



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

*Simulación y validación del flujo de aire en un carburador Tillotson
para un motor de dos tiempos*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Autor:

Rubén Antonio Cuenca Chamba

Director:

Hernán Arturo Viteri Cerda

Cuenca, Ecuador

2012

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación se lo dedico a mis padres que gracias a ellos y su apoyo incondicional me enseñaron el valor de la dedicación y la superación, por que juntos nos hemos sacrificado para poder concluir con esta nueva etapa de mi vida, a mis hermanos que siempre han estado a lado mío apoyándome en lo que necesite y alentándome para cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado durante toda la elaboración del presente trabajo, al equipo de competencias Lojacar por ayudarme en la realización de las pruebas y a mi tutor guía por los conocimientos impartidos, por la dirección y la paciencia concedida a mi persona. Pero sobre todo agradezco a Dios, porque gracias a la sabiduría que nos brinda veo terminado este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---------------------------|-----|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimientos..... | iii |
| Índice de Contenidos..... | iv |
| Índice de figuras..... | vii |
| Índice de tablas..... | ix |
| Resumen..... | x |
| Abstract..... | xi |

| | |
|-------------------|---|
| Introducción..... | 1 |
|-------------------|---|

CAPÍTULO 1: FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR

| | |
|---|----|
| 1.1. Generalidades..... | 2 |
| 1.2. Principios físicos de hidrodinámica de partículas..... | 3 |
| 1.2.1. Principio de continuidad..... | 3 |
| 1.2.2. Principio de Bernoulli..... | 4 |
| 1.2.3. Principio de Venturi..... | 5 |
| 1.2.4. Viscosidad de un fluido | 6 |
| 1.2.5. Flujo laminar y turbulento..... | 7 |
| 1.3. Constitución del carburador..... | 8 |
| 1.3.1. Clasificación de los carburadores..... | 8 |
| 1.3.1.1. Carburadores de Venturi fijo..... | 8 |
| 1.3.1.2. Carburadores de Venturi variable..... | 11 |
| 1.3.2. Sistemas auxiliares de un carburador..... | 12 |
| 1.3.2.1. Circuito de alimentación de ralentí..... | 12 |
| 1.3.2.2. Bomba de aceleración..... | 13 |
| 1.3.2.3. Sistema automático corrector de mezcla..... | 14 |
| 1.3.2.4. Economizadores..... | 16 |
| 1.3.3. Dispositivos de arranque en frío..... | 18 |
| 1.4. CarburadorTillotson HL 334..... | 19 |
| 1.4.1. Funcionamiento del carburador Tillotson HL334..... | 22 |

CAPITULO 2: REDISEÑO DE LA TOBERA DEL CARBURADOR TILLOTSON**HL334**

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | Características geométricas del carburador Tillotson HL334..... | 24 |
| 2.2. | Cálculo de velocidades del aire dentro del carburador previo la modificación..... | 25 |
| 2.2.1. | Condiciones iniciales..... | 25 |
| 2.2.2. | Proceso de análisis..... | 25 |
| 2.2.3. | Cálculo de presión en el punto 1..... | 27 |
| 2.3. | Cálculo de velocidades del aire dentro del carburador luego de la modificación..... | 28 |
| 2.3.1. | Características geométricas del nuevo prototipo de tobera..... | 28 |
| 2.3.2. | Observaciones..... | 28 |
| 2.4. | Análisis de los bosquejos mediante un programa de mecánica de fluidos..... | 28 |
| 2.4.1. | Condiciones preliminares..... | 28 |
| 2.5. | Simulación del flujo de aire a través del carburador sin modificar..... | 29 |
| 2.6. | Simulación del flujo de aire a través del carburador modificado..... | 30 |
| 2.7. | Análisis de resultados..... | 32 |
| 2.7.1. | Velocidad del aire a la salida del carburador..... | 32 |
| 2.7.2. | Porcentajes de variación..... | 32 |

