</b>	Fecha inicial: <b>02/07/2014</b> Última revisión:
Diseñadores: <b>Edwin Chilingua Yadira Semblantes</b>			<b>Página 1</b>
Especificaciones			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
<b>Función</b>	C+F	R	Sistema de escape TUNED PIPE. El sistema podrá ser usado en cualquier moto SUZUKI AX100.
		R	Incrementar los parámetros de funcionamientos de un motor 2T.
		D	Dispondrá de una forma amigable y cómoda para el usuario
<b>Dimensiones</b>	F+D	R	Dimensiones: 1.25m; Peso Promedio 3kg.
<b>Materiales</b>	F+C	R	Para la fabricación del sistema se usa materiales livianos como el Acero inoxidable de espesor 0.7
CONTINÚA			

<b>Vida útil</b>	D+F	R	Al ser construido en acero inoxidable se garantiza un largo periodo de vida
<b>Seguridad y Ergonomía</b>	D+D	R	El sistema se adecuara a la disponibilidad de espacio y dimensiones de la moto para que sea seguro y cómodo para el usuario.

Propone: M = Márquetin, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.  
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.

### 3.8 ANÁLISIS FUNCIONAL.

El objetivo del análisis funcional es separar la acción que se efectúa del componente o mecanismo, para de este modo indagar nuevas soluciones, para ello es preciso establecer claramente las funciones primarias y secundarias.

Los diagramas funcionales que se usan para la construcción del TUNED PIPE describe el proceso de evacuación de gases, el cual consta de dos niveles el nivel 0 para representar el entendimiento básico y primario de lo que constituye el sistema, y el nivel 1 que detalla los procesos.

#### 3.8.1 DESARROLLO DE DIAGRAMAS FUNCIONALES

A continuación en las figuras 3.6 y 3.7 se presentan los diagramas funcionales de nivel 0 y de nivel 1 respectivamente:

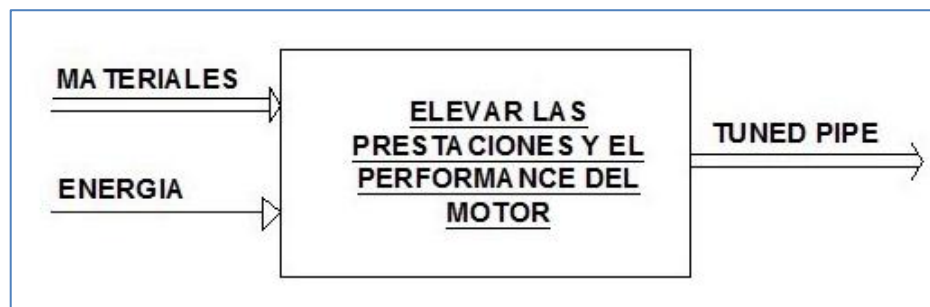


Figura 3. 6 Nivel 0 de diagramas funcionales

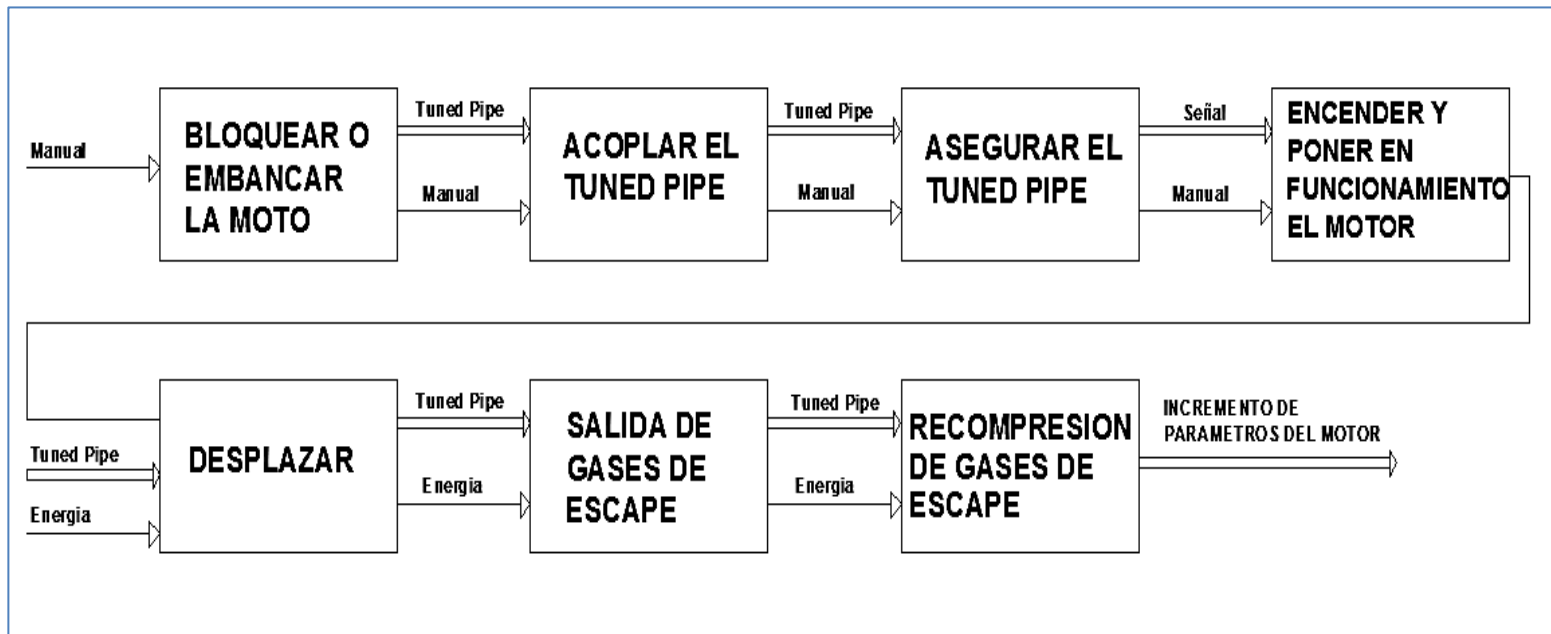


Figura 3. 7 Nivel 1 de diagramas funcionales

### **3.8.2 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES**

Para el presente proyecto se ha estimado conveniente el desarrollo del diagrama funcional hasta el nivel 1.

En el Nivel 0, es donde se presenta la función global, que consiste en generar un sistema de escape TUNED PIPE, que mejore el performance del motor.

En el Nivel 1, se hace una presentación más precisa por lo que hay que dividir la función global en sub funciones y a la vez, establecer las relaciones entre ellas, las cuales en conjunto llevan a la ejecución del motor y a la vez provocar los gases que serán re comprimidos para alcanzar el objetivo de mejorar el rendimiento del motor a través del diseño del sistema de escape.

### **3.9 DEFINICIÓN Y GENERACIÓN DE MÓDULOS**

Para la generación de los módulos se tomó en cuenta un nivel debido a que el desarrollo del TUNED PIPE no requiere del uso de sensores, controles o señales eléctricas para su funcionamiento, por lo que tiene las funciones de instalar y asegurar el sistema y posteriormente la evacuación y re compresión de gases a través del sistema, por lo cual al sistema se lo dividió en dos módulos que realicen las funciones correspondientes, como se aprecia a continuación.

### **3.10 GENERACIÓN DE SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO**

#### **3.10.1 MÓDULO 1**

El módulo debe cumplir con las siguientes funciones:

- Asegurar la moto
- Acoplar el TUNED PIPE
- Asegurar el sistema
- Quitar el seguro de embanque de la moto

### **a. ASEGURAR LA MOTO**

Para embancar la moto se debe bajar el pedal de apoyo que tiene en el costado derecho de esta manera la motocicleta quedará estable en la posición para poder instalar el sistema, es importante que este firme para evitar que la moto se mueva ya que podría caer sobre el usuario y causar un accidente.

### **b. ACOPLAR EL TUNED PIPE**

De acuerdo a las especificaciones y estructura de la moto el TUNED PIPE va conectado al motor en el orificio de la lumbrera de escape, es fácilmente ajustable.

- **Ventajas**

Mayor comodidad para acople y seguridad

- **Desventajas**

Debido a la configuración y geometría de la moto, no se puede cambiar la geometría de la curvatura del primer cono.

### **c. ASEGURAR EL SISTEMA**

El anclaje del sistema se realiza por medio de pernos que juntan y sostienen el sistema manteniéndolo fijo al motor. Además de un tornillo que sujeta el TUNED PIPE en la parte posterior del mismo.

### **d. QUITAR EL SEGURO DE EMBANQUE DE LA MOTO**

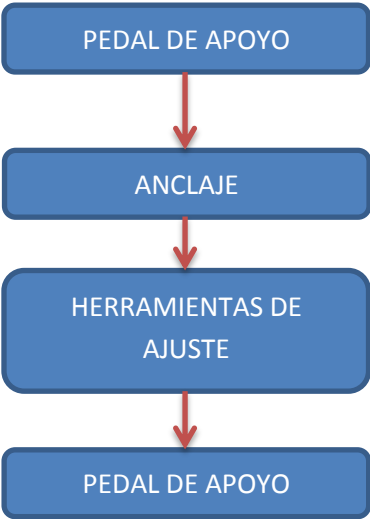
Para desbloquear la moto el usuario deberá tan solo levantar el pedal de apoyo, solo así el sistema estará listo para ser usado y el usuario podrá trasladarse y poner en funcionamiento el sistema.

### 3.10.1.1 ALTERNATIVAS DEL MÓDULO 1

Para determinar las diferentes soluciones que se podrían aplicar para el Módulo 1, se combinan entre si las alternativas que se tienen para cada función. Esto se puede observar en el cuadro 3.2.

**Cuadro 3. 2**

#### Funciones del módulo 1

FUNCIÓN	COMPONENTE
Asegurar la moto	 <pre> graph TD     A[PEDAL DE APOYO] --&gt; B[ANCLAJE]     B --&gt; C[HERRAMIENTAS DE AJUSTE]     C --&gt; D[PEDAL DE APOYO]           </pre>
Acoplar el tuned pipe	
Asegurar el sistema	
Quitar el seguro de embanque de la moto	
	<b>ALTERNATIVA 1</b> <b>ALTERNATIVA 2</b>

### 3.10.2 MÓDULO 2

- Encender y poner en funcionamiento el motor
- Desplazar la moto
- Generar salida de gases de escape
- Re compresión de gases

**a. ENCENDER Y PONER EN FUNCIONAMIENTO EL MOTOR.**

Par encender y poner en funcionamiento la moto es necesario conectar la llave al swich de encendido que se encuentra en la parte superior del volante, el cual activara el motor poniendo en funcionamiento a todos los sistemas.

**b. DESPLAZAR LA MOTO**

Una vez encendida la moto se embraga con el manubrio ubicado en el lado izquierdo, a la vez que se va acelerando con el manubrio del lado derecho, se pone en primera marcha la caja de cambios, empieza el desplazamiento no sin antes haberse puesto casco ya que este elemento es de vital importancia, además de que su uso es regido por las leyes del país, ningún tripulante o usuario puede circular sin él.

**c. GENERACIÓN DE SALIDA DE GASES DE ESCAPE**

Al estar la moto en funcionamiento el motor empieza a realizar un trabajo y producto de estos ciclos de trabajo se produce una combustión de la mezcla aire/combustible, los cuales sale del motor en forma de gases que son expulsados a través de las lumbreras de escape hacia el TUNED PIPE, y posteriormente a la atmosfera.

**d. RE COMPRESIÓN DE GASES**

Cuando los gases de escape se encuentran dentro del TUNED PIPE, debido a la configuración geométrica que este presenta, los gases tienen un comportamiento diferente que en el tubo de escape normal, dentro del TUNED PIPE se realiza un fenómeno de compresión y expansión de las ondas lo cual produce que los gases solo una parte salgan, y otra pequeña parte vuelva a ingresar al motor produciendo una recompresión de los gases, y es justo en este momento en donde se realiza la mejora del rendimiento del motor.



- **Ventajas**

La ventaja es que el TUNED PIPE es muy útil para ganar velocidad y disminuir tiempo de recorrido, lo cual en carreras o GP, es de gran ayuda.

Al recomprimir los gases se logra el incremento del performance del motor.

- **Desventajas**

Que este sistema empiece a desarrollar cuando el motor de la moto haya alcanzado grandes revoluciones.

### 3.10.2.1 ALTERNATIVAS DEL MÓDULO 2

**Cuadro 3. 3**

**Funciones del módulo 2**

FUNCIÓN	COMPONENTE	
Encender y poner en funcionamiento el motor	<pre> graph TD     A[CONTROL POR SWICH] -- Red --&gt; B[ACELERAR]     A -- Green --&gt; C[DESACELERAR]     B -- Red --&gt; D[Mejor desarrollo del sistema]     C -- Green --&gt; E[No hay incremento en el performance]     D -- Red --&gt; F[TUNED PIPE]     E -- Green --&gt; F     F -- Red --&gt; G[MANUBRIO DE FRENO Y DISCO DE FRENOS]     F -- Green --&gt; G   </pre>	
Desplazar la moto		
Generar salida de gases de escape		
Re compresión de gases		
Frenado de la motocicleta		
		<b>ALTERNATIVA 1 ALTERNATIVA 2</b>

### 3.11 SELECCIÓN DE EL TIPO DE ACERO SEGÚN SOFTWARE CES SELECTOR

Para el diseño y construcción del TUNED PIPE es importante la selección del material, para lo cual se usó el software de selección de materiales CES Selector, con la ayuda del cual, se obtuvo el material idóneo para la optimización del mismo. Como se presenta en la Figura 3.8, 3.9, 3.10 y en el Anexo C.

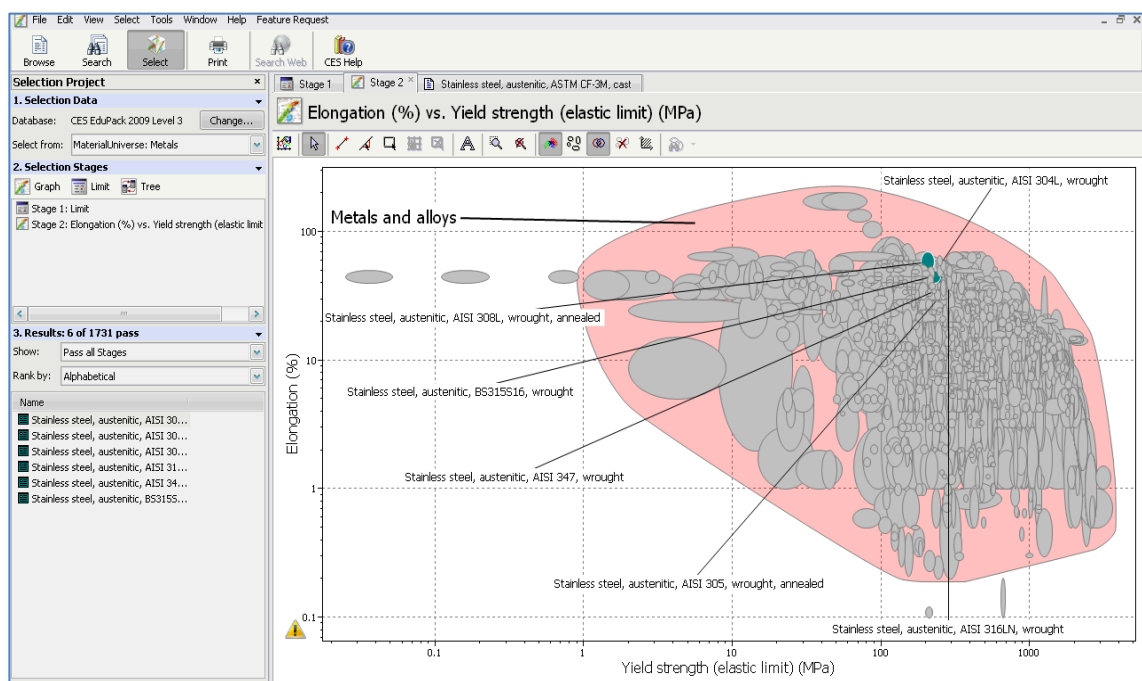


Figura 3. 8Selección de posibles materiales para TUNED PIPE

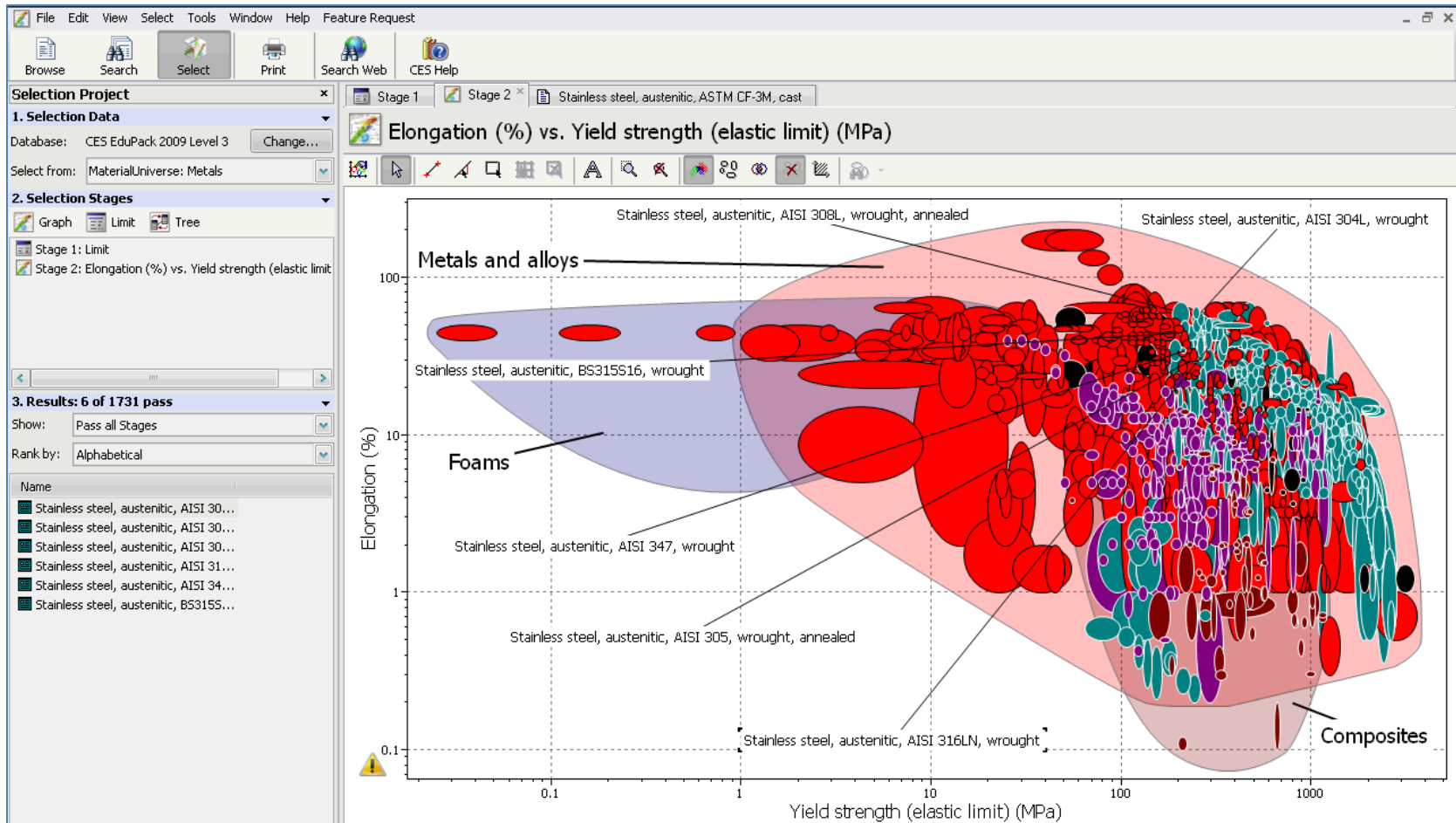


Figura 3. 9 Muestra de tipo de material y composición seleccionados.