CAPITULO 3: CONVALIDACIÓN DEL DISEÑO DE LA TOBERA MEDIANTE ENSAYOS EXPERIMENTALES

| | | |
|----------|---|----|
| 3.1. | Condiciones de las pruebas..... | 35 |
| 3.2. | Resultado de las pruebas..... | 38 |
| 3.2.1. | Resultado de las pruebas utilizando la tobera original..... | 38 |
| 3.2.1.1. | Resultados en la zona rápida..... | 38 |
| 3.2.1.2. | Resultados en la zona trabada..... | 39 |
| 3.2.2. | Resultado de las pruebas utilizando la tobera modificada..... | 38 |
| 3.2.2.1. | Resultados en la zona rápida..... | 39 |
| 3.2.2.2. | Resultados en la zona trabada..... | 40 |
| 3.3. | Análisis de los resultados..... | 41 |
| 3.3.1. | Resumen de resultados promedio..... | 41 |
| 3.3.2. | Diferencia entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto al tobera mejorada..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 3.3.3. Porcentaje de variación entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto a la tobera mejorada..... | 42 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 43 |
| Bibliografía..... | 45 |
| Anexo 1..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Fluido a través de un conductor con sección variable..... | 3 |
| Figura 1.2: Tubo de Venturi..... | 6 |
| Figura 1.3: Esquema elemental de un carburador..... | 8 |
| Figura 1.4: Clasificación de los carburadores de surtidor fijo, en función de la posición del surtidor..... | 9 |
| Figura 1.5: Carburadores dobles..... | 10 |
| Figura 1.6: Carburador cuádruple..... | 11 |
| Figura 1.7: Esquema de la constitución de un carburador de Venturi variable..... | 11 |
| Figura 1.8: Esquema del circuito de alimentación de Ralentí..... | 12 |
| Figura 1.9: Orificios de progresión de la aceleración..... | 13 |
| Figura 1.10: Esquema del circuito de la bomba de aceleración por émbolo inyector..... | 14 |
| Figura 1.11: Esquema del funcionamiento del corrector de mezcla por compensación en el surtidor principal..... | 15 |
| Figura 1.12: Esquema de un sistema de corrección de mezcla con surtidor auxiliar y pozo de compensación..... | 16 |
| Figura 1.13: Esquema de funcionamiento de un economizador por freno de combustible..... | 17 |
| Figura 1.14: Esquema del funcionamiento del economizador por regulación del aire de compensación..... | 18 |
| Figura 1.15: Carburador Tillotson HL 334..... | 19 |
| Figura 1.16: Despiece del carburador Tillotson HL 334B..... | 20 |
| Figura 1.17: Esquema del carburador Tillotson HL334..... | 22 |
| Figura 1.18: Funcionamiento del carburador Tillotson HL334 en Ralentí..... | 23 |
| Figura 1.19: Funcionamiento del carburador Tillotson HL334 en aceleración..... | 23 |
| Figura 2.1: Geometría del carburador original..... | 24 |
| Figura 2.2: Posición de la válvula de aceleración para el análisis..... | 26 |
| Figura 2.3: Características geométricas relevantes del carburador luego de la modificación..... | 28 |
| Figura 2.4: Propiedades físicas del aire..... | 29 |
| Figura 2.5: Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°..... | 30 |
| Figura 2.6: Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°..... | 30 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.7: Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°..... | 31 |
| Figura 2.8: Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°..... | 31 |
| Figura 2.9: Líneas de trayectoria del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°..... | 32 |
| Figura 2.10: Líneas de trayectoria del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°..... | 33 |
| Figura 3.1: Computador a bordo Michrom AIM 3..... | 35 |
| Figura 3.2: Karting de prueba..... | 35 |
| Figura 3.3: Fotografía durante la realización de las pruebas..... | 36 |
| Figura 3.4: Sensor colocado en la pista..... | 36 |
| Figura 3.5: Levantamiento del Kartodromo Municipal de Loja..... | 37 |
| Figura 3.6: Información mostrada en el computador a bordo del vehículo de pruebas..... | 38 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Descripción de los componentes de un carburador Tillotson HL334..... | 21 |
| Tabla 2: Velocidad del aire a la salida del carburador..... | 32 |
| Tabla 3: Porcentajes de variación..... | 32 |
| Tabla 4: Especificaciones del vehículo y motor..... | 34 |
| Tabla 5: Resultados en la zona rápida..... | 38 |
| Tabla 6: Resultados en la zona trabada..... | 39 |
| Tabla 7: Resultados en la zona rápida..... | 39 |
| Tabla 8: Resultados en la zona trabada..... | 40 |
| Tabla 9: Resumen de resultados promedio..... | 41 |
| Tabla 10: Diferencia entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto al tobera mejorada..... | 42 |
| Tabla 11: Porcentaje de variación entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto a la tobera mejorada..... | 42 |



**Simulación y validación del flujo de aire en un carburador
Tillotson para un motor de dos tiempos**

RESUMEN

Para simular varias alternativas de flujo de aire en el carburador, mediante un programa computacional CFD para optimizar la velocidad el flujo de salida de la mezcla y verificar los resultados obtenidos en el programa CFD, para determinar el incremento o no de la potencia del motor, se diseño varias alternativas en el programa computacional y se observó el comportamiento del aire que circula a través del carburador, se lo valido mediante pruebas experimentales en un circuito cerrado, obteniendo un incremento de potencia comprobado mediante la disminución de tiempo por vuelta en la pista sin variar las calibraciones de agujas del carburador.

Palabras claves: flujo, velocidad, mezcla, carburador.



Ruben Antonio Cuenca Chamba

Autor



Ing Hernán Arturo Viteri Cerda

Director

Handwritten signature in red ink
070212

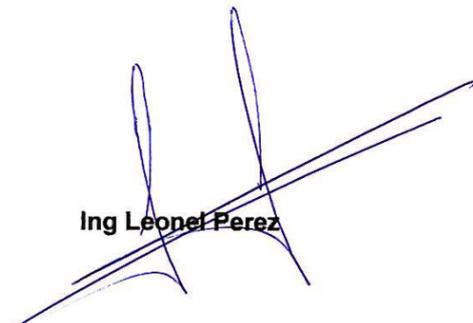
**Simulación y validación del flujo de aire en un carburador
Tillotson para un motor de dos tiempos**

ABSTRACT

To simulate several airflow alternatives in the carburetor, by means of a computer program CFD to optimize the speed the flow of exit of the air/fuel and to verify the results obtained in the program CFD, to determine the increase or not of the potency of the engine, several alternatives are designed in the computer program and there was observed the behavior of the air that circulates through the carburetor, the worth by means of experimental tests in a closed circuit, obtaining an increase of potency verified by means of the decrease of time for return in the track without changing the calibrations of needles of the carburetor.


Ruben Antonio Guenca Chamba
Autor


Ing Hernán Arturo Viteri Cerda
Director


Ing Leonel Perez

Rubén Antonio Cuenca Chamba

Trabajo de graduación

Hernán Arturo Viteri Cerda

Enero del 2012

Simulación y validación del flujo de aire en un carburador Tillotson para un motor de dos tiempos

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de experimentar y evaluar técnicas modernas de diseño mecánico asistidas por computador, las cuales presentan varias ventajas con respecto al procedimiento tradicional, estas se resumen en mejorar la eficiencia de este proceso al disminuir significativamente el costo operacional, reduciendo los tiempos de diseño, ensayo y experimentación.

Estas ventajas resultan significativas al momento de diseñar elementos mecánicos utilizados en la industria automotriz, y más aún en el mercado de las competencias automovilísticas, las cuales son para los fabricantes de vehículos automóviles la mejor vitrina para exhibir sus productos. Así las mejoras que logren los diseñadores, aun cuando estas aporten tan solo con reducir algunas centésimas de segundo en una carrera, les representarán grandes remuneraciones económicas.

El propósito de este trabajo de investigación consiste en rediseñar la tobera de ingreso de aire del carburador Tillotson HL334, con la intención de conseguir un mejor llenado del cilindro del motor de un vehículo "Karting" de competencia y así incrementar la potencia útil del mismo; para este cometido se utilizará un programa de computadora que permite simular el comportamiento de los fluidos.

CAPITULO I

FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR

1.1. Generalidades

El carburador es el elemento encargado de preparar la mezcla de aire y combustible en los motores de ciclo Otto¹; esta mezcla se la realiza de forma que el motor pueda transformar con facilidad la energía térmica liberada en su combustión en energía mecánica entregada a las ruedas de los vehículos automóviles; la mezcla de aire y combustible tiene que ser correctamente dosificada para cada uno de los diferentes regímenes a los que trabaja el motor, además tiene que adaptarse a las diferentes fases de transición, como lo son las etapas de aceleración rápida y desaceleración – descompresión. Por esta razón el carburador resulta de mucha importancia para el correcto funcionamiento de los motores e incide directamente en el rendimiento y la potencia que estos desarrollan.

A lo largo de los años, este elemento ha evolucionado notablemente en su diseño a partir de su modesto diseño original, concebido como un surtidor de combustible pulverizado, hasta convertirlo hoy por hoy en un elemento cuidadosamente diseñado y en el cual se utilizan elementos electrónicos y neumáticos muy precisos y complejos para su control; esto con el fin de obtener además de las más altas prestaciones en los motores, el brindar a los ocupantes de los automóviles confort y seguridad, al tener un arranque rápido y confiable, funcionamiento armónico, silencioso y sobre todo fiable.

Cabe señalar que la nueva concepción de los sistemas electrónicos de inyección de combustible han sido desarrollados con el fin de optimizar el proceso de alimentación de los motores de una forma mucho más simple y por ende mejor, que con la utilización de carburadores. No obstante, los sistemas de inyección indirecta de combustible² no han sido aplicados a los motores de ciclo Otto de cilindros pequeños, ya que no aportan significativamente a mejorar el rendimiento y prestaciones de los mismos. Además que la relación costo – beneficio resultaría muchas veces inverosímil.

¹ Motores de Ciclo Otto son motores alternativos que funcionan en dos o cuatro tiempos, desarrollando cuatro fases: Admisión, compresión, explosión-expansión y escape.

²La inyección indirecta de combustible, consiste en suministrar mediante inyectores el comburente antes de la válvula de admisión, en los motores alternativos.

1.2. Principios físicos de hidrodinámica de partículas

La hidrodinámica es la parte de la mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos cuando estos se encuentran en movimiento. Para comprender el funcionamiento del carburador se requieren algunos de sus principios elementales; entre ellos: el principio de continuidad, el principio de Bernoulli, el efecto Venturi, viscosidad de los fluidos y nociones del comportamiento del fluido en alusión al comportamiento intermolecular que puede tornar a este en un flujo lineal o turbulento.

1.2.1. Principio de continuidad

El principio de continuidad establece la ley de conservación de la masa del fluido a través de dos secciones -sean éstas A_1 y A_2 (Figura 1.1) de un conductor o tubería, se establece que la masa que entra al conductor o hilo de corriente es igual a la masa que sale. Esto considerando que el aire se comporta como un fluido Newtoniano, en el cual la viscosidad del fluido permanece constante, inclusive en las zonas en las que tiene contacto con la tubería.

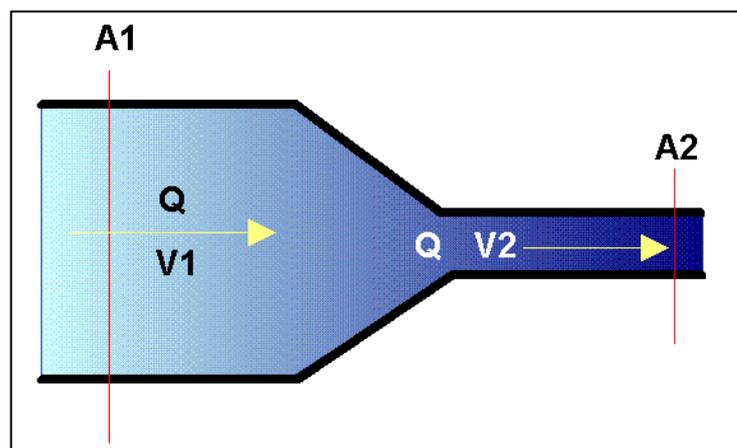


Figura 1.1 Fluido a través de un conductor con sección variable

La ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \quad [1.1]$$

En donde:

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

A=Área o sección transversal del conductor (m^2)

v=Velocidad del fluido (m/s)

Otra forma de expresar el principio de continuidad, consiste simplemente en considerar al caudal de flujo a lo largo del conductor como constante, así:

$$Q_1 = Q_2 [1.2]$$

A continuación se indican dos maneras de obtener el caudal volumétrico

Ecuación de caudal volumétrico: $Q = A \cdot v$ [1.3]

En donde:

- Q = caudal (m^3 / s)
- A=Área o sección transversal del conductor (m^2)
- v=Velocidad del fluido (m/s)

Ecuación de caudal volumétrico: $Q = V/t$ [1.4]

En donde:

- Q = Caudal (m^3 / s)
- V = Volúmen (m^3)
- t = Fracción de tiempo(s)

1.2.2 Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli describe el comportamiento de un fluido Newtoniano moviéndose a lo largo de una línea de corriente, y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la

energía total que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. Para considerar este principio además se debe considerar que el flujo es completamente laminar, como se explicará luego. La energía de un fluido en cualquier momento consta de:

-Energía cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.

-Energía potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud o diferencial de potencial que un fluido posea.

-Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

Así, la ecuación que expresa el principio de conservación de la energía a lo largo de un hilo de corriente, o en un conductor es:

$$\frac{v^2 \rho}{2} + \rho \cdot g \cdot h + P = Cte \quad [1.5]$$

En donde:

g = Aceleración de la gravedad = 9.8 m/s^2

h = Diferencia de altura entre un punto y otro del fluido (m)

P = Presión (Pa)

v =Velocidad del fluido (m/s)

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

1.2.3 Principio de Venturi

El efecto Venturi denota el comportamiento de un fluido el cual fluye a través de un conductor al cual se ha practicado un estrechamiento en una porción longitudinal, -Figura 1.2- Al considerar el principio de continuidad –ecuación 1.1- si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección; Por el principio de Bernoulli –ecuación 1.2-; Si la velocidad del fluido aumenta, la energía cinética lo hará de igual forma, y ya que la energía total del fluido debe permanecer constante y al no haber potencial gravitacional, se establece que la presión disminuye forzosamente en ese punto estrecho del conductor.

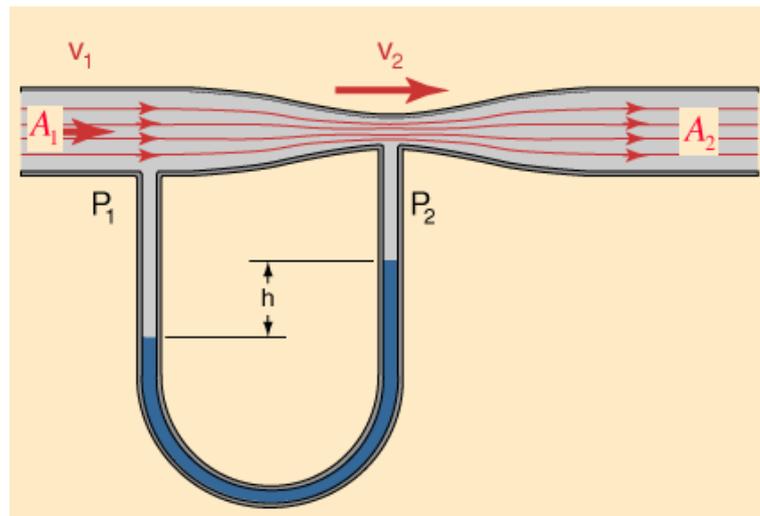


Figura1.2. Tubo de Venturi

Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/fluids/venturi.html>

1.2.4 Viscosidad de un fluido

La viscosidad es la oposición de un fluido (μ) a las deformaciones tangenciales medido en kg/m.s. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en fluidos en movimiento. En otras palabras, la medida de la viscosidad representa la oposición que tiene un fluido a moverse, lo cual es efecto del rozamiento intermolecular del fluido en sí. En cambio la viscosidad cinemática (ν) es el cociente entre el factor de viscosidad y la densidad del fluido. Y se mide en $\text{m}^2\cdot\text{s}$. Así:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad [1.6]$$

En donde:

ν = viscosidad cinemática ($\text{m}^2\cdot\text{s}$)

μ = viscosidad del fluido ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

1.2.5 Flujo laminar y turbulento

Cuando un fluido se mueve, puede hacerlo de diferente forma de acuerdo al comportamiento intermolecular de su estructura con relación al entorno. Así si el fluido se mueve ordenadamente y formando capas lineales o laminares, este resultado mucho más fácil de estudiar y predecir su comportamiento, a este tipo de fluidos se puede aplicar directamente los principios de conservación de la energía enunciados anteriormente, en cambio si el fluido se comporta de forma errática, formando vórtices y desprendimientos se lo llama flujo turbulento y su estudio se lo realiza mediante la aplicación de campos vectoriales. Para anticipar si el movimiento de un fluido será laminar o turbulento se utiliza el número de Reynolds el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad [1.7]$$

En donde:

Re: es el número de Reynolds (a dimensional)

v: es la velocidad del fluido (m/s)

D: es el diámetro de la tubería o conductor (m)

ν : es la viscosidad cinemática del fluido ($\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

Si el número de Reynolds es inferior a 2000, se puede afirmar con certeza que el movimiento del fluido será laminar, en cambio si este tiene un valor de 2000 – 4000, se sabe que existirán algunos desprendimientos y el fluido empezará a tornarse turbulento, pero en realidad no existe la certeza del régimen de este fluido, en cambio si este número es superior a 4000, con certeza se sabe que el movimiento del fluido será turbulento, y la energía necesaria para su formación se la conoce como energía cinética turbulenta –k-

1.3 Constitución del carburador

El funcionamiento del carburador elemental está basado en el efecto Venturi, - Figura1.3- La tobera o garganta del carburador ha sido estrechada, precisamente para conseguir este efecto, en esta sección se dispone de un surtidor de combustible, el cual está comunicado directamente con la cuba o depósito de combustible del carburador. Cuando la válvula de aceleración se abre, el aire circula a través de la garganta y produce una depresión en la parte angosta de la misma; esta depresión absorbe combustible desde la cuba a través de un paso calibrado (ciclón), el combustible que ingresa a la garganta es arrastrado por la corriente de aire, la cual se encarga de homogenizarlo debido a la turbulencia que intencionalmente se genera en el múltiple de admisión.

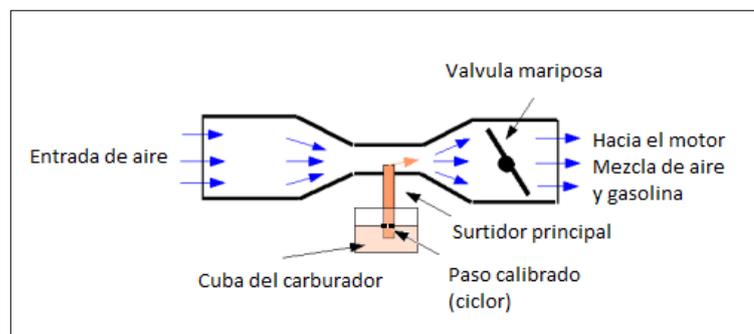


Figura1.3. Esquema elemental de un carburador

1.3.1 Clasificación de los carburadores

1.3.1.1 Carburadores de Venturi fijo

La mayoría de carburadores que se utilizan en los vehículos automóviles son de este tipo, en ellos el estrechamiento practicado en la garganta del carburador - Venturi- permanece constante, de esta manera se consigue una depresión constante en esta zona para cada régimen del motor. Esta depresión varía en función de la cantidad de aire aspirado, es decir varía en función de la posición de la válvula de aceleración. Dentro de este tipo de carburadores se pueden enumerar tres tipos de disposiciones, carburadores dispuestos de forma vertical ascendente, vertical descendente y horizontales.