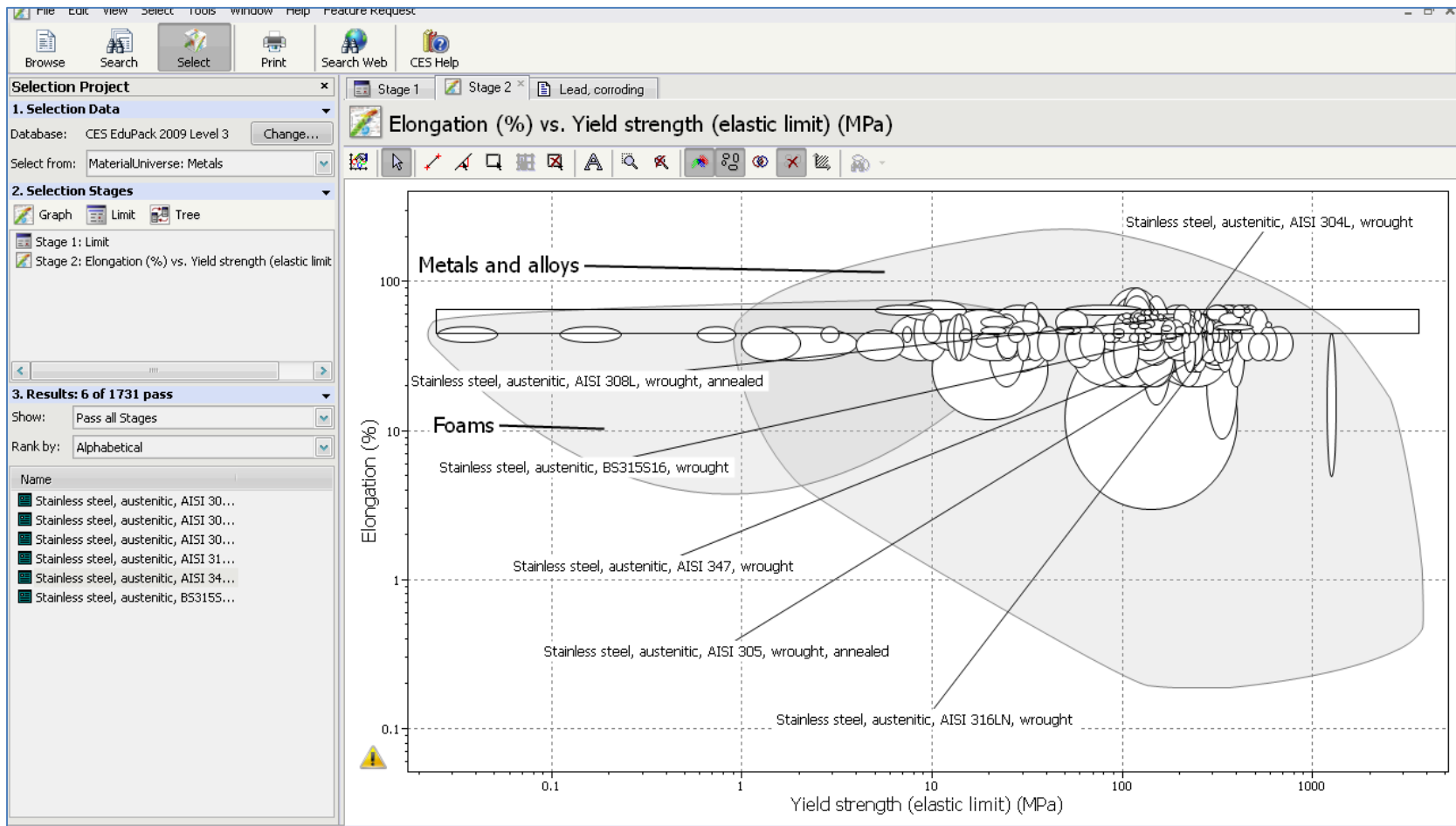


Figura 3. 10 Delimitación de materiales según el % de elongación

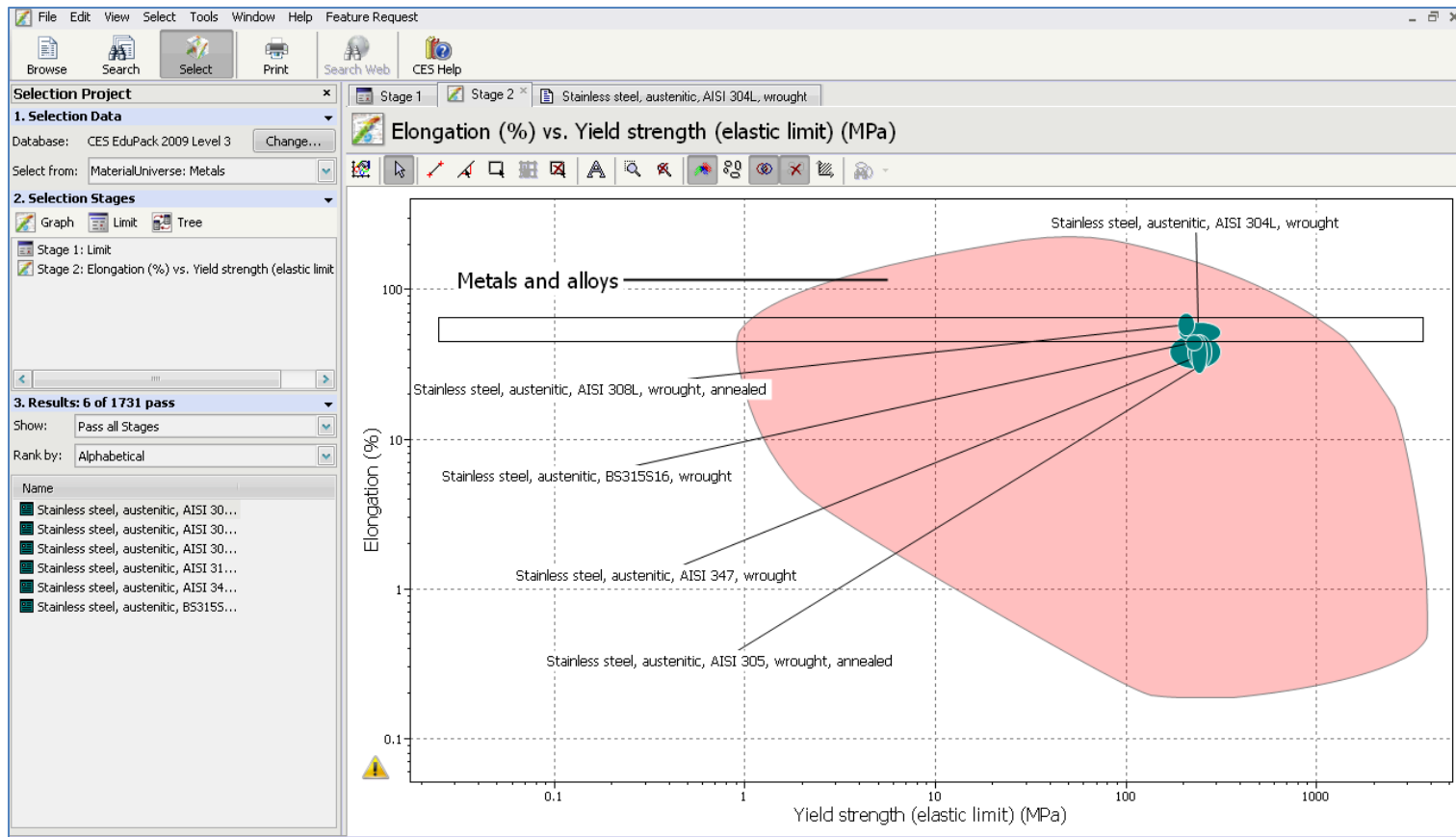


Figura 3. 11 Selección de material

Al finalizar el filtrado en el software de selección de materiales CES Selector como se observa en la figura 3.11, indicó que los materiales más idóneos para el diseño y construcción del TUNED PIPE fueron el acero inoxidable AISI 308 y el acero inoxidable AISI 304,

Siguiendo la investigación en comparación entre los dos materiales finalistas, se determinó que para el desarrollo del sistema, el material idóneo y aceptable es el acero inoxidable de tipo Ferrítico AISI 304.

Tomando en cuenta las sugerencias de diseño y construcción, propuestas por la voz del usuario se cree conveniente, usar como material base, una lámina de acero inoxidable AISI 304 de espesor 0.70 mm debido a que se necesita que el TUNED PIPE sea lo más liviano posible, ya que cuenta con las características de alta durabilidad, economía y su apariencia estética, así como también las condiciones de diseño basadas en la tabla de especificaciones técnicas, en la cual encontramos su alta resistencia mecánica, su desempeño a diferentes temperaturas ya que se caracterizan por tener una estructura Ferrítica a cualquier temperatura ya que no presentan transformación de Ferrita en Austenita durante el calentamiento ni transformación Martensítica en el enfriamiento. Por esta razón no hay posibilidad de cambios de fase, otro beneficio que nos brinda es su factibilidad para soldadura, es de menor ductilidad que los aceros austeníticos, debido a la inherente menor plasticidad de la estructura cúbica centrada en el cuerpo del hierro alfa. Maleabilidad no tan buena como los grados austeníticos pero suficiente para trabajarlos fácilmente en frío.

Este tipo de acero lo podemos encontrar fácilmente en nuestro medio y su valor no es elevado, lo que facilita la adquisición.

Después de estudiar sus características se concluye que, ofrece muchas de las características deseadas, para que la motocicleta pueda alcanzar un mejor performance.

No se eligió el acero AISI 308 debido a que su aplicación se da más ampliamente en la elaboración de hilo de acero, o de electrodos para soldadura.

### 3.12 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

Para definir un modelo específico para el TUNED PIPE se determinó primero las medidas, forma geométrica y espacio total que presenta la moto SUZUKI AX100 de ahí, se definió que el modelo más idóneo, es una pipa recta ya que las dimensiones calculadas son menores a la distancia total de la moto, alcanzando con esto un mejor diseño y desempeño del mismo, ya que mientras más rectas sean las pipas mejor será la turbulencia y movimiento de las ondas de expansión y compresión que se llevan a cabo dentro del TUNED PIPE en el proceso de salida de gases del motor.

La figura 3.12 hace referencia a la configuración geométrica que se definió idónea para el modelo de moto SUZUKI AX 100 con medidas en milímetros, el cual va conectado directamente a la salida de la lumbrera de escape del motor.

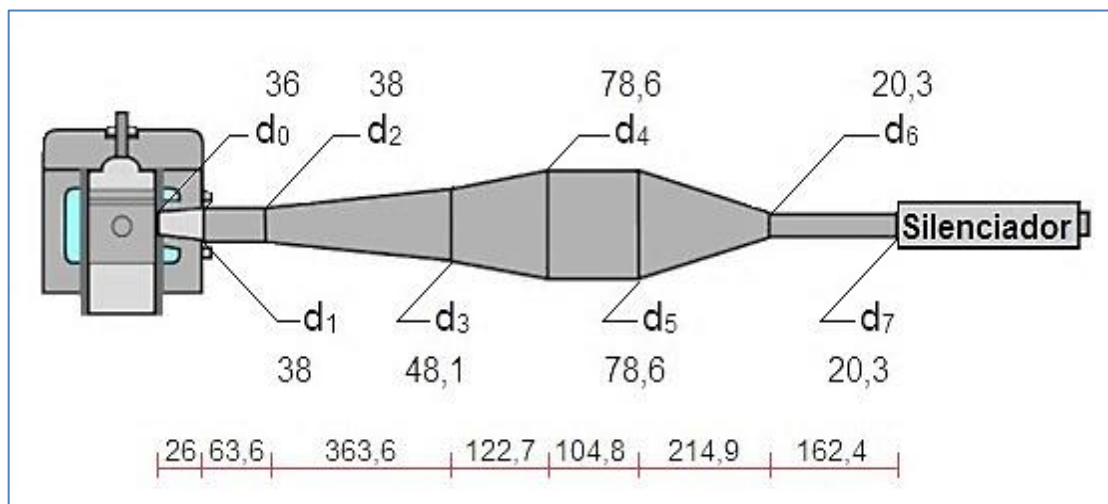


Figura 3. 12 Definición de la Geometría

## COMPORTAMIENTO DE GASES EN EL TUNED PIPE.

El propósito de tubos rectos y sintonizados es utilizar las ondas de presión procedentes de la lumbrera de escape para ayudar a la respiración del motor.

Esto se logra mediante el diseño de la tubería de tal manera que las ondas reflejadas positivas y negativas llegan de nuevo en el puerto de escape en un instante cuando se desea una presión baja o alta.

Esto es beneficioso para motores de dos tiempos porque a diferencia de motores de cuatro tiempos, que no tienen admisión y de escape y válvulas de trazos dedicados.

## RESISTENCIA TÉRMICA

La Resistencia térmica según lo establecido puede determinarse con el valor de la conductividad térmica encontrada en el anexo A, y la ecuación 3.13 de la siguiente manera:

$$\lambda_{Acero\ Inox} = 15,9\ W/K.m$$

$$e = 0,0007\ m$$

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$$R = \frac{0,0007\ m}{15,9\ W/K.m}$$

$$R = \frac{0,0005\ m}{15,9\ W/K.m}$$

$$R = 4,40252 \times 10^{-5} \frac{m^2 K}{W}$$



## PRESIÓN QUE RESISTE UNA TUBERÍA

Para determinar la presión que soporta la tubería se tomará la ecuación 3.14, donde el espesor de  $e=0,7$  mm, con un factor de seguridad promedio de 1.75, el radio en la parte más crítica es al final de la tubería de escape que es la parte más angosta con un valor de  $r=10,15$  mm, finalmente el límite elástico es tomado del anexo B el cual tiene un valor de  $21 \text{ kg/mm}^2$ ,

$$P = \frac{e * S}{n * r}$$

$$P = \frac{0,7\text{mm} * 21 \text{ kg/mm}^2}{1,75 * 11\text{mm}} = 0,76363 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$0,76363 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} * \frac{10^2\text{mm}^2}{1\text{cm}^2} = 76,363 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 76,363 \text{ bar}$$

$$P = 76,363\text{bar} \frac{100\text{KPa}}{1 \text{ bar}} = 7636,3 \text{ KPa}$$

### 3.13 CÁLCULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LONGITUDES Y DIÁMETROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA TUNED PIPE.

Los diámetros que se calcularan en el presente proyecto son los diámetros internos, con esta consideración y sabiendo que los gases de escape producen una presión 1,5 veces la presión atmosférica elegiremos un material con un espesor capaz de soportar dicha presión y temperatura, además presente propiedades requeridas por el usuario tales como bajo peso, alta duración a la corrosión y un óptimo acabado superficial.

De las mediciones realizadas observamos que la temperatura alcanzada por los gases de escape corresponde al valor de  $356,67^\circ \text{C}$ , con una velocidad de 7500 RPM; este dato serán aprovechados en la iniciación del dimensionamiento del sistema de escape TUNED PIPE.

La velocidad del sonido de los gases de escape está dada por la ecuación 3.15 y es:

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_{exc} + 273}$$

Para el cálculo de las longitudes y diámetros consideraremos tratar los gases de escape como el aire debido a que no presentan grandes errores, asumiendo un valor de  $\gamma = 1,4$  y un valor de  $R = 287 \text{ J}/(\text{Kg} * \text{K})$ ; según Blair, Gordon P. "Gas flow through two-strokes engines". En: Design and simulation of two stroke engines.

Entonces:

$$a_0 = \sqrt{\gamma * R * T_{exc} + 273}$$

$$a_0 = \sqrt{1,4 * 287 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} * (357,7^\circ \text{C} + 273)\text{K}}$$

$$a_0 = \sqrt{253415,26 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 503,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para dimensionar la longitud total del tubo de escape utilizamos la Ecuación 3.19

$$L_T = \frac{83.3 * a_0 * \theta_{ep}}{N}$$

$$L_T = \frac{83.3 * 503,04 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 171^\circ}{8000 \text{ RPM}} = 896,32 \text{ mm}$$

**Tabla 3. 5**

**Dimensionamiento del sistema TUNED PIPE.**

Ángulo del periodo de escape	Máxima temperatura (°C)	RPM a la máxima temperatura	Longitud total (mm)
171°	140	7500	896,32

Para las longitudes de las secciones de la tubería utilizamos las ecuaciones 3.20 hasta la 3.26 En consecuencia las longitudes tentativas serán:

**Desarrollo ecuación 3.20**

$$L_1 = 0,1 * L_T$$

$$L_1 = 0,1 * 896,32$$

$$L_1 = 89,63 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.21**

$$L_2 = 0,275 * L_T$$

$$L_2 = 0,275 * 896,32$$

$$L_2 = 246,488 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.22**

$$L_3 = 0,183 * L_T$$

$$L_3 = 0,183 * 896,32$$

$$L_3 = 164,02 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.23**

$$L_4 = 0,092 * L_T$$

$$L_4 = 0,092 * 896,32$$

$$L_4 = 82,46 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.24**

$$L_5 = 0,11 * L_T$$

$$L_5 = 0,11 * 896,32$$

$$L_5 = 98,59 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.25**

$$L_6 = 0,24 * L_T$$

$$L_6 = 0,24 * 896,32$$

$$L_6 = 215,11 \text{ mm}$$

**Desarrollo ecuación 3.26**

$$L_7 = 0,755 * L_6$$

$$L_7 = 0,755 * 896,32$$

$$L_7 = 162,41 \text{ mm}$$

El diámetro inicial  $d_0$  del sistema de escape para nuestro motor es 36 mm, este diámetro es tomado del puerto de escape en la culata del motor, utilizando las ecuaciones 3.27 y 3.28 tenemos los diámetros próximos  $d_1$  y  $d_4$  para la geometría del sistema TUNED PIPE utilizando  $k_1 = 1,05$  y  $k_2 = 2,125$  para motores tipo enduro de la tabla 3.4 entonces tenemos:

$$d_0 = 36 \text{ mm}$$

$$d_1 = k_1 * d_0 = 1,05 * 36 = 37,8 \text{ mm}$$

$$d_4 = k_2 * d_0 = 2,125 * 36 = 76,5 \text{ mm}$$

El diámetro 5 es normalmente igual al diámetro 4 por lo que tenemos:

$$d_5 = d_4 = 76,5 \text{ mm}$$

Para los diámetros  $d_2$  y  $d_3$  de las ecuaciones 3.29 y 3.30 con  $k_h = 1,6$  valor promedio entre el coeficiente mínimo y máximo para las bocinas de los difusores:

$$X_{12} = \left( \frac{L_2}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \ln \left( \frac{d_4}{d_1} \right)$$

$$X_{12} = \left( \frac{246,48}{246,48 + 164,02 + 82,46} \right)^{1,6} * \ln \left( \frac{76,5}{37,8} \right) = 0,2325$$

$$X_{13} = \left( \frac{L_2 + L_3}{L_2 + L_3 + L_4} \right)^{k_h} * \ln \left( \frac{d_4}{d_1} \right)$$

$$X_{13} = \left( \frac{246,48 + 164,02}{246,48 + 164,02 + 82,46} \right)^{1,6} * \ln \left( \frac{76,5}{37,8} \right) = 0,5259$$

$$d_2 = d_1 * e^{x_{12}} = 37,8 * e^{0,2325} = 47,69 \text{ mm}$$

$$d_3 = d_1 * e^{x_{13}} = 37,8 * e^{0,5259} = 63,95 \text{ mm}$$

$$d_5 = d_4 = 76,5 \text{ mm}$$

$$d_6 = 0,6 * d_0 = 0,6 * 36 = 21,6 \text{ mm} = d_7 = 21,6 \text{ mm}$$

La geometría del sistema de escape TUNED PIPE tendrá las siguientes medidas

**Tabla 3. 6**

**Dimensiones de la geometría del sistema de escape**

		<b>D0</b>	36 mm
L1	89,63 mm	<b>D1</b>	37,8 mm
L2	246,48 mm	<b>D2</b>	47,69 mm
L3	164,02 mm	<b>D3</b>	63,95 mm
L4	82,46 mm	<b>D4</b>	76,5 mm
L5	98,59 mm	<b>D5</b>	76,5 mm
L6	215,11 mm	<b>D6</b>	21,6 mm
L7	162,41mm	<b>D7</b>	21,6 mm

### 3.14 Dibujo en 3D.

SOLIDWORKS es un software CAD, (diseño asistido por computador), para modelado mecánico en 3D.

El proceso permitió construir computacionalmente la idea del diseño en el sistema CAD, posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Las licencias que se ha usado para el diseño y modelamiento mediante elementos finitos del sistema TUNED PIPE ha sido un demo de prueba.



**Figura 3. 13: Vista Isométrica de TUNED PIPE**

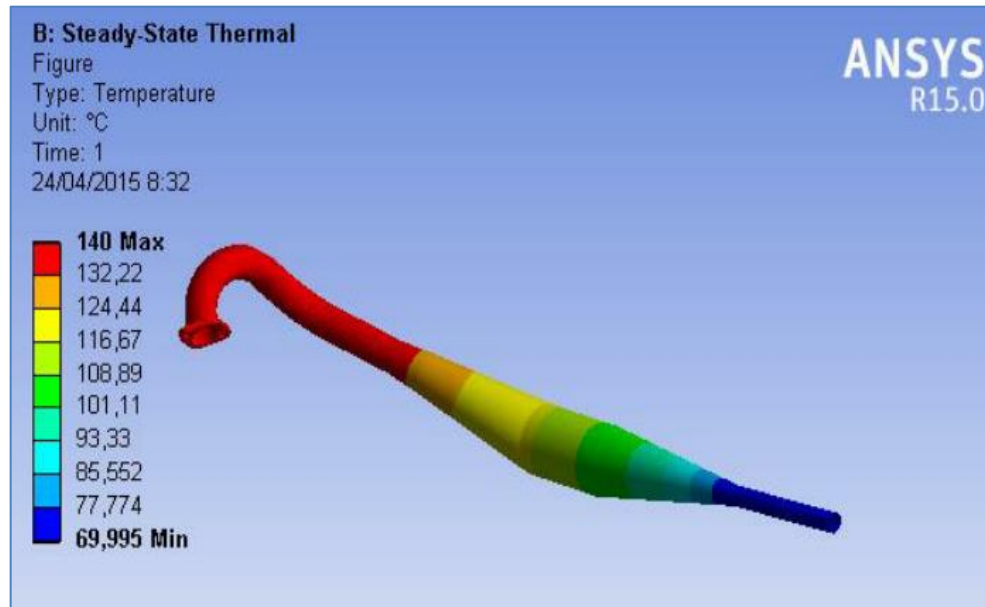
En la figura 3.13 se observa la geometría total el sistema TUNED PIPE, diseñado en vista isométrica, en el cual muestra un modelado en forma real del diseño y geometría del mismo, además de los distintos elementos como son los conos de convergencia, divergencia, vientre y escape, que incorporados conforman el sistema.