Los carburadores verticales son los más utilizados en automóviles, difieren el ascendente y el descendente únicamente por el sentido en el que circula el aire, siendo más común el carburador vertical descendente. En cambio los carburadores

horizontales son utilizados generalmente en motores de cilindraje menor y sobre todo en motores estacionarios que generalmente trabajan a un régimen de revoluciones constante. –Figura1.4-.

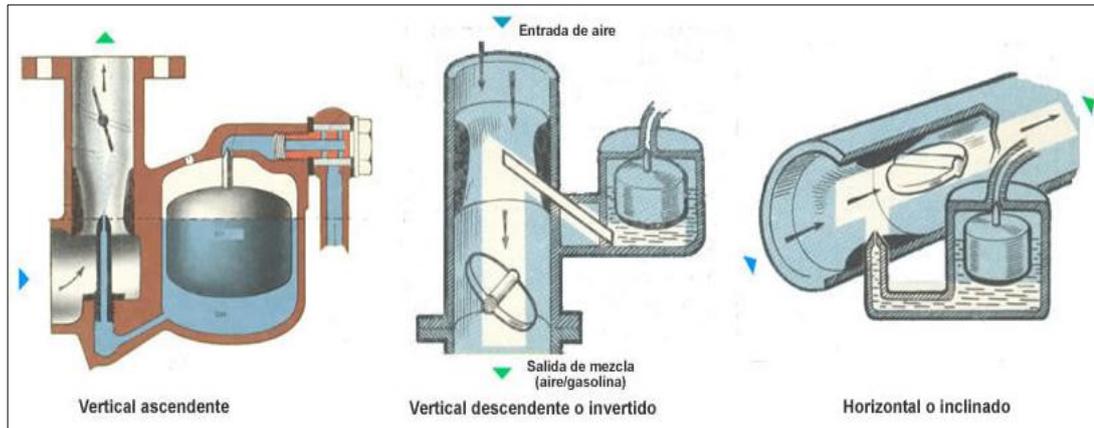


Figura 1.4. Clasificación de los carburadores de surtidor fijo, en función de la posición del surtidor

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador3.htm>

Con el fin de mejorar la dosificación de la mezcla para cada régimen de revoluciones de motor, algunos motores utilizan carburadores de múltiples toberas, entre ellos se destacan los carburadores dobles y los cuádruples. Esto debido principalmente a la gran cantidad de caudal de aire que se necesita que circule a través de los mismos, para poder llenar el volumen de los cilindros, o en su defecto para impedir la estrangulación del aire.

Carburadores dobles:

Este carburador está formado por dos carburadores simples, unidos en un cuerpo común. Dentro de los carburadores dobles existe otra subclasificación, los carburadores dobles escalonados y los independientes. El carburador doble escalonado utiliza una tobera para el funcionamiento del motor a bajas revoluciones, mientras tanto, la válvula de aceleración de la otra tobera permanece cerrada, a medida que se requieran mayor número de revoluciones del motor, un mecanismo escalonado abrirá paulatinamente la válvula de aceleración del segundo cuerpo, con lo cual se incrementa el flujo de mezcla de aire y combustible hacia los cilindros, además la dosificación tiende a enriquecer esta mezcla,

En cambio los carburadores dobles independientes utilizan dos colectores de admisión independientes, los cuales desembocan por separado en los cilindros del motor. De esta forma se consigue un mejor llenado de los mismos y un perfecto equilibrio en relación con la mezcla, estos carburadores comparten un solo mando y requieren ser perfectamente calibrados para proporcionar la misma cantidad de combustible a todos los cilindros. –Figura1.5-