### 3.15 SIMULACIONES

Para el desarrollo de las simulaciones se utilizó el programa computacional ANSYS, el cual es un software que permite perfeccionar el diseño y simulaciones realizando no solo el dibujo, si no extracciones de planos y piezas de diseño, ya que su configuración es amigable con otros software CAD, y estudiar las respuestas físicas de los elementos.

La licencia que se ha usado para las simulaciones en ANSYS son demos de pruebas.

- **Estudio Térmico**



**Figura 3. 14: Estudio térmico de TUNED PIPE**

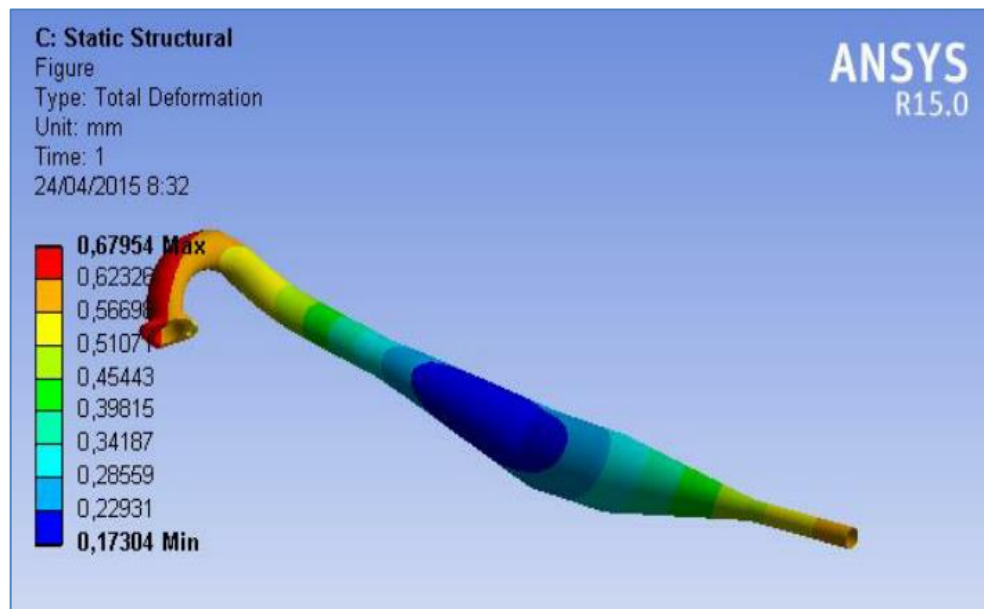
Results		
Minimum	69,995 °C	4,6228e-017 W/mm <sup>2</sup>
Maximum	140, °C	5,1481e-003 W/mm <sup>2</sup>
Minimum Value Over Time		
Minimum	69,995 °C	4,6228e-017 W/mm <sup>2</sup>
Maximum	69,995 °C	4,6228e-017 W/mm <sup>2</sup>
Maximum Value Over Time		
Minimum	140, °C	5,1481e-003 W/mm <sup>2</sup>
Maximum	140, °C	5,1481e-003 W/mm <sup>2</sup>

**Figura 3. 15: Resultados de estudio térmico de TUNED PIPE**

En el estudio térmico del comportamiento del TUNED PIPE se observa claramente en la figura 3.14, la variación de la temperatura en el interior del sistema, siendo esta una simulación muy acercada a la realidad, ya que de este modo se comprueba las propiedades del material acero AISI 304 seleccionado, que por ser de tipo ferrítico, no pierde sus estructura, frente a las variaciones de temperatura, por lo que es capaz de soportar el incremento de temperatura, como se observa en el inicio del sistema, es en este punto donde los gases de escape empiezan a salir a altas temperaturas de hasta  $140\text{ C}^\circ$ , desde interior del motor. Así como también el decremento de temperaturas hasta casi  $70\text{ C}^\circ$ , sin sufrir transformaciones en su estructura interna, debido a que a medida que los gases van recorriendo la trayectoria del TUNED PIPE se van enfriando, y de esta manera en la última sección del TUNED PIPE los gases salen con menor temperatura al ambiente.

Por lo cual el diseño del TUNED PIPE es garantizado ya que la transferencia de calor en el sistema y el material, es el deseado, para que el sistema no se sobrecaliente y trabaje de forma óptima.

- **Estudio de Deformación Total**



**Figura 3. 16: Simulación de Estudio de Deformación Total del Tuned Pipe**

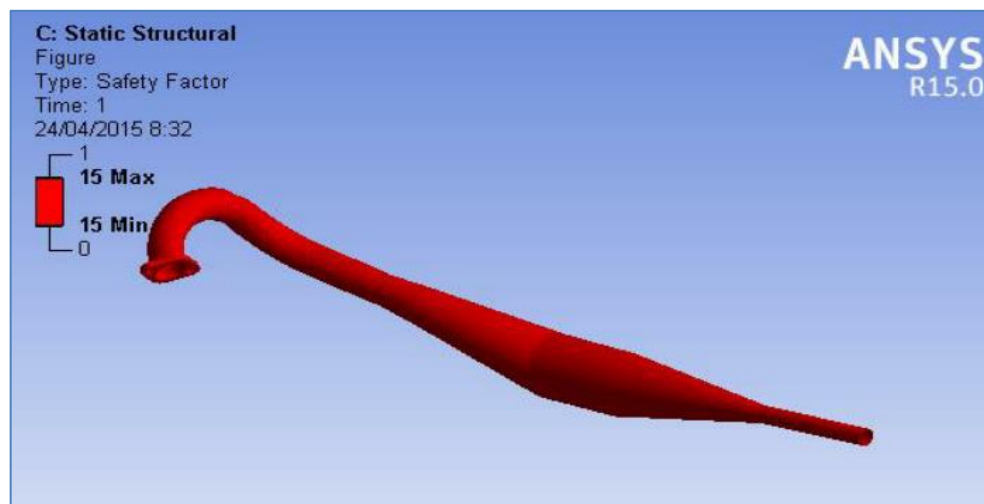


Results			
Minimum	9,5113e-013 mm/mm	0,17304 mm	1,5849e-007 MPa
Maximum	6,6001e-006 mm/mm	0,67954 mm	1,2749 MPa
Minimum Value Over Time			
Minimum	9,5113e-013 mm/mm	0,17304 mm	1,5849e-007 MPa
Maximum	9,5113e-013 mm/mm	0,17304 mm	1,5849e-007 MPa
Maximum Value Over Time			
Minimum	6,6001e-006 mm/mm	0,67954 mm	1,2749 MPa
Maximum	6,6001e-006 mm/mm	0,67954 mm	1,2749 MPa

**Figura 3. 17: Resultados de Estudio de Deformación Total**

En el estudio de deformación muestra en la Figura 3.16. que el punto máximo o crítico expuesto a deformación se encuentran en el inicio del TUNED PIPE, o sección de conexión al motor, ya que es la que soporta altas temperaturas y a la vez la mayor carga de salida de gases, por otra parte otro punto que también está sometido a alta deformación es el stringer, ya que por esta sección final del sistema se debe evacuar los gases combustionados y al ser la parte de diámetro más reducida se disminuye el volumen pero aumenta presión de salida de gases, a la vez es posible observar que las secciones que menos deformación soporta es la sección media, y el cono divergente, esto sucede porque estas secciones son de mayor diámetro por lo cual las partículas de los gases no chocan, sino solo pasan sin restricción alguna

- **Estudio de factor de diseño Von Mises**



**Figura 3. 18: Simulación de Estudio de Von Mises**

Results	
Minimum	> 10
Minimum Value Over Time	
Minimum	15,
Maximum	15,
Maximum Value Over Time	
Minimum	15,
Maximum	15,

**Figura 3. 19: Resultados Estudio de Von Mises**

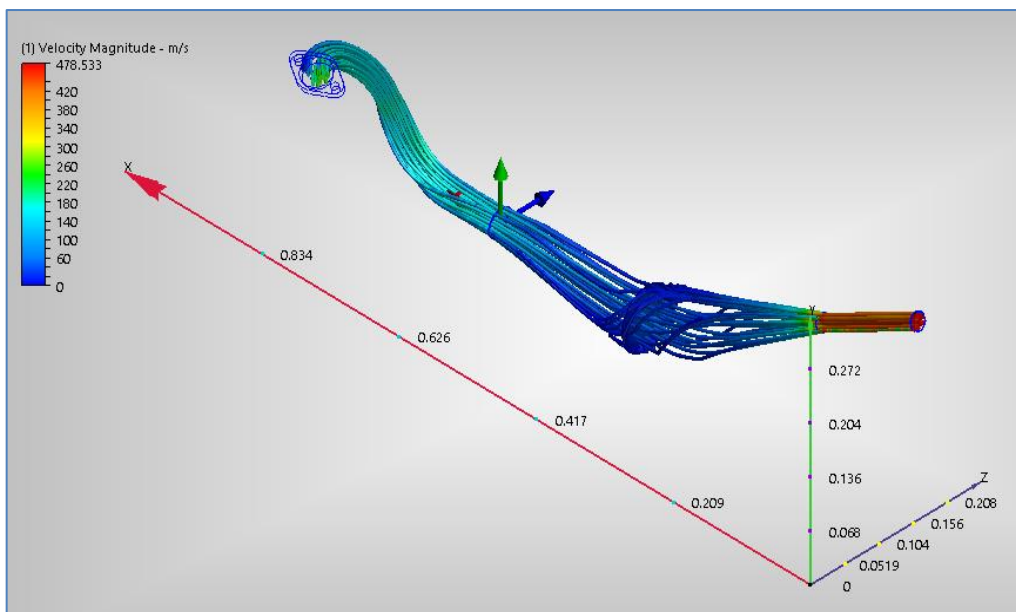
De acuerdo con la simulación de Von Mises el factor de seguridad para el sistema diseñado TUNED PIPE es 15.

Lo cual indica que el sistema es seguro, ya que el factor de seguridad es altamente confiable.

- **Estudio de análisis de flujo**

En la simulación del flujo de gases se observa claramente la trayectoria sugerida y descrita en el proyecto ya que claramente se muestra como los gases que salen del motor e ingresan a la recámara de escape, actúan en forma de ondas de expansión en como se observa en el cono divergente, esto ocurre debido al cambio de diámetros de sección, hasta la parte media o vientre del sistema, dejando que los gases fluyan sin restricción, después de esta sección, se observa como empieza el proceso de formación de ondas de compresión ya que las partículas chocan en la pared del cono convergente, como su nombre lo indica las partículas de gas convergen y por medio de la onda de compresión formada una parte del gas logra regresar al interior del motor empujando así al aire fresco que está dentro del motor e impidiendo que se escape, produciendo así una re-compresión de los gases, logrando el objetivo descrito en el proyecto de lograr elevar los parámetros de funcionamiento, logrando optimizar el sistema y el performance de la motocicleta.

- **Velocidad**

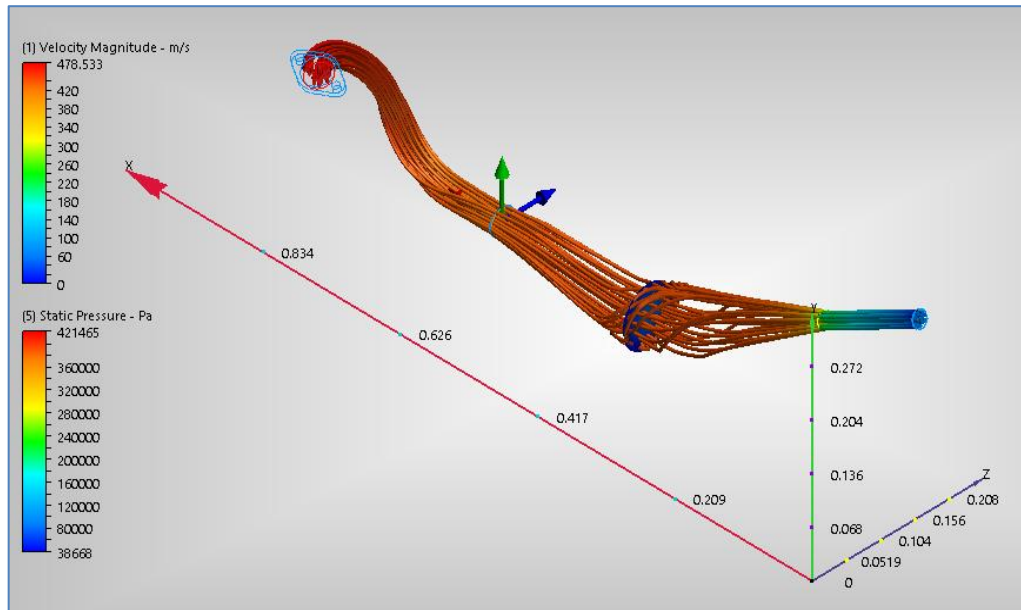


**Figura 3. 20: Velocidad del Flujo de gases dentro del TUNED PIPE**

La velocidad de flujo de gases combustionados muestra en la Figura 3.20, que es uniforme en la sección del codo, hasta llegar al cono difusor, manteniendo una velocidad promedio de 140 m/s, mientras que en la sección media se crea una turbulencia en su recorrido y al aumentar el diámetro de la sección la velocidad baja a un promedio de 40 m/s, para después aumentar gradualmente la velocidad de recorrido en el cono convergente hasta el escape o stinger, aumentando notablemente la velocidad a un promedio de 400 m/s.

Estas variaciones de velocidad dentro del sistema, dan paso a la formación de ondas de expansión y compresión dentro del mismo, lo que hace que el principio de funcionamiento dentro del sistema sea el acertado, ya que debido a el incremento de velocidad en la última sección del tubo, hace que una parte de los gases retornen al cilindro y sean recomprimidos.

### a. Velocidad- Presión

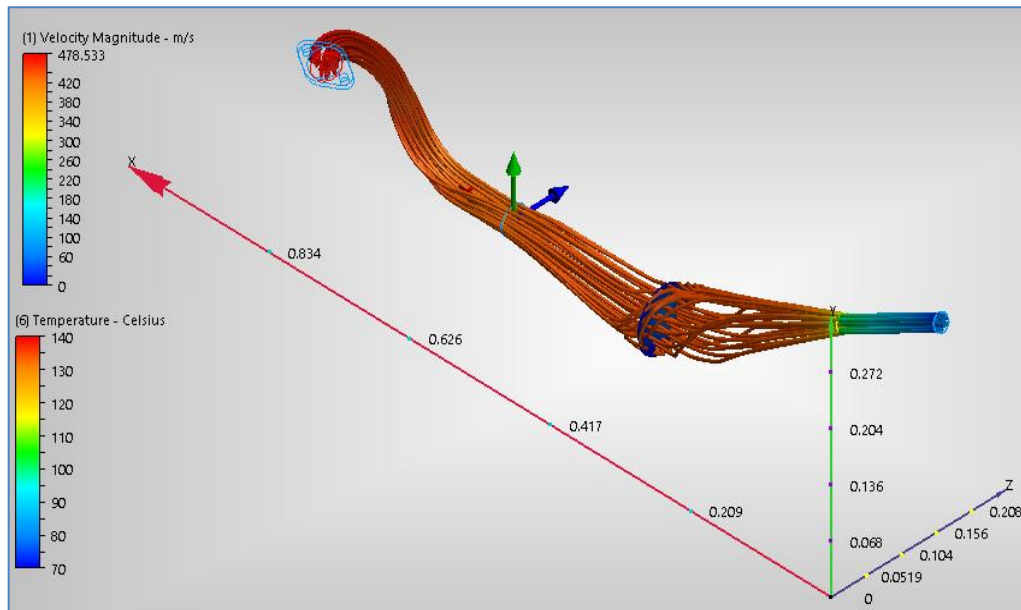


**Figura 3. 21: Velocidad y presión de gases dentro del TUNED PIPE**

En la Figura 3.21 se observa la variación que se produce a lo largo de la geometría del sistema esto ocurre debido a la forma irregular que tiene el TUNED PIPE, tomando así en cuenta el principio de Bernoulli que nos dice que a mayor velocidad, menor presión y viceversa.

Por lo que vemos que la presión en la tubería es casi constante con una presión promedio, a medida que se va aumentando el diámetro de sección va aumentando la presión a excepción del último tramo del sistema denominado stinger, ya que como esta es la sección más angosta la presión disminuye, debido al principio antes mencionado.

## b. Velocidad – temperatura



**Figura 3. 22: Velocidad – Temperatura de gases dentro del TUNED PIPE**

La variación de temperatura observada en la Figura 3.22 muestra su decrecimiento a lo largo del sistema, empezando el recorrido de gases en el codo que conecta al motor con una temperatura promedio de  $140\text{ C}^\circ$ , y decayendo hasta  $70\text{ C}^\circ$ , en la última sección del sistema esto demuestra el correcto funcionamiento del sistema, dividido a que por las propiedades conductividad y la transferencia de calor del material, se denota la capacidad de liberar el calor y enfriar el sistema como también se explicó en la Figura 3.14.

- Estudio de velocidad de flujo de gases por secciones.

a. Sección P (1)

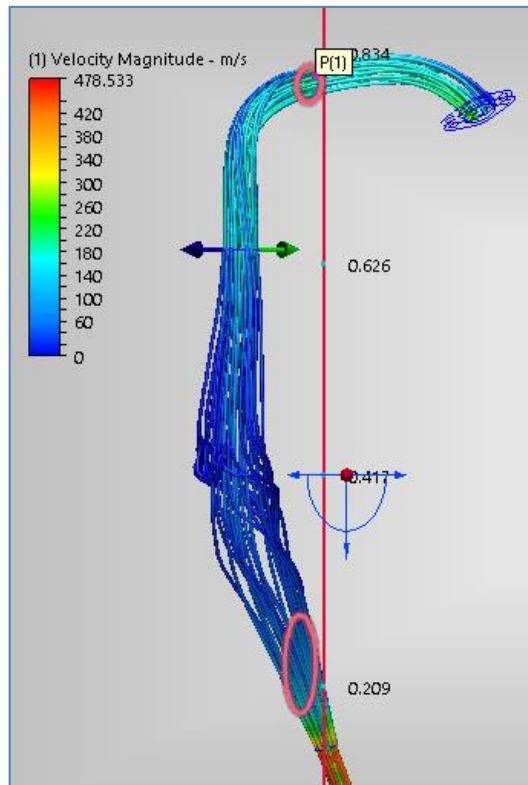


Figura 3. 23. Estudio de velocidad de flujo de gases en sección P (1).

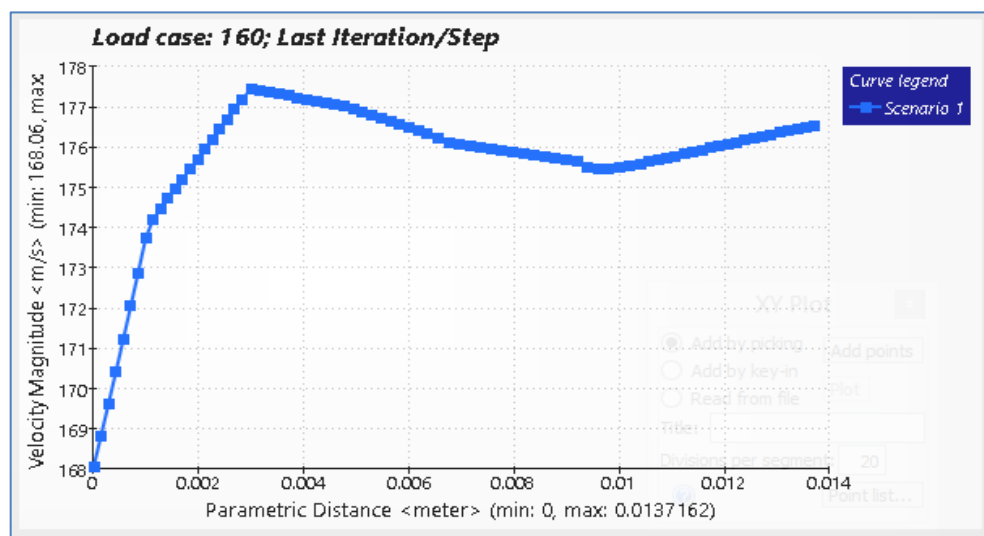


Figura 3. 24: Curva de magnitud de velocidad en sección P (1).

En esta primera sección de estudio P(1), mostrada en la Figura 3.23, se denota una variación de velocidades, la cual va en crecimiento de 168 m/s. en inicio del estudio, hasta 177.5 m/s en el pico más alto observado en la Figura 3.24, para después alcanzar una variación mínima a de 176 m/s.

### b. Sección P (2)

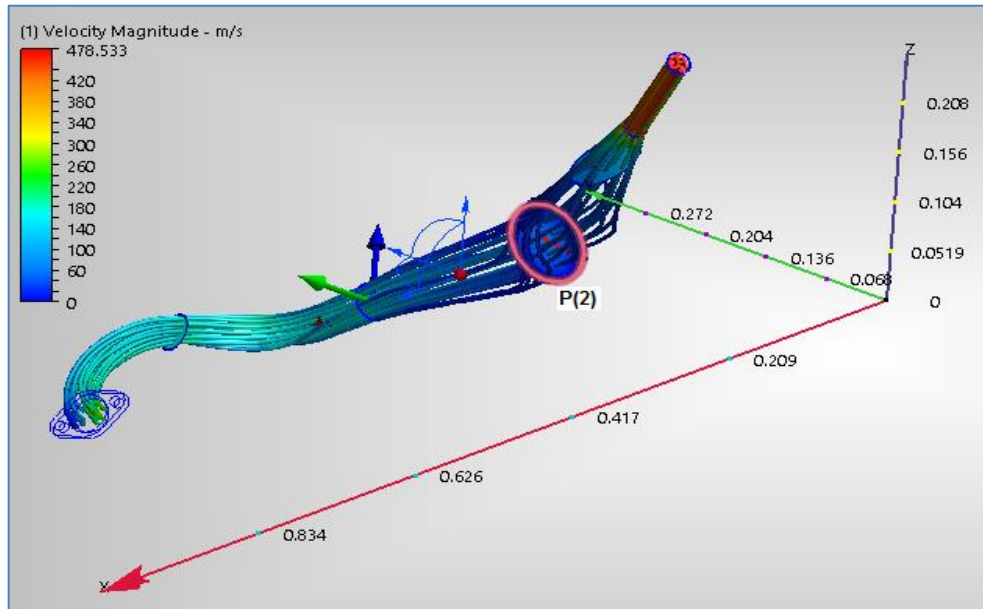


Figura 3. 25 Estudio de velocidad de flujo de gases en sección P (2)

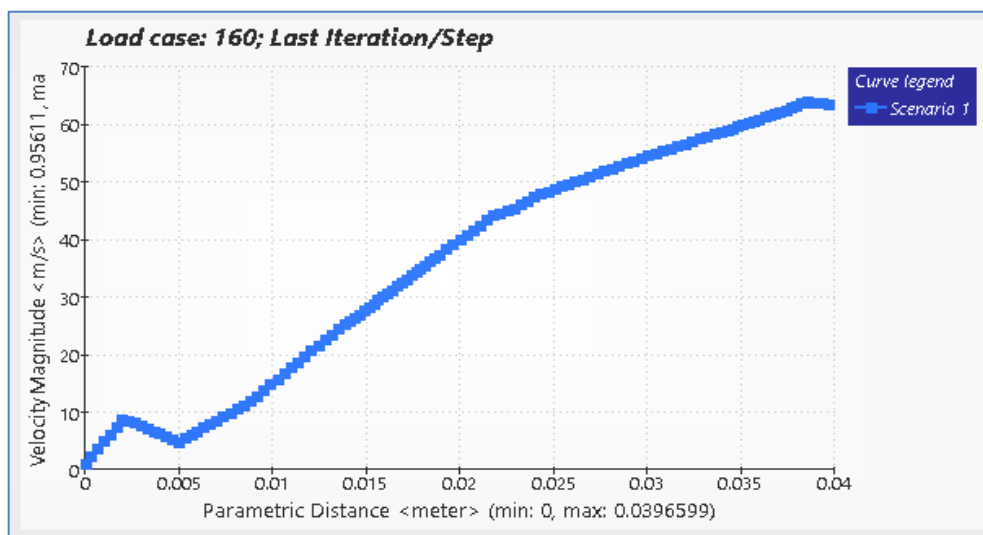


Figura 3. 26 Curva de magnitud de velocidad en sección P (2)

En la segunda Sección P(2), de estudio seleccionada, en el elemento medio del TUNED PIPE que se presenta en la Figura 3.27, se muestra notoriamente el decremento del parámetro estudiado, ya que esta es la sección de mayor diámetro, por consiguiente la velocidad de trabajo disminuye hasta 70 m/s, como se muestra en la Figura 3.26.

### c. Sección P (3)

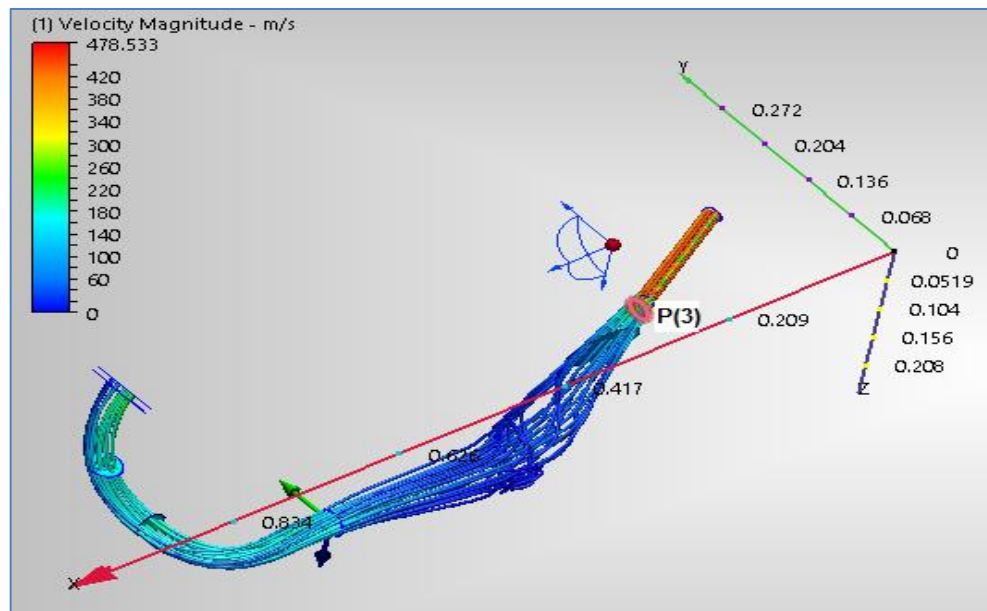


Figura 3. 27 Estudio de velocidad de flujo de gases en sección P (1)

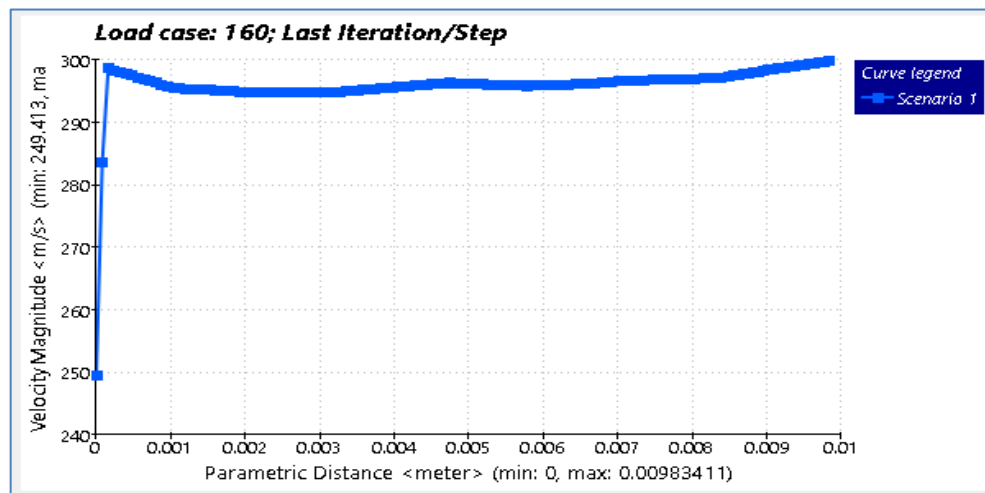


Figura 3. 28 Curva de magnitud de velocidad en sección P (2)



En este último punto de estudio denominado Sección P(3) como se presenta en la Figura 3.28, al ser el elemento de menor diámetro se denota una variación considerable de la velocidad de flujo el cual va de 250 m/s alcanzando la velocidad máxima o mayor hasta los 300 m/s.

- **Análisis de curvas de magnitud de velocidad de flujo de gases combustionados en secciones.**

Para el estudio de velocidad de flujo se gases combustionados del sistema se ha tomado en cuenta tres puntos primordiales señalados en las Figuras:

Sección P (1), dispuesto en el codo, componente que conecta el sistema al motor observado en Figura 3.23, en esta sección se denota un incremento de la velocidad de flujo de gases de 168 m/s, hasta 177.5 m/s lo cual se evidencia en la Figura 3.24.

La sección P (2), Figura 3.25 tomada en el componente medio o belly, en el cual se observa un decremento de velocidad significativo mostrado en la Figura 3.26, obteniendo en este punto P (2), 70 m/s como velocidad máxima de flujo, en donde a diferencia de la velocidad de flujo obtenida en las mediciones en la Sección P (1), se denota el decremento, esto ocurre debido al cambio de geometría en la sección de estudio.

Mientras que el tercer punto de estudio, Sección P (3), la cual se ha nombrado al punto ubicado Figura 3.27, entre el final del como convergente y el inicio del última sección del sistema llamado stinger, donde la Figura 3.28, muestra un amplio incremento de velocidad siendo este un punto de cambio de sección, que permite diferenciar notoriamente la variación de velocidad de va de 250 m/s en el final del como convergente, hasta 300 m/s en el inicio del stinger, siendo esta sección de estudio donde se produce la mayor transición de velocidad en todo el sistema.

Esta diferencia que se denota entre las velocidades de flujo de gases combustionados, en las diferentes secciones estudiadas en el interior del TUNED PIPE, se debe a la variación geométrica que se presenta en la configuración del sistema, ya que al ser irregular en sus secciones hace que la velocidad del flujo, en el tramo de la tubería que tiene menor sección para el caso el P (3), y P (1), sean mayores a la velocidad del flujo obtenido en el tramo que tiene mayor sección, como sucede en la punto de estudio P (2).

## CAPÍTULO IV

### EL PROCESO DE FABRICACIÓN.

#### 4.1. Operaciones tecnológicas.

La construcción del sistema se realizó con distintas operaciones tecnológicas, Cuadro 4.1, comprendidas en diferentes actividades, que posteriormente en el proceso de ensamble conformaron el sistema de escape TUNED PIPE para el motor de 2 tiempos de la SUZUKI AX 100.

**Cuadro 4. 1**

#### Operaciones tecnológicas

N° De Operaciones	Operaciones
1	Medición
2	Trazado
3	Corte
4	Barolado
5	Doblado
6	Soldadura
7	Unión de partes (Soldadura)
8	Limpieza de rebabas
9	Acabados
10	Montaje

#### 4.2. PROCESOS INICIALES.

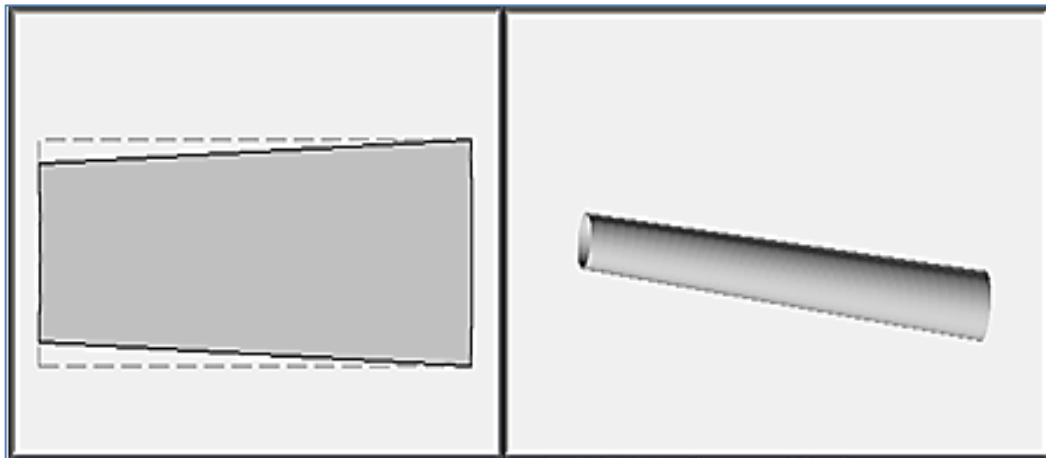
##### 4.2.1. Medición.

Posteriormente al cálculo se obtuvo las medidas para el modelamiento y construcción del TUNED PIPE logrando obtener las medidas necesarias y

pertinentes con las cuales el TUNED PIPE logra la optimización que se desea en el motor y su desempeño.

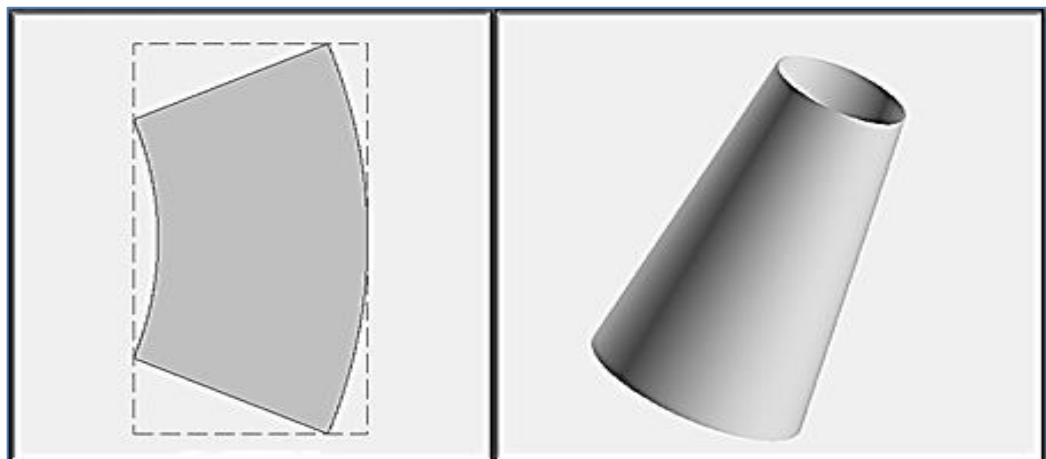
- a) Para la medición de las piezas que conforman el TUNED PIPE se usó un software llamado Cone Wizard que nos ayudó a obtener los componentes con medidas reales de los conos.

- **Headpipe:**



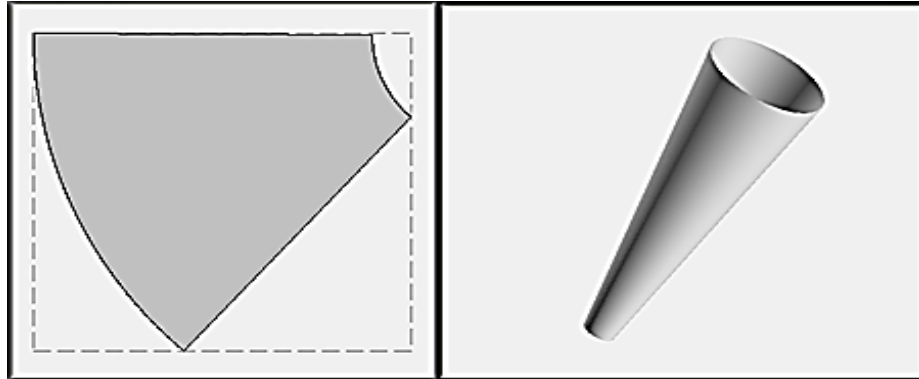
**Figura 4. 1 Headpipe**

- **Cono Divergente (Difusor):**



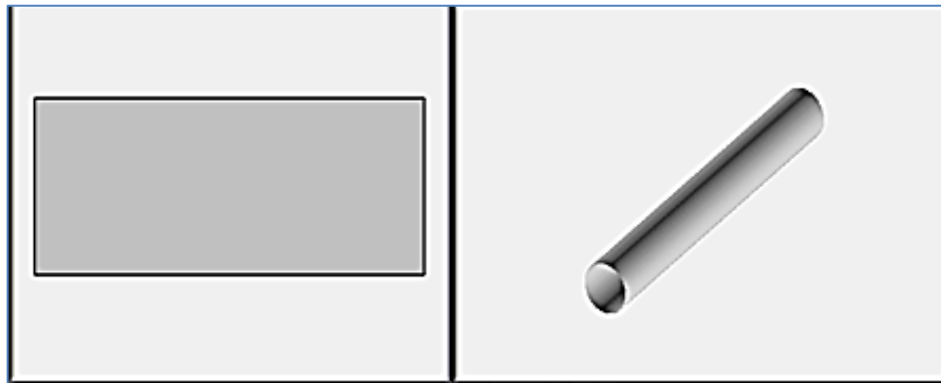
**Figura 4. 2 Difusor**

- **Cono Convergente (Bafle):**



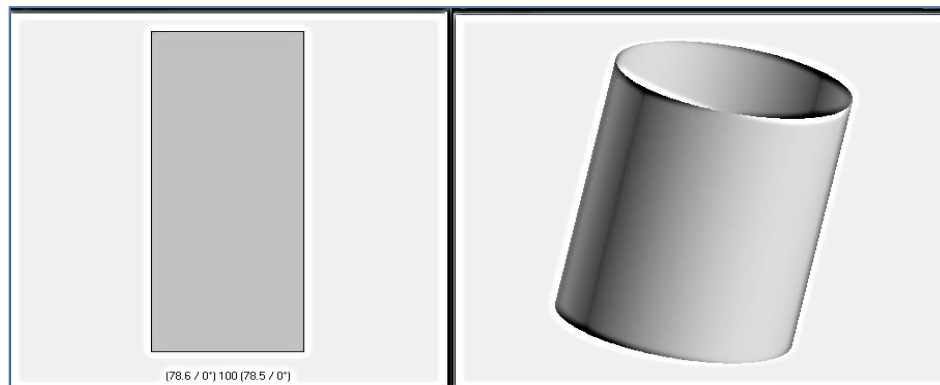
**Figura 4. 3 Bafle**

- **Stinger o tubo recto :**



**Figura 4. 4 Stinger**

- **Ventre o Belly:**



**Figura 4. 5 Belly o Ventre**

#### 4.2.2. Trazado.

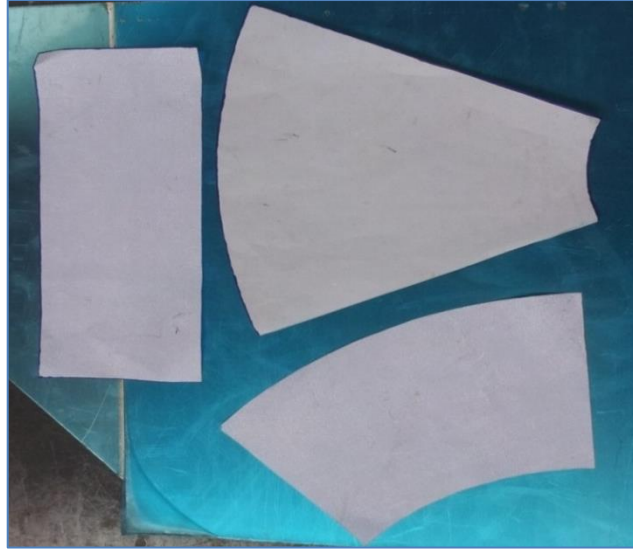
En este proceso es importante poseer un plano con todas las medidas de las diferentes formas a construir: para lo cual se usó el programa de modelado cone wizard el cual nos permitió obtener planos en medidas reales.

Trazamos la silueta en la plancha de acero inoxidable siguiendo los moldes pre-establecidos por el modelado digital.

- a) Construimos moldes de las piezas, para formar los conos y vientre del TUNED PIPE, los cuales fueron contruidos en cartulina, como primera instancia para ayudarnos realizar un trazado con mayor precisión y rapidez, como se observa en la Figura 4.6



**Figura 4. 6 Moldes para TUNED PIPE**



**Figura 4. 7 Moldes base en cartulina para TUNED PIPE**

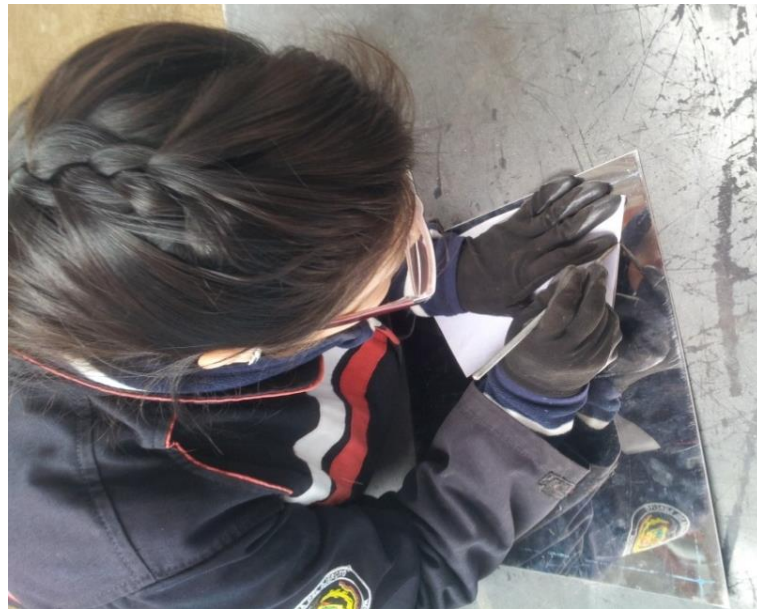
- b) Para realizar el trazado se escogimos un marcador que se pueda visualizar sobre las diferentes láminas y que no se borre con facilidad, además utilizamos un rayador para mejorar el grosor del marcado, logrando mayor exactitud en el trazado, siguiendo un proceso como se observa en la Figuras 4.8 y 4.9.