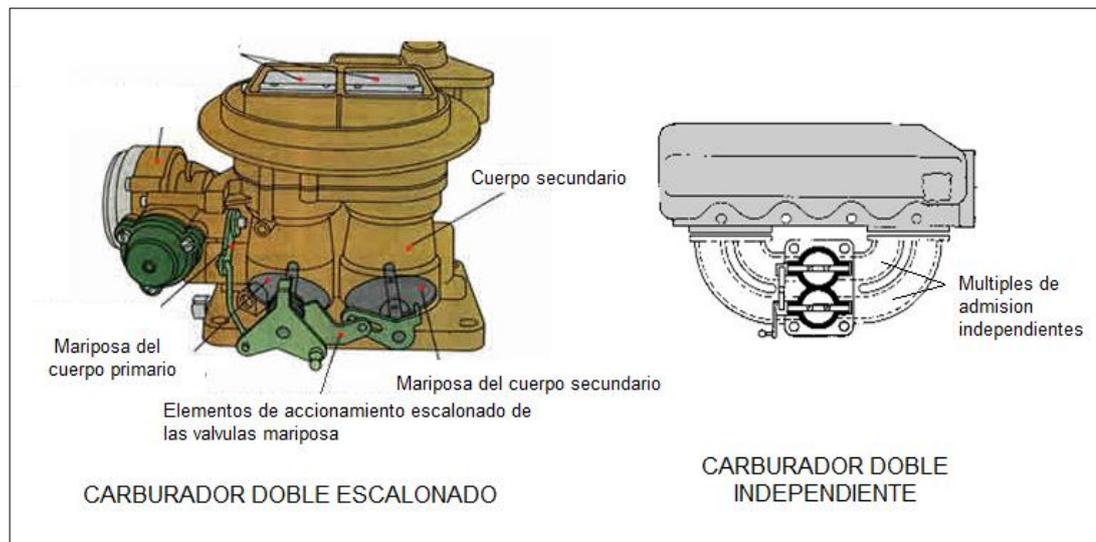


Figura1.5. Carburadores dobles

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador3.htm>

Carburadores cuádruples: Es una combinación de dos carburadores dobles, se trata de dos carburadores de doble cuerpo unidos para formar un carburador cuádruple. Estos carburadores se utilizan principalmente en motores en V de 8 cilindros. Está formado por 4 cuerpos de carburador con un depósito de combustible común para todos los cilindros. De los 4 cuerpos dos son principales, sirviendo cada uno para alimentar a 4 cilindros del motor y los otros dos cuerpos son secundarios y trabajan únicamente a altas revoluciones. Los cuerpos principales tienen unidas físicamente las válvulas de aceleración mediante un eje común, un mecanismo escalonado abre las válvulas de aceleración de los cuerpos secundarios, los cuales también funcionan solidariamente. –Figura1.6-

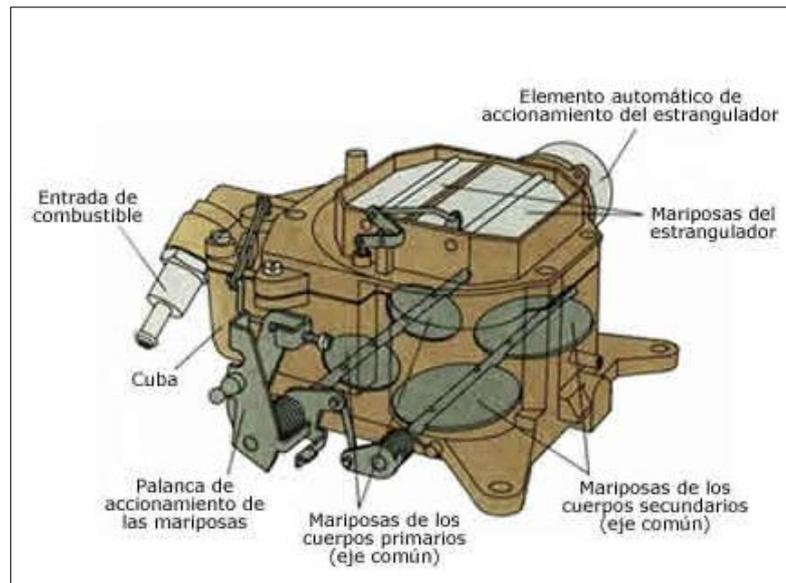


Figura1.6. Carburador cuádruple

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador3.htm>

1.3.1.2 Carburadores de Venturi variable

Este tipo de carburador se caracteriza por tener el Venturi variable y suele colocarse de forma horizontal. La sección del Venturi se controla por una válvula de vacío, la cual aumenta o disminuye el diámetro de dicha sección en función de las condiciones de funcionamiento del motor. Para ello necesitará una toma de vacío proveniente del múltiple de admisión. De esta forma se regula en todo momento y de una forma automática, la riqueza de la mezcla. –Figura1.7-

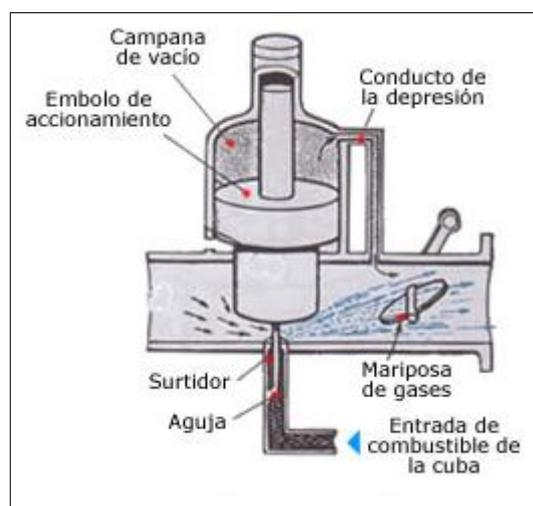


Figura1.7. Esquema de la constitución de un carburador de Venturi variable.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador3.htm>

1.3.2 Sistemas auxiliares de un carburador

1.3.2.1. Circuito de alimentación de ralentí

El funcionamiento del motor a régimen de ralentí se consigue introduciendo una pequeña cantidad de combustible por debajo de la válvula de aceleración, cuando esta permanece cerrada. Comúnmente la velocidad de motor en este régimen es inferior a 1000 revoluciones por minuto. A través de su recorrido el combustible pasa en primer lugar desde el depósito del carburador por un paso calibrado—ciclón de bajas revoluciones— hacia el emulsificador de la gasolina, el cual permite el ingreso de pequeñas cantidades de aire, el cual es arrastrado por el torrente de gasolina, formando pequeñas burbujas, las cuales posteriormente facilitarían la pulverización del combustible en el múltiple de admisión. Antes de salir a la tobera del carburador, el combustible pasa por un paso calibrable, el cual permite aportar mayor o menor cantidad de combustible al torrente de aire que atraviesa el carburador, a este tornillo se lo conoce como el tornillo de ajuste de CO³. Figura 1.8.