**Figura 4. 8 Marcador y rayador de Acero**



**Figura 4. 9 Trazado base para TUNED PIPE en Acero inoxidable**



**Figura 4. 10 Trazado con rayador sobre plancha de Acero**



- c) Al momento de realizar el trazado se debe tener muy en cuenta la forma de cada cono para no desperdiciar el material como se observa en el trazado de la Figura 4.11



**Figura 4. 11 Trazado de moldes para TUNED PIPE**

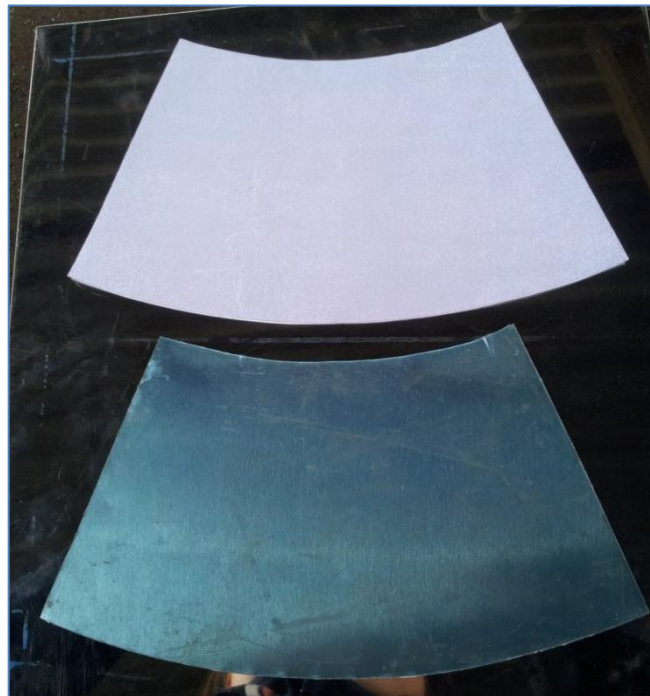
#### **4.2.3. Proceso de Corte**

Este proceso fue realizado con cuidado, siguiendo precauciones y usando el equipo de seguridad necesario para evitar accidentes.

- a) Para cortar la estructura externa se puede utilizar la cizalla con la cual obtendremos cortes rectos y precisos, cuando el espesor del material no sea excesivo, se puede usar tijeras para cortar metal.
- b) Con la ayuda de las tijeras para cortar metal, se corta las piezas que tenga curvaturas, es decir todos los conos que forman el TUNED PIPE, como se detalla en la Figura 4.12, así como también en la Figura 4.13 donde se muestra ya el molde y la lámina en corte.



**Figura 4. 12 Corte de molde en Acero para cono Bufle de TUNED PIPE**



**Figura 4. 13 Molde de Acero para cono difusor de TUNED PIPE**

#### 4.2.4. Proceso de Barolado

A este proceso se lo llama también como doblado, debido a que aquí se dio forma a la lámina convirtiéndola en conos (ovalados) y vientre (cilíndrico).

- a) Para realizar este proceso necesitaremos una dobladora que puede ser mecánica o hidráulica, la cual se observa en la Figura 4.14, es ahí en donde se barola el acero para conseguir la forma cónica u ovalada según la sección del TUNED PIPE, se logra usando un movimiento suave y continuo.



**Figura 4. 14 Baroladora**

- b) Procedimos a introducir la lámina cortada la que posteriormente será el cuerpo del TUNED PIPE.
- c) Giramos el mando de la baroladora con movimientos de derecha a izquierda hasta obtener la forma requerida como se muestra en la figura 4.15.



**Figura 4. 15 Doblado de cono para TUNED PIPE**

- d) Tenemos cuidado que la lámina este bien sujeta para que el barolado sea lo mejor posible, en la Figura 4.16 se muestra las piezas de los conos y vientre ya barolados y listos para los procesos de suelda



**Figura 4. 16 Conos barolados para TUNED PIPE**

### 4.3. PROCESOS FINALES.

#### 4.3.1. Proceso de Soldadura

Para este proceso utilizamos el equipo de protección y seguridad adecuado, ya que esta suelda se debe manejar con cuidado para evitar accidentes o lesiones.

- a) La suelda a utilizada fue la TIG cuyo equipo de suelda se muestra en la Figura 4.17, debido a que el material que empleamos para la elaboración del TUNED PIPE es muy delgado.



**Figura 4. 17 Equipo de suelda TIG**

- b) Se ubica el cilindro en una prensa, colocándolo en una posición apta para soldar, previo a realizar dos puntos de suelda para obtener una mayor facilidad de la suelda.





**Figura 4. 18 Colocación de cilindro en prensa**

- c) La Figura 4.19 muestra el proceso de soldadura de cada parte por separado para posteriormente unir el conjunto de piezas.



**Figura 4. 19 Suelda en cono de TUNED PIPE**

- d) Luego se ha efectuado la soldadura de los conos con el vientre del TUNED PIPE, como se puede ver en la figura 4.20, cuidando que la suelda este bien realizado para que se obtenga una buena hermeticidad ya que debe ser totalmente hermético en las uniones como se ve en la Figura 4.21, así como también en los cordones de suelda.



**Figura 4. 20 suelda TIG en TUNED PIPE**



**Figura 4. 21 Unión mediante suelda de las partes del TUNED PIPE**

- e) Finalmente en la Figura 4.22 se observa el TUNED PIPE completo soldado todas las piezas, y listo para limpiar los residuos de soldadura.



**Figura 4. 22 TUNED PIPE**

#### **4.3.2. Limpieza de residuos de soldadura**

Las rebabas que se muestra en la Figura 4.23, son limpiadas con la moladora y un disco de pulir obteniendo un mejor terminado superficial del sistema en conjunto, es necesario por motivos estéticos.

No hay que lijar demasiado, debido a que el material es delgado y podría producirse pequeñas grietas o puntos de fuga, lo cual sería desfavorable para los objetivos que se persiguen.



**Figura 4. 23 Cono de TUNED PIPE limpiado residuos**





**Figura 4. 24 TUNED PIPE sin residuos de soldadura**

#### **4.3.3. Acabados**

El sistema TUNED PIPE fue sometido a un proceso de cromado, con el cual queda terminado y listo para ser ensamblado al motor.



**Figura 4. 25 TUNED PIPE**

#### 4.4. DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN






El diagrama de procesos de fabricación o manufactura muestra el manejo, la inspección, las operaciones, el almacenaje y retraso que ocurre con cada componente y ensamblaje del sistema de escape.

##### 4.4.1. Simbología de diagramas de procesos de manufactura.

Cantidad mínima de símbolos convencionales que describen los pasos del proceso, además en la parte izquierda de cada proceso se encuentran números que representan el tiempo de duración de cada operación, los símbolos mostrados en el Cuadro 4.2 son establecidos por la norma IRAM 34.501y son aceptados por las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempos y movimientos.

**Cuadro 4. 2**

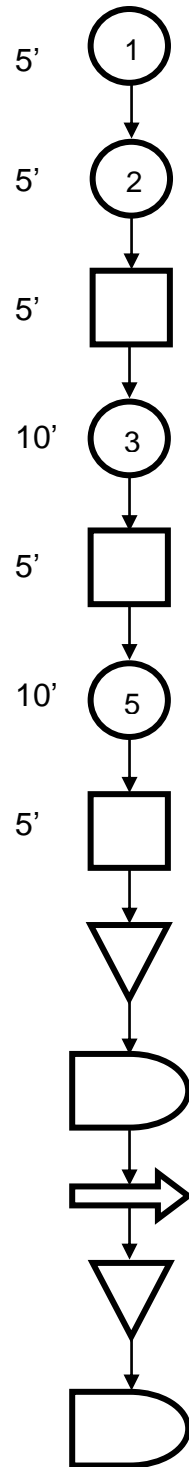
**Símbolos de representación gráfica.**

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento Transitorio
	Almacenamiento definitivo
	Espera
	Destrucción

**Fuente:** (Norma IRAM 34501 , 2012)

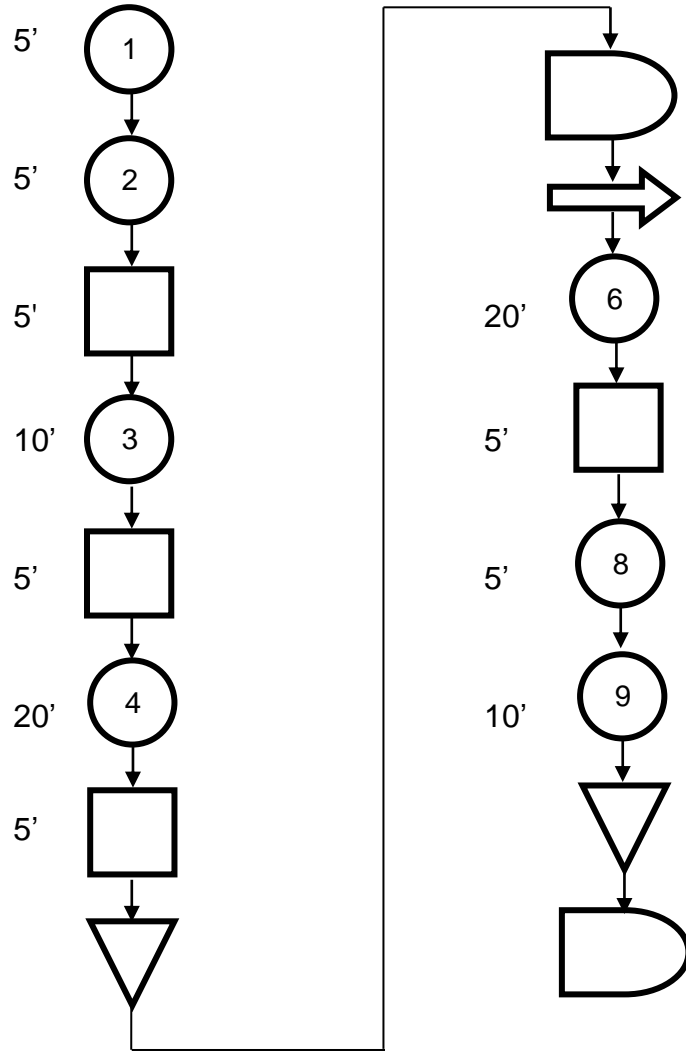
**a. Desarrollo del conector (Headpipe).**

TuboInox6,10m X 36mm X 1,00 mm

**Figura 4. 26 Proceso del Headpipe**

**b. Desarrollo del cono divergente (Difusor).**

Plancha de acero Inox 1,20m X 2,40m X 0,70mm



**Figura 4. 27 Proceso del Difusor**

c. Desarrollo del vientre (Belly).

Plancha de acero Inox 1,20m X 2,40m X 0,70mm

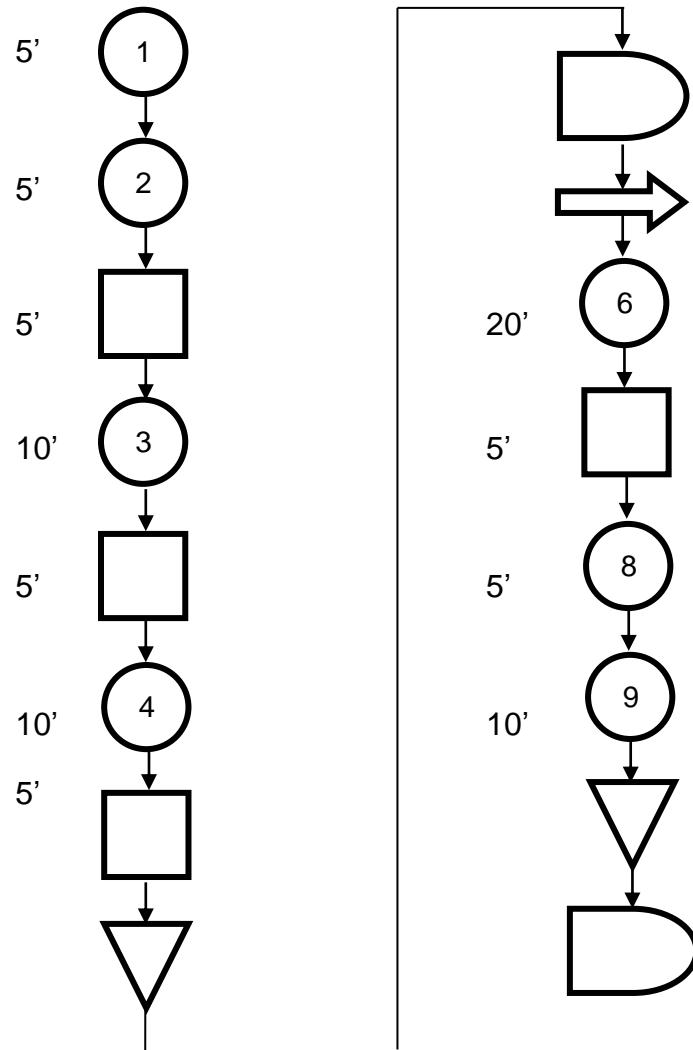
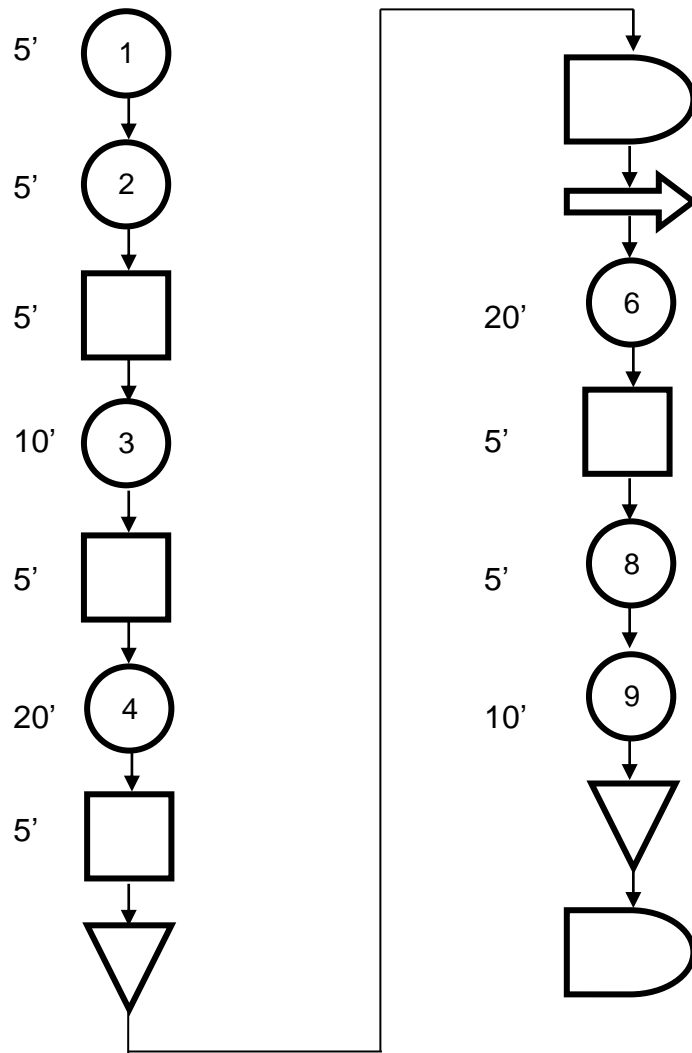


Figura 4. 28 Proceso del Belly

**d. Desarrollo del cono convergente (Bafle).**

Plancha de acero Inox 1,20m X 2,40m X 0,70mm

**Figura 4. 29 Proceso del Bafle**

e. Desarrollo del agujón (Stinger).

Tubo Inox 6,10 m X 20,00 mm X 1,00 mm

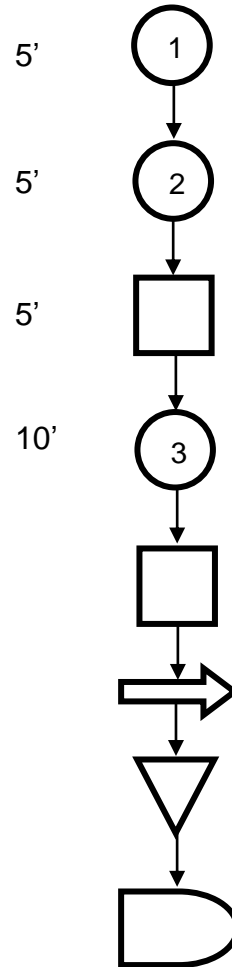


Figura 4. 30 Proceso del Stinger

f. Desarrollo del silenciador.

Plancha perforada 1,20m X 2,40m X 2mm

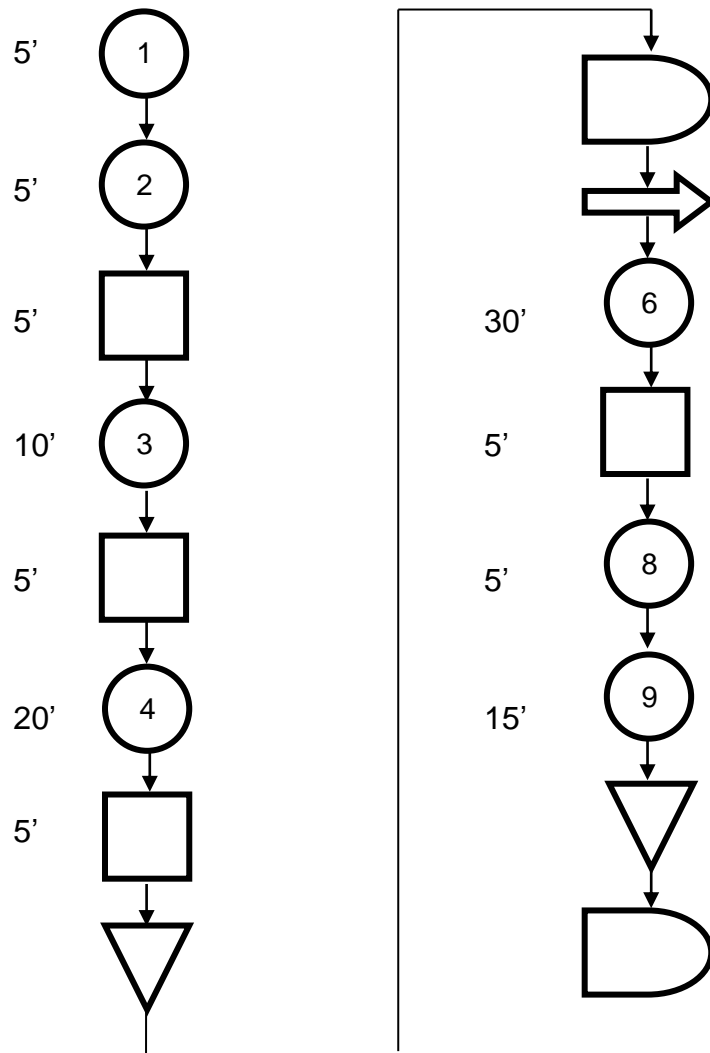


Figura 4. 31 Proceso del Silenciador



Ensamblaje de secciones del sistema.

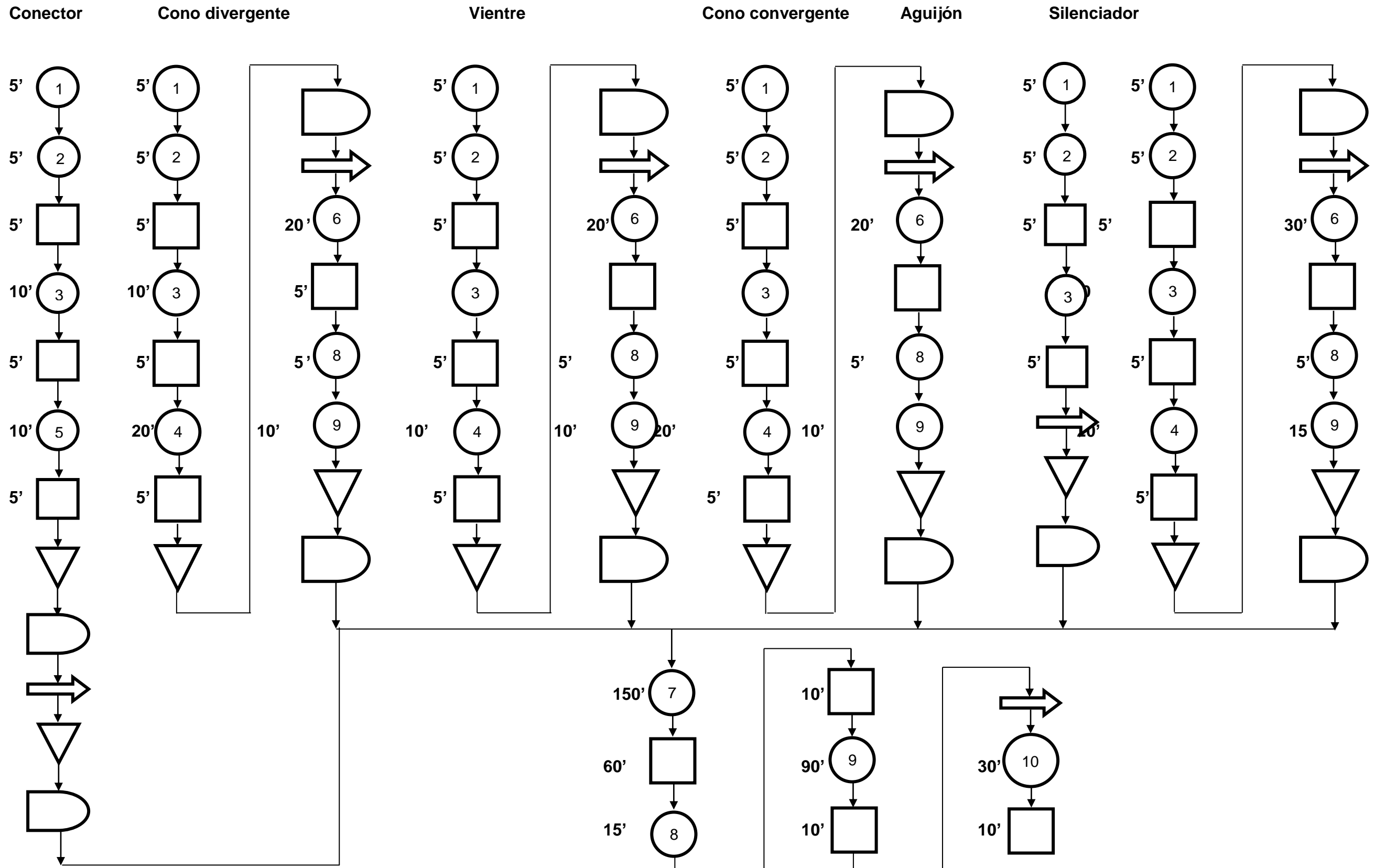


Figura 4. 32 Proceso total del tuned pipe

## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS Y COSTOS**

#### **5.1. PRUEBAS DEL MOTOR.**

Para garantizar el buen funcionamiento del proyecto la motocicleta SUZUKI AX100 siguió un protocolo de pruebas:

- Pruebas del motor estándar.
- Pruebas del motor con TUNED PIPE incorporado.

La aplicación de estas pruebas tiene como objetivos:

- Someter la motocicleta a un banco de pruebas dinamométrico para motos de hasta 125 CC, para verificar los parámetros de funcionamiento de la motocicleta (Potencia y Torque).
- Partiendo del reposo y en carretera, cronometrar el tiempo de recorrido de una distancia determinada a una aceleración máxima.
- Alcanzado una velocidad promedio y sobre una carretera, cronometrar el tiempo de frenado que tiene motocicleta.
- Realizar una prueba de autonomía de consumo de combustible.

#### **5.2. EQUIPO UTILIZADO.**

1 Motocicleta SUZUKI AX 100.

1 TUNED PIPE.

1 Laboratorio.

1 Banco dinamométrico para motocicletas de hasta 125cc.

1 Compresor.

- 1 Punto de poder eléctrico.
- 1 Suministro de agua.
- 1 Drenaje.
- 1 Caja de herramientas.
- 1 Casco
- 1 Equipo de seguridad
- 1 Cronometro.

### **5.3. PRUEBAS DEL MOTOR ESTÁNDAR.**

El cumplimiento de estas pruebas valoró los parámetros iniciales de la motocicleta SUZUKI AX 100.

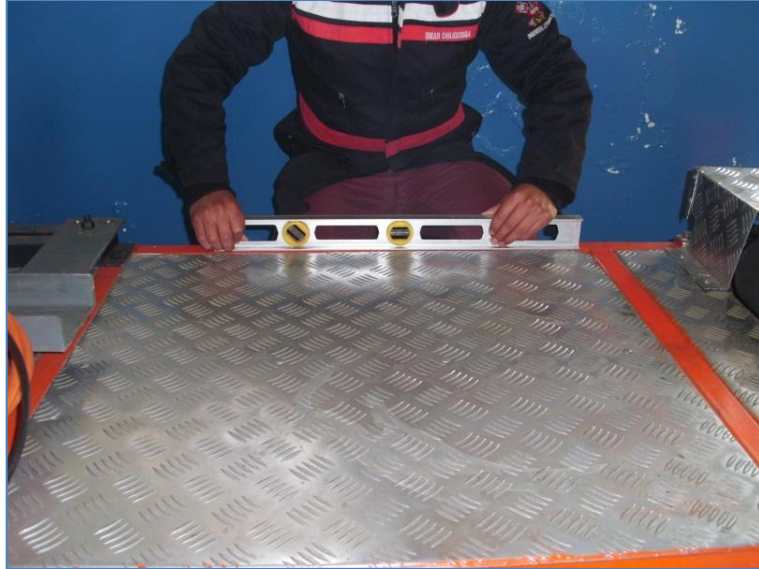
#### **5.3.1. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR.**

El siguiente contenido trata de especificar todos los aspectos que se debe tener en cuenta, al momento de proceder a realizar las mediciones de los parámetros de la motocicleta en el banco de pruebas dinamométrico.

##### **5.3.1.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

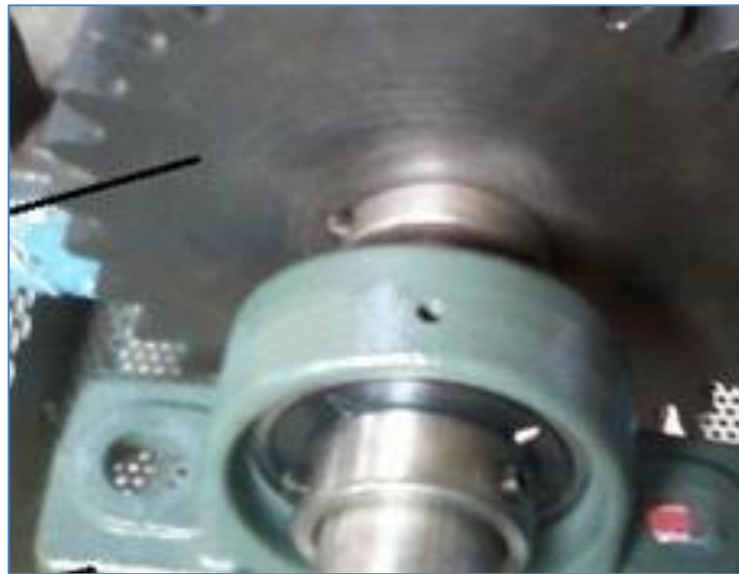
Con el banco de pruebas dinamométrico situado en un área del laboratorio, se verifica un suministro de agua, un drenaje, un compresor y un punto de poder eléctrico y el equipo de seguridad existentes junto al banco.

1. Nivelación del banco de pruebas dinamométrico, Figura 5.1, a fin de evitar vibraciones innecesarias que pueden alterar la toma de mediciones de los parámetros obtenidos.



**Figura 5. 1 Nivelación del banco de pruebas**

2. Lubricación de los sistemas móviles, Figura 5.2, evita el desgaste excesivo con el propósito de preservar el banco de pruebas.



**Figura 5. 2 Lubricación de los elementos móviles**

3. Conexión del compresor al cilindro neumático del banco de pruebas dinámico, Figura 5.3.



**Figura 5. 3 Acople del compresor.**

4. Adecuación del vehículo al banco de pruebas dinamométrico por la ranfla haciendo coincidir la llanta posterior con el conjunto de relación de transmisión que conforman los rodillos y a la vez por el riel del seguro de la llanta delantera, Figura 5.4.



**Figura 5. 4 Adecuación de la motocicleta**

5. Sujeción a presión de la llanta delantera en el banco con el cilindro neumático para dar equilibrio a la motocicleta al momento de las pruebas.



**Figura 5. 5 Sujeción de llanta delantera para equilibrio y control de motocicleta**

6. Una vez alcanzada la estabilidad en la motocicleta ubicar en la llanta delantera una cuerda de presión para dar mayor seguridad, Figura 5.6.



**Figura 5. 6 Aseguramiento de la llanta delantera**

7. Ubicación de los Tie Down en los ganchos posteriores del banco de pruebas, Figura 5.7, a fin de sujetar la parte trasera de la motocicleta he impedir movimientos bruscos de la llanta trasera al momento de la realizar las pruebas.



Nota: Las cuerdas deben ir sujetas al chasis de la motocicleta y no deben apretar excesivamente el neumático contra los rodillos, ya que su función es dar equilibrio y no apretar el neumático evitando reducir el desgaste de los rodillos y superficie de contacto del neumático.



**Figura 5. 7 Sujeción de la motocicleta con el tiedown**

8. Conectar y encender el suministro de agua a la entrada del sistema hidráulico. La salida de suministro de agua no de comprometer la parte electrónica del banco de pruebas dinamométrico.
9. Verificar el ajuste de las abrazaderas del sistema hidráulico para impedir fugas existentes.



**Figura 5. 8 Ajuste y verificación del sistema hidráulico**

10. Revisar los sensores ópticos, galga extensiométrica, y la fuente de alimentación de la parte eléctrica-electrónica del banco de pruebas dinamométrico.



**Figura 5. 9 Revisión de la parte eléctrica-electrónica**

11. Proceda a encender la motocicleta para “calentar” el motor, después de que el motor haya alcanzado su temperatura normal de funcionamiento apague el vehículo.



**Figura 5. 10 Adaptación de la motocicleta**



12. Encender la PC, conectando la tarjeta receptora de datos con el puerto USB para que exista comunicación.



**Figura 5. 11 Conexión de la PC al banco dinamométrico**

13. Iniciar el programa LABVIEW, verificando el reconocimiento del puerto USB para una obtención correcta de datos.



**Figura 5. 12 Interfaz del programa LabVIEW**

14. Retirar las herramientas y cualquier cosa que obstaculice el procedimiento de las pruebas para evitar accidentes.



**Figura 5. 13 Aislamiento de obstáculos que interfieran en las pruebas**

15. Seguidamente se despeja el área del personal que no participa en las pruebas.
16. Antes de encender la motocicleta se debe tomar en cuenta las medidas de precaución generales.
17. Encender la motocicleta e ingresar los datos en el programa para iniciar las pruebas. (TEST)

Nota: Se debe considerar las condiciones ambientales en las que se realiza el test, ya que estos factores pueden alterar los datos obtenidos.



**Figura 5. 14 Inicio del test**

18. Proceda a registrar todos los datos que exija la práctica. Anote cualquier observación durante cada las pruebas.

Durante el Test se debe tener especial cuidado en no exceder valores límites de velocidad de régimen de giro del motor, ni excesivas de temperatura.



**Figura 5. 15 Verificación de no exceder los límites de RPM**

### **5.3.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL BANCO DE PRUEBAS DINAMOMÉTRICO.**

Los datos obtenidos con el banco de pruebas, demuestra que las curvas de torque y potencia están dentro de una tolerancia del 7%, ya que hay que tomar en cuenta la pérdida de energía, el tipo de combustible, la forma de conducción de la motocicleta en el banco de pruebas, la variación de la aleta de aceleración, entre otros, tomando en cuenta que los datos obtenidos son de una motocicleta con vida útil promedio. (CANDO, O; SUASNAVAS, V, 2014)

Se realizó tres mediciones del torque y potencia de la motocicleta en el banco dinamométrico, en donde se obtuvo los siguientes valores:

- a. Al analizar por primera vez la motocicleta en el banco de pruebas, Figura 5.16, muestra un máximo en potencia de 9,30 HP a 6600 rpm y un torque máximo de 8,30 N-m a 5300 rpm, mientras que la ficha técnica de la

motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 5,68% de pérdidas de energía.

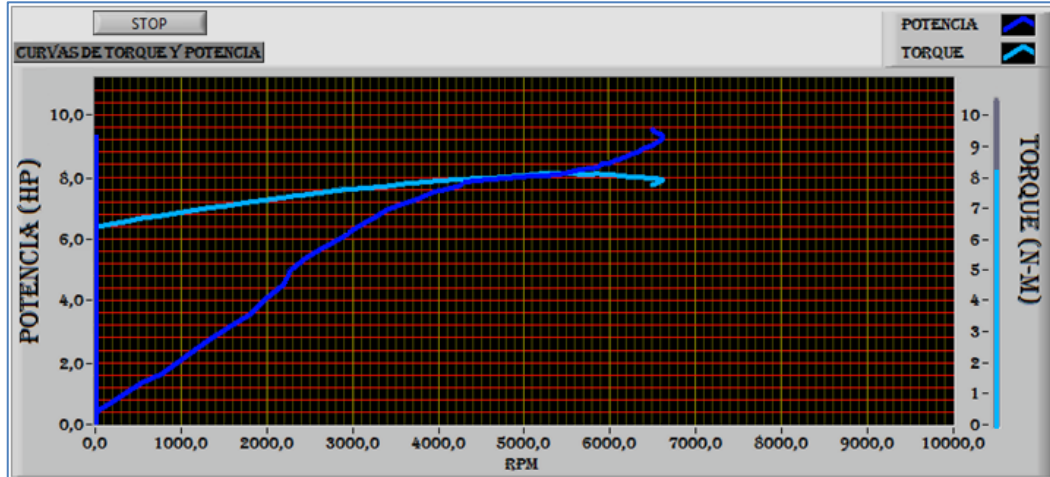


Figura 5. 16 Curva de Torque y Potencia, prueba 1, motor estándar

- b. El segundo análisis de la motocicleta, Figura 5,17, el banco de pruebas muestra un máximo en potencia de 9,20 HP a 6300 rpm y torque máximo de 8,00 N-m a 5400 rpm, mientras que la ficha técnica de la motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 6,69% de pérdidas de energía.

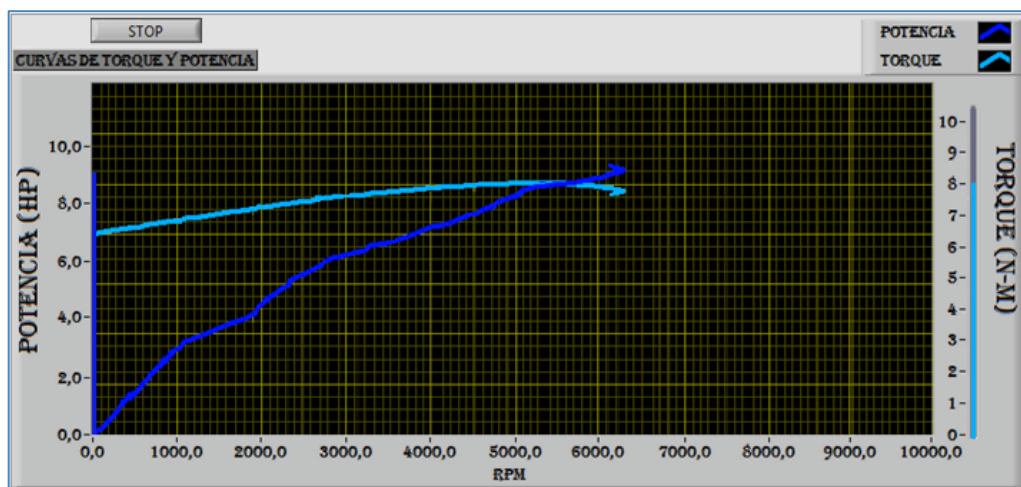


Figura 5. 17 Curva de Torque y Potencia, prueba 2, motor estándar.

- c. En el tercer análisis de la motocicleta, Figura 5.18, el banco de pruebas muestra un máximo en potencia de 9,20 HP a 6500 rpm y un torque máximo de 8,20 N-m a 5400 rpm, mientras que la ficha técnica de la motocicleta tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo 9,50 N-m a 6500 rpm. De acuerdo a las curvas se producen el 6,69% de pérdidas de energía.

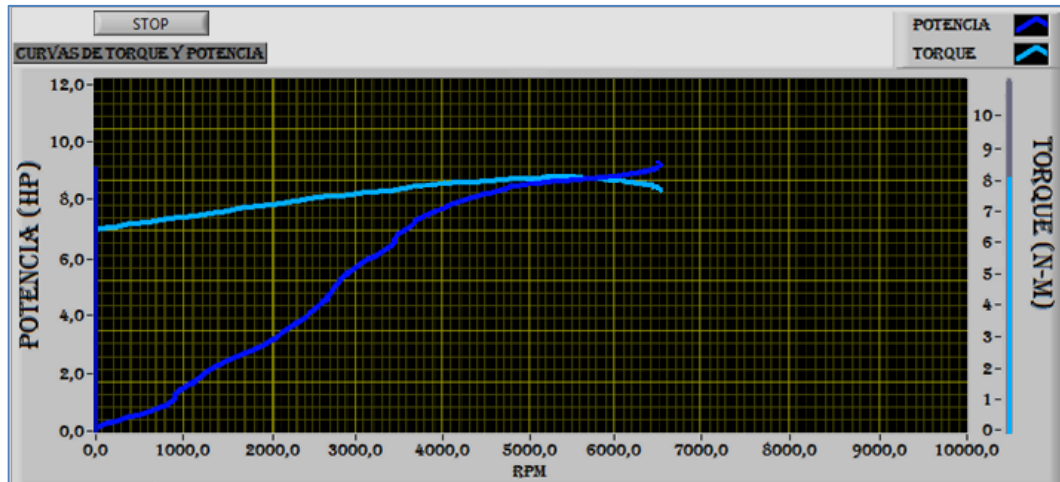


Figura 5. 18 Curva de Torque y Potencia, prueba 3, motor estándar

### 5.3.1.3. Tabulación de datos técnicos conseguidos del banco dinamométrico de la motocicleta SUZUKI AX 100 estándar:

Tabla 5. 1

Resultados de Torque y Potencia del motor estándar

POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR ESTÁNDAR				
N° DE ANALISIS	POTENCIA HP	REVOLUCIONES RPM	TORQUE N-m	REVOLUCIONES RPM
1	9,30	6600	8,30	5300
2	9,20	6300	8,00	5400
3	9,20	6500	8,20	5400
<b>POTENCIA PROMEDIO</b>		9,23 HP @ 6467 RPM		
<b>TORQUE PROMEDIO</b>		8,17 N-m @ 5367 RPM		



De las tres mediciones obtenidas de la motocicleta en el banco de pruebas dinamométrico hemos tomado como referencia el valor promedio; es decir la potencia máximo será 9,23 HP a 6467 rpm y el torque máximo de 8,1 N-m a 5367 rpm, ver Tabla 5.1, mientras tanto la motocicleta en la ficha técnica tiene un máximo de potencia de 9,86 HP a 7500 rpm y torque máximo de 9,50 N-m a 6500 rpm. Conforme al análisis de las curvas, se produce el 6,38% de pérdidas de energía.

### 5.3.2. PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENO DE LA MOTOCICLETA EN CARRETERA.

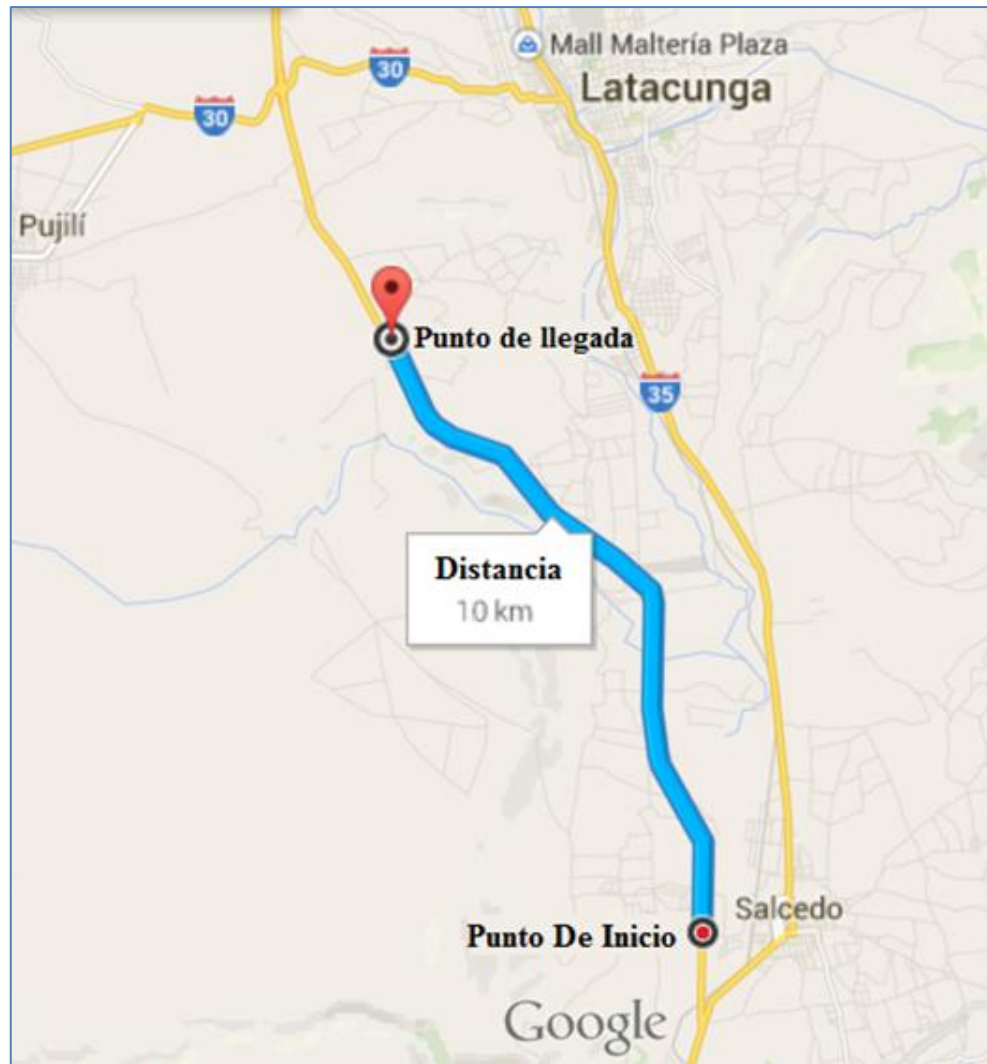
En esta prueba se cronometrará el tiempo de recorrido y el tiempo de frenado de la motocicleta sobre una carretera determinada.

#### 5.3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESCENARIO DE PRUEBAS.

Tabla 5. 2

Escenario de prueba.