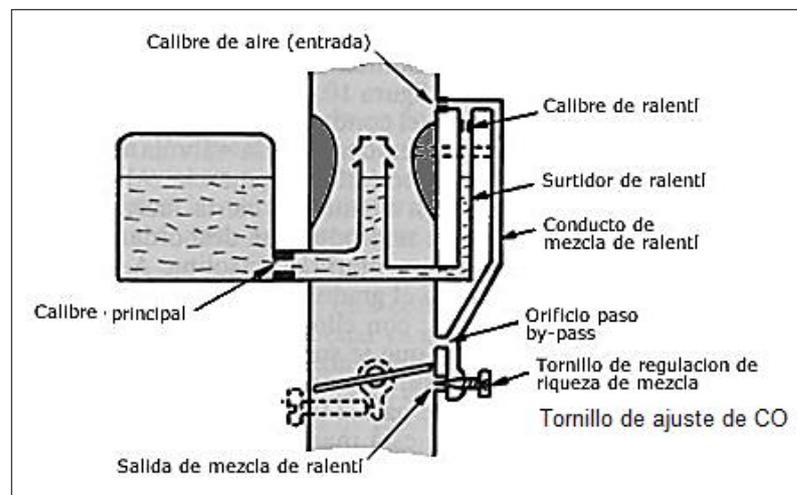


Figura 1.8. Esquema del circuito de alimentación de Ralentí.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

Para cambiar la condición del motor de funcionar a régimen de ralentí a un régimen de revoluciones superior, la válvula de aceleración se abre progresivamente, aumenta el caudal de aire pero el surtidor principal de combustible no funciona inmediatamente porque todavía no hay depresión suficiente, como consecuencia se empobrece la mezcla y el motor falla. Para evitar este problema, se disponen de

³ CO – Monóxido de carbono, es un gas altamente venenoso que se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos, cuando la relación aire – combustible es demasiado rica.

unos agujeros “by – pass”, los cuales están ubicados por encima de la válvula de aceleración, cuando esta se encuentra cerrada. Al acelerar el motor estos agujeros son liberados y se transmite a través de ellos combustible en pequeñas cantidades, compensándose de esta forma la cantidad de combustible necesaria para el funcionamiento normal del motor. –Figura1.9-

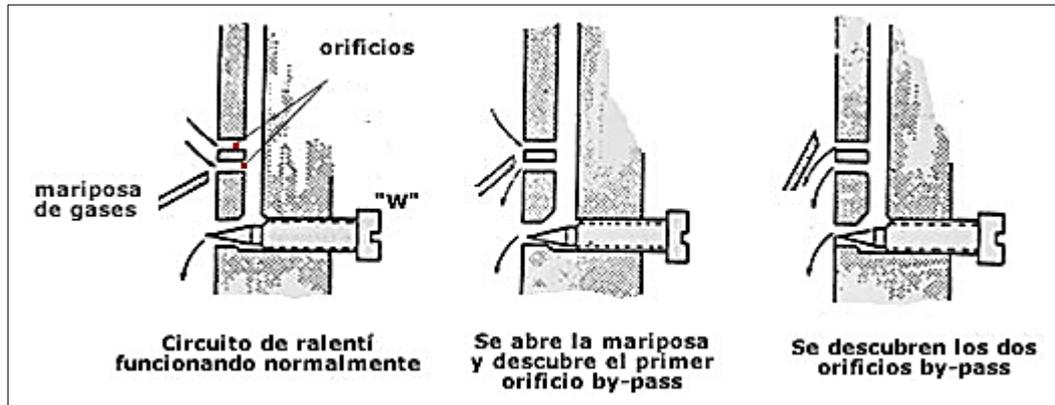


Figura 1.9. Orificios de progresión de la aceleración.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

1.3.2.2. Bomba de aceleración

El cometido de la bomba de aceleración es el de aportar una cantidad adicional de combustible al circuito principal, con objeto de enriquecer momentáneamente la mezcla y obtener la potencia máxima instantánea del motor, cuando se necesite acelerar bruscamente el régimen del mismo. Existen varios tipos de bombas de aceleración, de los cuales, el más común es el mecanismo de émbolo inyector, el cual utiliza un émbolo, que movido también por la válvula de aceleración de gases aspira combustible a través de una válvula anti retorno y llena así la cámara de carga de combustible auxiliar, cuando el émbolo es empujado hacia abajo por la palanca de mando, se bombea el combustible a través de la válvula anti retorno de salida hacia el tubo inyector situado en la garganta del carburador. – Figura 1.10-

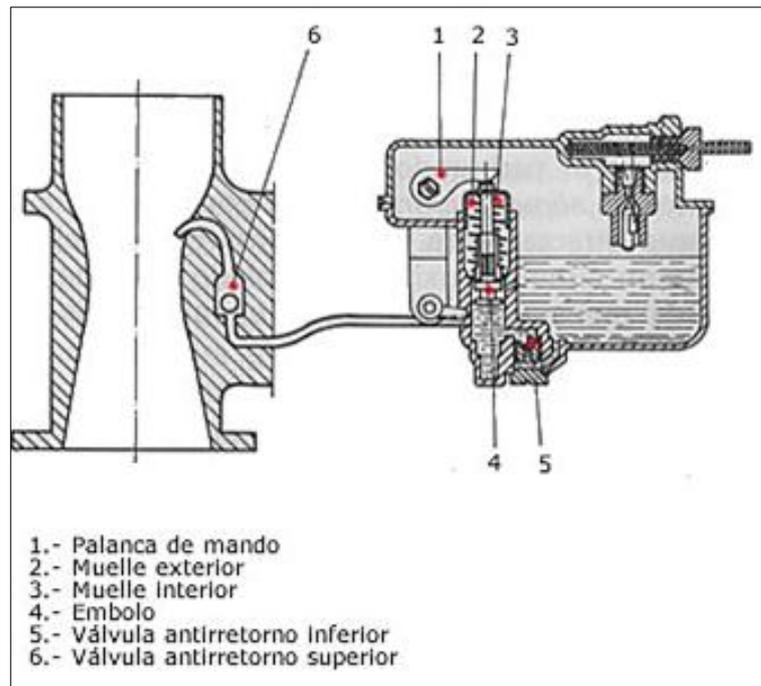


Figura1.10. Esquema del circuito de la bomba de aceleración por émbolo inyector.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

1.3.2.3. Sistema automático corrector de mezcla

Cuando el motor alcanza altas revoluciones, la mezcla de aire y combustible se enriquece innecesariamente, Para disminuir el caudal de combustible en esos momentos el sistema automático corrector de mezcla entra en funcionamiento y utiliza el flujo de aire aspirado. El sistema corrector de mezcla puede ser de dos tipos: Por compensación del aire sobre el surtidor principal o por surtidor auxiliar y pozo de compensación.