ESCENARIO DE PRUEBA TUNED PIPE Y MOTO SUZUKI AX 100					
<b>Realizado por:</b>	Chiliquinga Edwin, Semblantes Yadira				
<b>Localización:</b>	Nueva Vía Salcedo, Barrio La Argentina (sentido Sur-Norte)				
<b>Descripción</b>	Utilidad	Longitud	Pendientes	Gradientes	Curvas
	Vía nueva	10 Km	2	0	6
<b>Temperatura:</b>	11 °C		Altitud:	2.683m s.n.m.	



**Figura 5. 19 Circuito de pruebas para la motocicleta.**

**Fuente:** (GOOGLE\_Maps)

### **5.3.2.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.**

Este procedimiento medirá principalmente la velocidad final que tuvo la motocicleta con el sistema de escape estándar:

1. Dejar a punto la motocicleta con el fin de que no falle ningún sistema al momento de la prueba.

2. Seleccionar una superficie y una distancia a recorrer para conducir el vehículo en nuestro caso escogimos asfalto.
3. Buscar personal especializado para la conducción del vehículo “piloto”.
4. Poseer todos los documentos habilitantes para conducir la motocicleta.
5. Tomar las medidas de seguridad apropiadas, es decir proveerse del equipo de seguridad necesario.
6. Encender la motocicleta y realizar una vuelta de reconocimiento del escenario de las pruebas.
7. Vaciar el depósito de combustible.
8. Colocar un galón de combustible en el depósito.
9. Iniciar las pruebas.



**Figura 5. 20 Inicio de pruebas de velocidad, motor estándar**

Nota: Hay que considerar las condiciones ambientales en las que se efectúa el test, ya que estos escenarios pueden alterar los datos obtenidos.

10. Registrar todos los datos conseguidos en la práctica. Anote cualquier observación durante cada las pruebas.



### 5.3.2.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENADO.



Figura 5. 21 Tiempo obtenido en las pruebas de velocidad con motor estándar.



Figura 5. 22 Tiempos de frenado de la motocicleta con motor estándar.

Tabla 5. 3

## Pruebas de velocidad motor estándar

Pruebas de velocidad motor estándar					
N° de prueba	Distancia (Km)	Velocidad Final (Km/h)	Tiempo del Recorrido		Tiempo de frenado (S)
			(m)	(S)	
1	10	93	7	13	6,46
2	10	91	7	18	5,80
3	10	94	7	11	6,75
<b>Resultado promedio</b>	<b>10</b>	<b>92,67</b>	<b>7 minutos 14 segundos</b>		<b>6,33</b>

Luego de registrar los valores obtenidos mostrados en la Tabla 5.3, se concluye que la motocicleta recorrió 11 km de distancia con una velocidad promedio de 92,67 Km/h en 7 minutos y 14 segundos; el tiempo promedio de frenado fue de 6,33 segundos.

### 5.3.3. PRUEBA DE AUTONOMÍA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON EL MOTOR ESTANDAR.

Las empresas manufactureras de motocicletas y las empresas representantes de marca no se atreven a afirmar un número exacto de consumo, puesto que este puede variar por muchos factores. Si llegara a variar el resultado que es lo más probable, lo que era una promesa de venta se convertirá en una promesa de problema y reclamo seguro. (RETO DAKAR, 2013)

La prueba de autonomía de consumo de la motocicleta es realizada con el fin de determinar el consumo de combustible inicial del vehículo, para lo cual se establece una capacidad máxima de 12000CC del depósito de combustible.

Tabla 5. 4

**Autonomía de consumo de combustible**

<b>PRUEBA DE AUTONOMÍA</b>	
<b>Combustible</b>	Extra 87 Octanos
<b>Distancia recorrida</b>	30 Km
<b>Volumen del depósito</b>	12000 CC
<b>Volumen inicial del depósito</b>	3785 CC
<b>Volumen final del depósito</b>	2570 CC
<b>Volumen utilizado</b>	1215 CC
<b>Autonomía</b>	296Km

Para una distancia recorrida de 30 Km en carretera, el consumo de combustible es de 1215CC. Por lo que resulta que la motocicleta puede recorrer una distancia de 296 Km, con el depósito de combustible al máximo de la capacidad.

**5.4. PRUEBAS DEL MOTOR CON TUNED PIPE INCORPORADO.**

La ejecución de estas pruebas evaluarán los parámetros finales que se obtuvo con la modificación del sistema de escape de la motocicleta SUZUKI AX 100.

**5.4.1. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR.**

Esta prueba se realizó para justificar el incremento o no de los parámetros de funcionamiento (potencia y torque), siguiendo una secuencia de pasos que se debe tener en cuenta.

#### 5.4.1.1. Procedimiento experimental

1. Sustituir el tubo de escape estándar por el TUNED PIPE construido para la motocicleta SUZUKI AX 100.



Figura 5. 23 Reemplazo del tubo de escape estándar

2. Repetir el procedimiento técnico realizado en la ejecución de los pasos descritos en el ítem 5.3.1.1.



Figura 5. 24 Inicio de pruebas de velocidad, motor con TUNED PIPE

#### 5.4.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL BANCO DE PRUEBAS DINAMOMÉTRICO CON EL TUNED PIPE INCORPORADO.

- a. El primer análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, Figura 5.25; el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,60 HP a 7350 rpm y torque máximo de 8,90 N-m a 5900 rpm, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 rpm y 8,1 N-m a 5367 rpm respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 14,84% de energía.

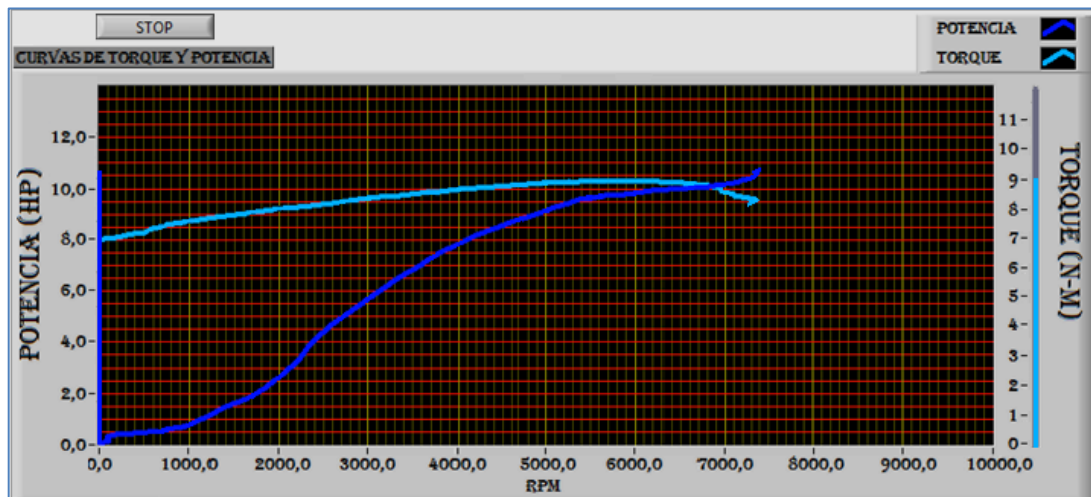


Figura 5. 25 Curva de Torque y Potencia, prueba 1, motor con TUNED PIPE.

- b. En el segundo análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, Figura 5.26, el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,50 HP a 7400 rpm y torque máximo de 9,00 N-m a 6000 rpm, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 rpm y 8,1 N-m a 5367 rpm respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 13,76% de energía.

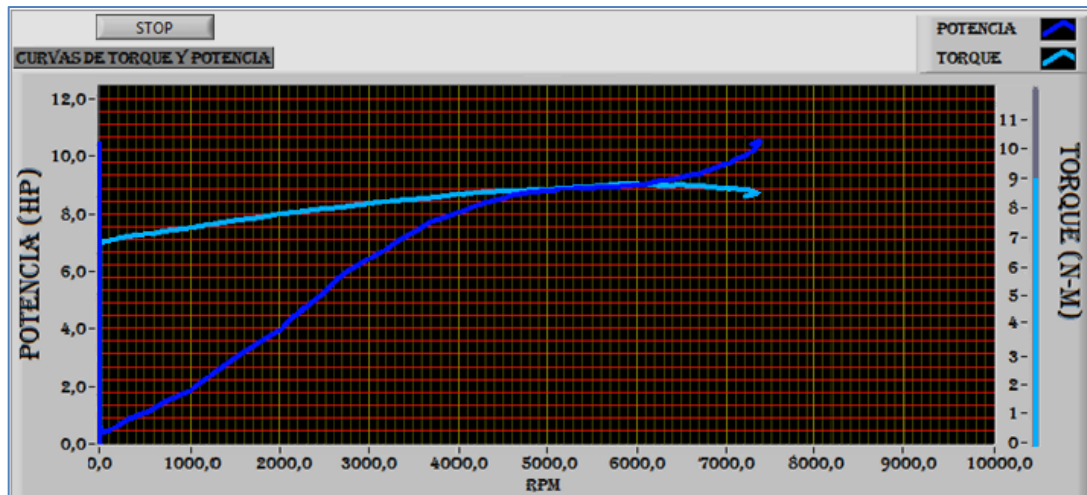


Figura 5. 26 Curva de Torque y Potencia, prueba 2, motor con TUNED PIPE.

- c. En el último análisis de la motocicleta con TUNED PIPE, Figura 5.27, el banco de pruebas muestra que la potencia máxima es 10,50 HP a 7700 rpm y torque máximo de 8,90 N-m a 5900 rpm, por otra parte la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 rpm y 8,1 N-m a 5367 rpm respectivamente. De acuerdo a las curvas se produce una ganancia de 13,76% de energía.

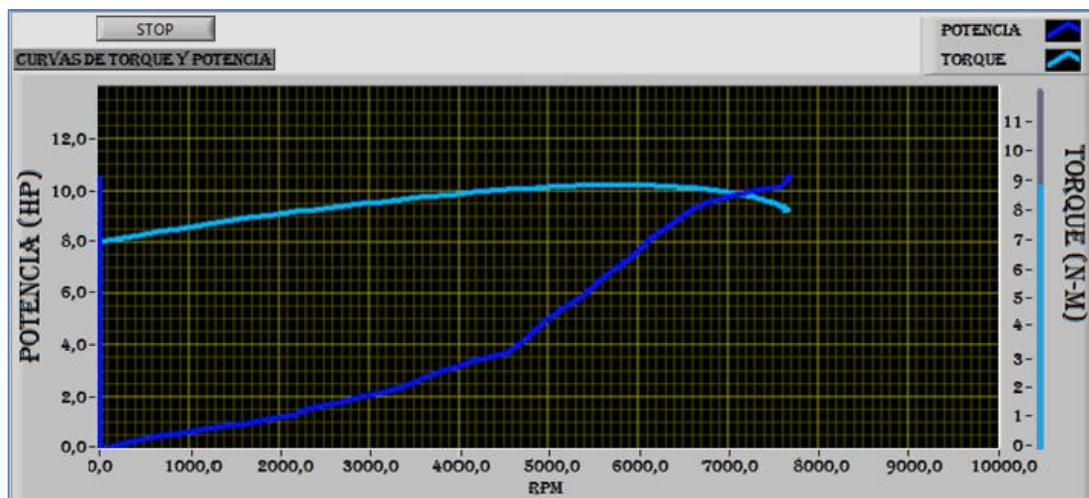


Figura 5. 27 Curva de Torque y Potencia, prueba 3, motor con TUNED PIPE

#### 5.4.1.3. Tabulación de datos técnicos conseguidos del banco dinamométrico de la motocicleta SUZUKI AX 100 con el TUNED PIPE incorporado:

Tabla 5. 5

Resultados de Torque y Potencia del motor con TUNED PIPE.

POTENCIA Y TORQUE DEL MOTOR ESTÁNDAR				
N° DE ANALISIS	POTENCIA HP	REVOLUCIONES RPM	TORQUE N-m	REVOLUCIONES RPM
1	10,60	7350	8,90	5900
2	10,50	7400	9,00	6000
3	10,50	7700	8,90	5900
<b>POTENCIA PROMEDIO</b>		10,53 HP @ 7483 RPM		
<b>TORQUE PROMEDIO</b>		8,93 N-m @ 5933 RPM		

De las tres últimas mediciones de la motocicleta en el banco de pruebas dinamométrico tomamos como referencia el valor promedio; en consecuencia la potencia máxima promedio será 10,53 HP a 7485 rpm y el torque máximo promedio de 8,93 N-m a 5933 rpm, mientras que la potencia y el torque promedio de la motocicleta con el sistema de escape estándar era de 9,23 HP a 6467 rpm y 8,1 N-m a 5367 rpm respectivamente. Conforme al análisis de las curvas se produce una ganancia de 14,08% de energía.

#### 5.4.2. PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENO DE LA MOTOCICLETA EN CARRETERA.

En este punto se cronometrará el tiempo de recorrido y el tiempo de frenado de la motocicleta con TUNED PIPE incorporado sobre una carretera determinada.



Para la realización de esta prueba utilizamos el mismo escenario de pruebas especificado en el ítem 5.3.2.1

#### 5.4.2.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA CRONOMETRAR EL TIEMPO DE RECORRIDO Y EL TIEMPO DE FRENADO DE LA MOTOCICLETA CON EL TUNED PIPE INCORPORADO.

1. Sustituimos el sistema de escape estándar por el TUNED PIPE construido.
2. Repetir el procedimiento técnico realizado en la ejecución de los pasos descritos en el ítem 5.3.2.2.

#### 5.4.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA DE VELOCIDAD Y FRENADO.



Figura 5. 28 Tiempo obtenido en las pruebas de velocidad del motor con TUNED PIPE.





Figura 5. 29 Tiempos de frenado de la motocicleta con motor más TUNED PIPE.

Tabla 5. 6

Pruebas de velocidad del motor más TUNED PIPE

Prueba de velocidad motor con TUNED PIPE					
N° de prueba	Distancia (Km)	Velocidad Final (Km/h)	Tiempo del Recorrido		Tiempo de frenado (S)
			(m)	(S)	
1	10	115	6	20	5,89
2	10	120	6	14	7,83
3	10	118	6	16	7,79
<b>Resultado promedio</b>	<b>10</b>	<b>117,66</b>	<b>6 minutos 16 segundos</b>		<b>7,17</b>

Al registrar los valores obtenidos se observa que la motocicleta recorrió un total de 11 km de distancia con una velocidad promedio de 117,66 Km/h en 7 minutos y su tiempo promedio de frenado fue de 7,17 segundos

### 5.4.3. PRUEBA DE AUTONOMÍA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CON TUNED PIPE INCORPORADO.

La autonomía de consumo de combustible de la motocicleta con el TUNED PIPE incorporado tiene el mismo fundamento que el ítem 5.3.3.

**Tabla 5. 7**

#### **Autonomía de consumo de combustible**

<b>PRUEBA DE AUTONOMÍA DE LA MOTOCICLETA SUZUKI AX 100</b>	
<b>Combustible</b>	Extra 87 Octanos
<b>Distancia recorrida</b>	30 Km
<b>Volumen del depósito</b>	12000 CC
<b>Volumen inicial del depósito</b>	3785 CC
<b>Volumen final del depósito</b>	2495 CC
<b>Volumen utilizado</b>	1290 CC
<b>Autonomía</b>	279 Km

Para una distancia recorrida de 30 Km en carretera, el consumo de combustible es de 1290CC. Por lo que resulta que la motocicleta con el TUNED PIPE instalado puede recorrer una distancia de 279 Km, con el depósito de combustible al máximo su capacidad.

Nota: El consumo de combustible depende de algunos factores tales como condiciones climáticas, escenario de ruta, condiciones de manejo por parte del conductor entre otras.

### 5.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL MOTOR ESTÁNDAR VS MOTOR CON TUNED PIPE INCORPORADO.

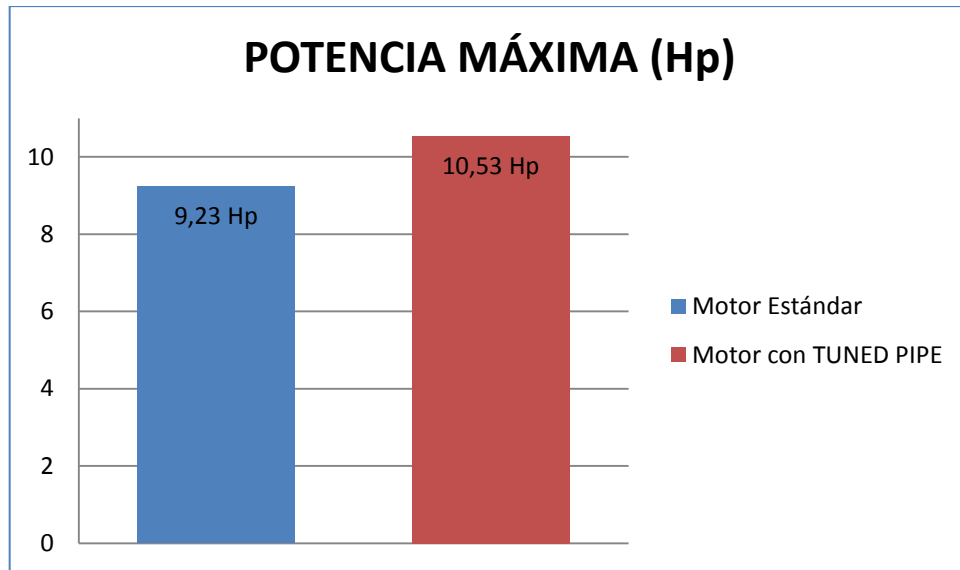


Figura 5. 30 Comparación de la potencia máxima del motor estándar VS motor modificado.

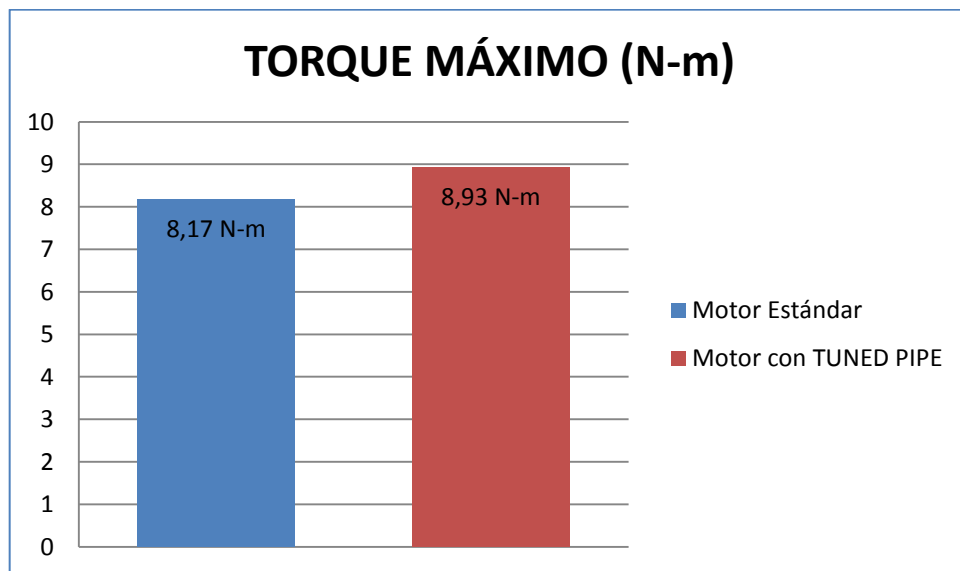
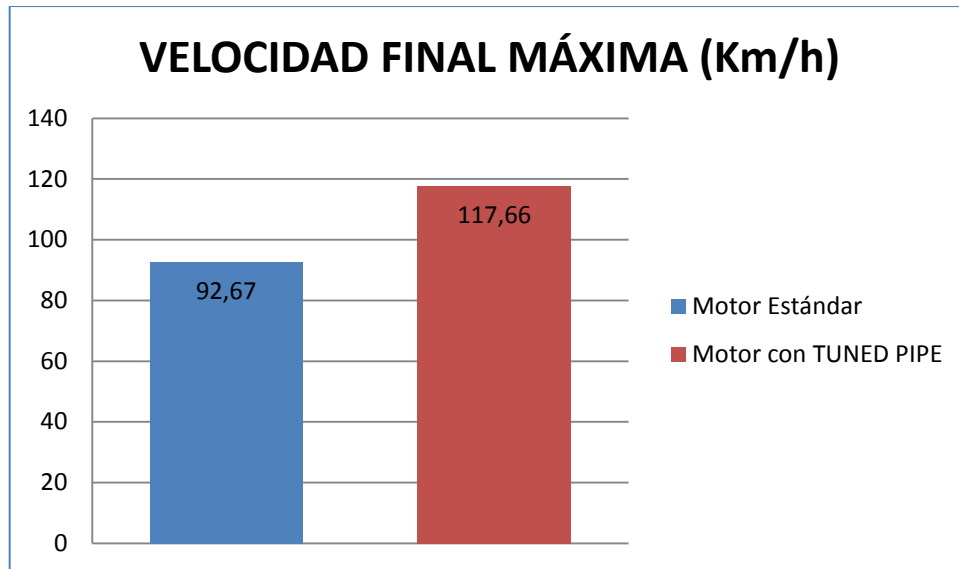
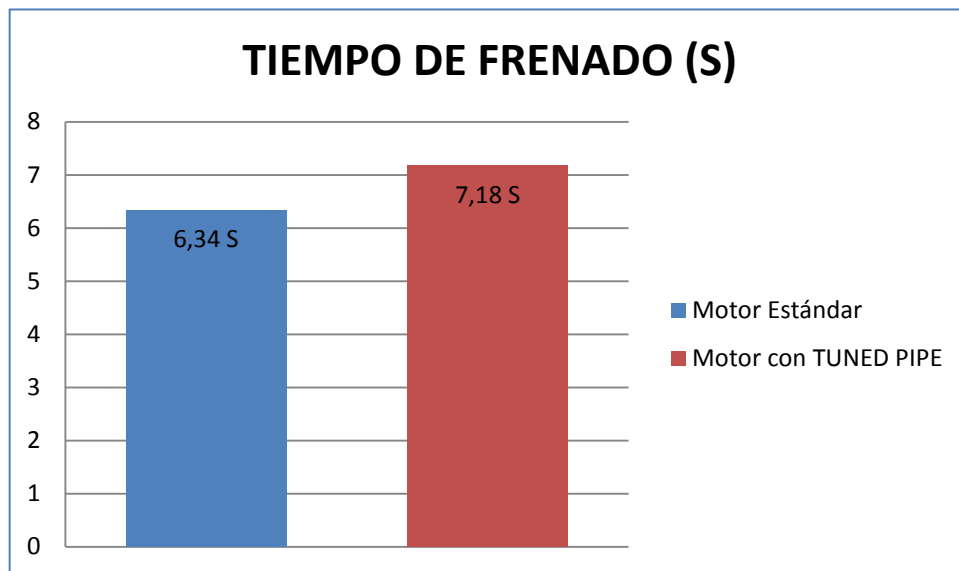


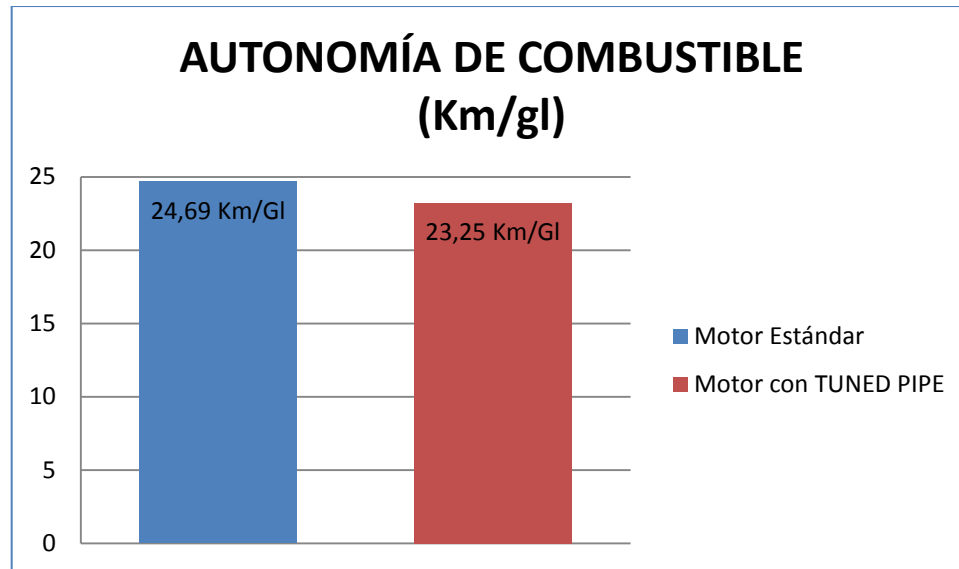
Figura 5. 31 Comparación del torque máximo del motor estándar VS motor modificado.



**Figura 5. 32 Comparación de la velocidad final máxima del motor estándar VS motor modificado.**



**Figura 5. 33 Comparación del tiempo de frenado del motor estándar VS motor modificado.**



**Figura 5. 34 Comparación de la autonomía de combustible del motor estándar VS motor modificado.**

## 5.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

**Tabla 5. 8**

**Parámetros iniciales Vs Parámetros finales de la motocicleta**

Resultados del motor estándar VS motor con TUNED PIPE				
	Unidad	Parámetros Estándar	Parámetros con TUNED PIPE	Diferencia Porcentual (%)
<b>Potencia máxima</b>	Hp	9,23	10,53	14
<b>Torque máximo</b>	N-m	8,17	8,93	9
<b>Velocidad final máxima promedio</b>	Km/h	92,67	117,66	27
<b>Tiempo de Frenado</b>	S	6,33	7,17	13
<b>Autonomía de combustible</b>	Km/Gl	24,69	23,25	-6

La motocicleta alcanza valores promedio máximos en: Potencia de 10,53 Hp @ 7485 rpm, torque de 8,93 N-m @ 5933 rpm, velocidad final 117,66 Km/h, tiempo de frenado 7,17 s y una autonomía de combustible de 23,25 Km/Gl, comparando con los parámetros iniciales promedio máximos de la motocicleta los cuales eran: Potencia de 9,23 HP @ 6467 rpm, un torque máximo de 8,17 N-m @ 5367 rpm, velocidad final 92,67 Km/h, tiempo de frenado 6,33 s y una autonomía de combustible de 24,69 Km/Gl respectivamente; se obtiene una ganancia de 14 % en potencia; 9 % en torque; 27 % en velocidad final estos valores indican cambios favorables al desempeño de la motocicleta; por otra parte aumenta el tiempo de frenado en 13 %, y un consumo de combustible mayor al inicial en un 6%.

## **5.7. ENSAYO NO DESTRUCTIVO CON LIQUIDO PENETRANTE EN SOLDADURA**

Los END (ensayos no destructivos) conocidos también como NDT (Non Destructive Testing), por sus siglas en inglés, son pruebas que se practican, entre otros, para detectar las discontinuidades en las soldaduras, con el fin de conocer información relevante sobre su estado y calidad. Este tipo de ensayos, que se realizan mediante la aplicación de pruebas físicas tales como ondas electromagnéticas, acústicas y elásticas, emisión de partículas subatómicas y capilaridad, entre otras, se consideran no destructivos, porque su práctica no representa ningún riesgo real para el objeto en estudio, ni altera de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas ni dimensionales.

Para el análisis de ensayo no destructivo de la soldadura usada en el TUNED PIPE se realizó el siguiente método:

- **Líquidos Penetrantes (PT):** Este procedimiento se utiliza básicamente para detectar discontinuidades en materiales sólidos no porosos como el acero inoxidable, aluminio y sus aleaciones, cobre, bronce y latón; además, es uno de

los métodos no destructivos más usados en la inspección de soldadura y sus acabados.

Este ensayo se basa en el principio físico conocido como capilaridad 1, y se realiza, básicamente, mediante la aplicación sobre la superficie a inspeccionar por inmersión, brocha, pincel o pulverización, de líquidos de baja tensión superficial que penetran los poros y son retenidos en las discontinuidades y fisuras.

Se reconoce como uno de los ensayos no destructivos más favorables, porque es económico, fácil de emplear, no requiere de equipos complejos ni costosos, permite inspeccionar la totalidad de la superficie de la pieza, sin importar su geometría ni tamaño, y revela de manera inmediata los defectos. Sin embargo, también presenta limitaciones, ya que no puede usarse en materiales porosos, ni en superficies o piezas pintadas o con algún tipo de recubrimiento protector, pues hay riesgo de afectar el material o el recubrimiento con los líquidos. (Ruiz, 2010)

En el Anexo E, se observa los resultados de la prueba de ensayo no destructivo realizado al sistema, en el que se puede confirmar que la suelda ha sido realizada de forma correcta, es decir el sistema no presenta fisuras ni puntos de fuga, por donde escapen los gases, arrojando como resultado “SIN DETECTARSE DISCREPANCIAS”.

## **5.8. COSTOS**

Es importante conocer el monto parcial y total de inversión, para ello detallamos los costos que ha sido parte del desarrollo del presente proyecto investigativo para conocer si se hemos cumplido una de las metas de la casa calidad la cual fue “construir un TUNED PIPE a bajo costo”.

- Adquisición de los materiales.
- Herramientas.
- Diseño.

- Mano de obra.
- Pruebas.
- Costos varios.

Al finalizar con los detalles parciales, se procederá a agrupar estos, para así conocer el costo total del proyecto.

Los costos están basados en información facilitada por proveedores de las principales distribuidoras correspondientes a la ciudad de Latacunga, donde se obtuvo los siguientes costes.

### 5.8.1. COSTO DE LOS MATERIALES.

Los materiales o elementos utilizados para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 5. 9**

#### **Costo de materiales o elementos**

<b>Orden</b>	<b>Cant.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>1</b>	1	Motocicleta SUZUKI AX 100	800,00	800,00
<b>2</b>	1/2	Plancha acero Inox 0,7mm	82,00	41,00
<b>3</b>	1/8	Plancha perforada 2mm	10,00	1,25
<b>4</b>	0,5 m	Tubo Inox 304 Ø36mm	16,00	1,33
<b>5</b>	0,3 m	Tubo Inox 304 Ø 20mm	12,00	1,00
<b>6</b>	1	Sierra	1,12	1,12
<b>7</b>	2	Disco de desbaste	4,20	8,40
<b>8</b>	2 lb	Fibra de vidrio	2,20	4,40
<b>TOTAL</b>				<b>USD. 858,50</b>



### 5.8.2. COSTO DE HERRAMIENTAS.

Las herramientas que se utilizó para la construcción del sistema TUNED PIPE.

**Tabla 5. 10**

#### Costo de herramientas

Orden	Cant.	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	4	Llaves mixtas (10, 12, 14, 17)	3,20	12,80
2	4	Copas (10, 12, 14, 17)	2,85	11,40
3	1	Juego de reglas y graduador	3,00	3,00
4	1	Palanca de fuerza y aumento	7,00	7,00
5	1	Flexómetro	4,00	4,00
6	1	Martillo	5,60	5,60
7	2 lb	Guaípe	1,25	2,50
8	1	Alicate	10,00	10,00
9	1	Rayador	1,80	1,80
10	1	Tijeras para tol	6,80	6,80
11	1	Alquiler de suelda	60,00	60,00
12	1	Alquiler de baroladora	20,00	20,00
<b>TOTAL</b>				<b>USD. 144,90</b>

### 5.8.3. COSTO DE DISEÑO.

Para elaborar el diseño del TUNED PIPE se incurrieron gastos significativos calculados en base al tiempo de construcción.

**Tabla 5. 11**

#### Costos de diseño

Valor/Hora	Horas/Semana	Semanas	COSTO TOTAL
USD. 6,00	10	5	<b>USD. 300,00</b>

#### 5.8.4. COSTO DE MANO DE OBRA

El valor de la mano de obra es referenciado al valor/hora promedio en relación a un salario básico unificado, el número de personas y el tiempo empleado para la construcción del TUNED PIPE.

**Tabla 5. 12**

**Costos de mano de obra**

Valor/Hora	N° Empleados	Horas/Semana	Semanas	Costo Total
USD 2,21	2	40	2	USD. 353,60

#### 5.8.5. COSTO DE PRUEBAS.

Para el proceso del protocolo de pruebas se necesitó un cierto presupuesto detallado en la Tabla 5.13

**Tabla 5. 13**

**Costos de pruebas**

Orden	Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	6 GI	Gasolina Extra	1,5	9,00
2	1	Cronómetro	4,00	4,00
3	1	Honorarios del piloto	50,00	50,00
<b>TOTAL</b>				<b>USD. 63,00</b>

#### 5.8.6. COSTOS VARIOS

Estos gastos corresponden al desarrollo de la parte logística y teórica de la investigación, excluyéndolos de los procesos de diseño y construcción del tuend pipe.

Tabla 5. 14 Costos varios

Orden	Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	1000	Impresiones a b/n	0,03	30,00
2	500	Impresiones a color	0,12	60,00
3	6	Anillados	1,50	9,00
4	5	CD's	1,00	5,00
5	2	Empastados	20,00	40,00
6	200	Copias	0,02	4,00
7		Transporte	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>USD. 298,00</b>

### 5.9. COSTO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN.

El costo total de la investigación está determinado por la sumatoria de los distintos costos precedentes más un valor establecido para imprevistos correspondiente al 5 % de la sumatoria total de rubros, así el costo total del proyecto será:

Tabla 5. 15 Costo total de la investigación

Orden	Rubros	Subtotal
1	Adquisición de los materiales.	858,50
2	Herramientas.	144,90
3	Diseño.	300,00
4	Mano de obra.	353,60
5	Pruebas.	63,00
6	Costos varios	298,00
7	Imprevistos	82,00
<b>Costo total del proyecto</b>		<b>USD. 2.100,00</b>

La inversión económica para el desarrollo de esta investigación fue sustentada por parte de los responsables Yadira Semblantes y Edwin Chilingua.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES:

- La construcción del sistema de escape, TUNED PIPE, aportó al desarrollo de nuevos estudios referente a alternativas de preparación de motores, diferentes a las ya conocidas como son el trucaje del motor, permitiendo encontrar nuevos métodos de mejorar las prestaciones del motor. El TUNED PIPE incorporado a un motor de dos tiempos intenta aprovechar la energía de las ondas de presión producidas en el proceso de la combustión, por lo cual el diámetro y la longitud de las cinco secciones principales de la tubería, son críticos para la producción de la potencia y torque deseados.
- Con la adecuada definición de la forma geométrica del sistema de escape TUNED PIPE, a través del estudio, y el desarrollo de cálculos, se ha logrado aumentar los parámetros de desempeño motor, en cuanto a potencia y torque del motor SUZUKI AX100 en un 14,08 % y 9,30 % respectivamente.
- Partiendo del uso del software de selección de materiales, CES selector, se pudo elegir el material idóneo para la construcción del TUNED PIPE, el cual arrojó como resultado el empleo del Acero Inoxidable AISI 304, debido a que cumple con los requisitos necesarios de diseño, como son su bajo peso, su espesor, su excelente grado de maleabilidad y la resistencia a la corrosión ya que, estos factores ayudaron a lograr el incremento favorable de la resonancia en RPM de la motocicleta SUZUKI AX-100.
- La simulación de esfuerzo térmico permitió observar el comportamiento de los gases, en cuanto a variaciones de temperatura, iniciando con 140°C en el codo del sistema y terminando con 70°C, en la última sección del sistema

o stinger, comprobando así que el material escogido Acero Inoxidable AISI 304, que por ser de tipo ferrífico, no pierde sus estructura, frente a las variaciones de temperatura, por lo que es capaz de soportar el incremento o decremento de temperatura sin sufrir deformaciones.

- Debido al relativo bajo costo de los materiales y equipos usados en la construcción del sistema, constituye una excelente alternativa viable para elevar los parámetros de funcionamiento de motores de dos carreras.
- A través de la implementación del sistema se logró un adelanto en la velocidad de recorrido, ya que el TUNED PIPE al aumentar la resonancia en RPM, logra incrementar la velocidad de puesta en escena de la motocicleta, logrando recorrer 11 Km, con una velocidad promedio de 117.66 Km/h, a diferencia de la motocicleta sin TUNED PIPE incorporado que recorre 11 Km, a una velocidad 92.67 Km/h.

## 6.2. RECOMENDACIONES:

- Para el proceso de soldadura se debe llevar a cabo, un ensayo no destructivo de líquidos penetrantes, esta prueba ayuda a comprobar la efectividad del proceso de soldadura, debido a que el sistema no debe presentar fugas, ya que esto interfiere en el desempeño del incremento de parámetros del motor.
- Para el diseño del sistema se debe emplear software para obtener dimensiones y resultados de análisis aceptables y que permitan modificar o efectuar cambios factibles, para la mejora del sistema, sin elevados gastos de recursos económicos innecesarios.
- Se puede optimizar el rendimiento del motor, con nuevos estudios sobre otras opciones de materiales, que puedan ser más ligeros que se puedan encontrar en otros lugares del mundo, diferentes al Acero Inoxidable AISI 304, (existente en el país), que presenten las mismas o incluso mejores características técnicas, para ocuparlos en nuevos diseños.
- Considerar en los parámetros del diseño, el espacio disponible en la geometría de la motocicleta de tal forma que, la construcción y el montaje del sistema no afecte, a la forma y dimensiones estructurales de la motocicleta, así como también a la ergonomía y seguridad del pasajero.
- Tener cuidado con el manejo y transporte del TUNED PIPE, ya que por ser construido de un material muy liviano, no resiste ser sometido a grandes esfuerzos, ya que podría causar deformación en el material.
- Debido a que el sistema trabaja a altas revoluciones (RPM), el motor podría sufrir daños, por lo cual debe verificar el sistema de lubricación.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- BLAIR; GORDON, P. (1990). Automotive Engineering Design and simulation of stroke engines. Detroit, Michigan, USA: Society of Automotive Engineers.
- CANDO, O; SUASNAVAS, V. (2014). Diseño y construcción de un banco de pruebas dinamométrico para motos de 125 CC (Vol. 1). Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Espe.
- CASTRO, V. (1931). El motor de dos tiempos (Vol. VI). Madrid, España: CEAC.
- CEAC, Group. (2004). El motor de dos tiempos. En Manual del automóvil (pág. 41). Barcelona, España: Ceac S.A.
- CROUSE William ; ANGLID Donal. (1992). Motores de dos tiempos, Mecánica de la Motocicleta. Barcelona.: Marcombo.
- DACHANGJIANG GROUP CO. LTD. (2010). Manual del propietario SUZUKI AX 100.
- FIALLO, F. (2005). Diseño de la mejora en rendimiento de un motor Yamaha 125 refrigerado por aire. Latacunga: espe.
- GIACHINO J ; WEEKS W. (1981). Técnica y práctica de la soldadura, Soldadura TIG. Barcelona, España: Reverte.
- GONZÁLEZ, D. (2012). Motores térmicos y sus auxiliares. En D. G. Calleja. Madrid, España: Paraninfo.
- Norma IRAM 34501 . (2012). Guía para el diseño de cursogramas.
- Norma INEN 2 202. (2000). Norma técnica ecuatoriana. Límites Permitidos De Emisiones Por Ruido Producidas Por Fuentes Móviles Terrestres De Gasolina.

- RIBA, C. (2002). Diseño concurrente (Vol. I). Barcelona, España: Ediciones UPC.
- TIPPENS, P. (2011). Propiedades térmicas de la materia. En Ciencia e Ingeniería de los Materiales (pág. 777). Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- TRANTER, T. (1999). Motorcycle electrical techbook (Vol. III). USA: Haynes

## NETGRAFIA

- ARGUDELO, R. (2009). Motores Térmicos. Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/15932105/Breve-historia-de-los-motores-de-combustion>
- BARINOX. (2013). Características mecánicas. Recuperado el 09 de Agosto de 2014, de [www.barinox.com](http://www.barinox.com)
- CICLOMOTORES Argentinos. (05 de Agosto de 2014). ESCAPES RESONANTES. Recuperado el 09 de 10 de 2014, de <http://ciclosargentinos.mforos.com/44836/9093793-hablemos-de-escapes-resonantes/>
- DIESEL,Power. (2014). Automotive Aftermarket Group. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de [http://www.dieselpowermag.com/tech/1203dp\\_eight\\_companies\\_determined\\_to\\_change\\_diesel\\_engines\\_forever/photo\\_12.html](http://www.dieselpowermag.com/tech/1203dp_eight_companies_determined_to_change_diesel_engines_forever/photo_12.html)
- GOOGLE\_Maps. (s.f.). Google Maps. Recuperado el 27 de 03 de 2015, de <https://maps.google.com.ec/>
- KANNAN. (9 de Septiembre de 2011). BikeAdvine.in. Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de Supercharged Two Stroke Engine: <http://bikeadvice.in/supercharged-two-stroke-engine>
- MACS PRODUCTS. (s.f.). Exhaust Systems For The Discerning Modeler. Recuperado el 7 de Octubre de 2014, de <http://www.macspro.com/smokesys.asp>



- MÉXICO RC. (12 de Diciembre de 2012). Engineering Acoustics. Recuperado el 2 de Octubre de 2014, de Expansion Chamber: [http://Engineering\\_Acoustics/Authors](http://Engineering_Acoustics/Authors)
- POWERED BY EDUCATIVA. (s.f.). DEMO E-DUCATIVA CATEDU. Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de <http://educativa.catedu.es/44700165/sitio/>
- RC Modelismo. (s.f.). Samba Race Line, Pipe für MCD X4 Rally. Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de <http://www.rc-modelismo.com/Samba-Race-Line-Pipe-fuer-MCD-X4-Rally>
- RC-TRUCKS. (2004). Tuned Pipes. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de <http://www.rc-trucks.org/tuned-pipes.htm>
- RETO DAKAR. (18 de Enero de 2013). Como calcular el consumo de combustible. Recuperado el 27 de Marzo de 2015, de <http://www.ecbloguer.com/jaquemoto/?p=2044>
- Ruiz, P. (2010). Calidad de la Soldadura. Recuperado el 1 de 05 de 2015, de [http://www.metalactual.com/revista/23/procesos\\_soldadura.pdf](http://www.metalactual.com/revista/23/procesos_soldadura.pdf)
- SOLER, F. (s.f.). Atmosferis. Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de <http://www.atmosferis.com/>
- TECNOLOGÍA LCP. (02 de Marzo de 2012). Taringa. Recuperado el 08 de Septiembre de 2014, de Posts: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/14181680/Motor-de-Explosion-de-2-Tiempos-2-T.html>
- TODOMOTOS.pe. (11 de Junio de 2013). Mecánica y Mantenimiento. Recuperado el 26 de Noviembre de 2014, de <http://www.todomotos.pe/mecanica/2073-conoce-mas-sobre-sistema-de-enfriamiento-delmotor->