Corrector de mezcla por compensación en el surtidor principal

En el recorrido del combustible hacia el surtidor principal se dispone de un cilindro llamado pozo compensador en cuyo interior se encuentra un emulsificador, el cual consiste en un vástago taladrado longitudinalmente y en la parte superior del mismo se han practicado pequeños agujeros radiales. Cuando el motor acelera a bajas revoluciones el nivel de combustible llena completamente la cámara del pozo compensador debido a que el paso calibrado o ciclor está calculado con este propósito. Una vez que el motor acelera a revoluciones elevadas la cantidad de

combustible que necesita el mismo incremento, pero el ciclón no permite un caudal de combustible superior, por esta razón la cota del pozo compensador disminuye, liberando los agujeros radiales del emulsificador por los cuales ingresa aire desde la garganta del carburador, empobreciendo aún más la mezcla y dosificándola correctamente para este régimen del motor.-Figura1.11-

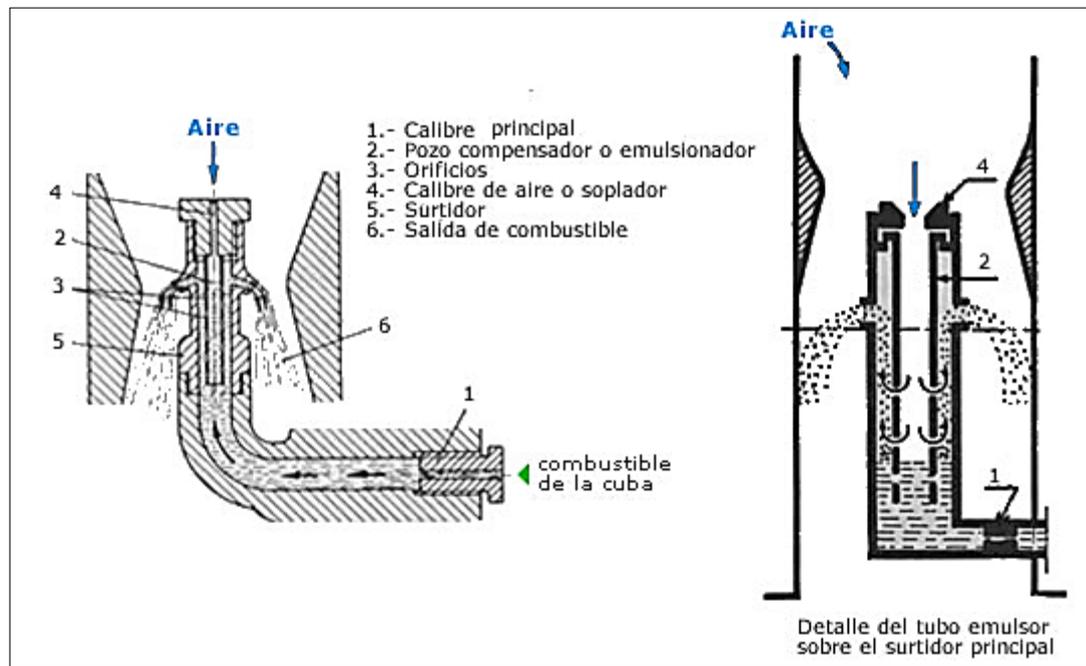


Figura1.11. Esquema del funcionamiento del corrector de mezcla por compensación en el surtidor principal.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

Corrector de mezcla con surtidor auxiliar y pozo de compensación

Este mecanismo cuenta con un pozo auxiliar el cual cuenta también con un surtidor propio, este se encuentra en una sección más angosta de la garganta del carburador con respecto al surtidor principal de combustible. Adicionalmente el paso calibrado de combustible a este es inferior con respecto al ciclón del surtidor principal. A medida que se incrementan las revoluciones del motor, el pozo compensador baja su cota paulatinamente ya que la demanda de combustible hacia este surtidor es mayor a la del surtidor principal y debido al paso restringido de combustible del depósito, cuando el motor alcanza altas revoluciones el pozo compensador estará vacío y por él circulará aire procedente de la garganta del

carburador, empobreciéndose la mezcla y ajustándose a los requerimientos de combustible normales del motor. – Figura1.12-

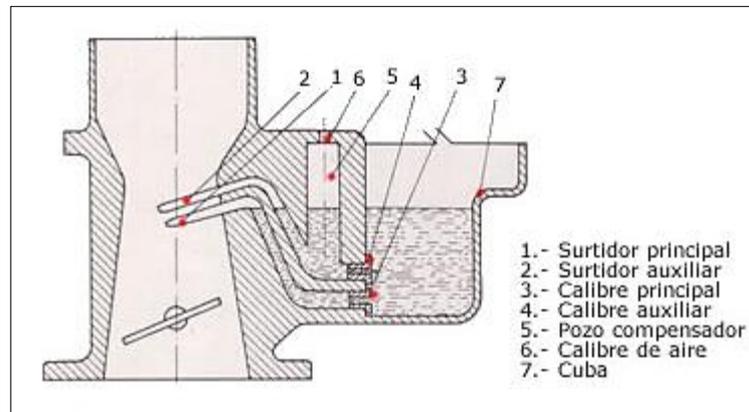


Figura1.12. Esquema de un sistema de corrección de mezcla con surtidor auxiliar y pozo de compensación.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

1.3.2.4. Economizadores

Bajo ciertas condiciones de funcionamiento algunos carburadores disponen de mecanismos que adicionalmente a los que permiten la corrección de la mezcla a altas revoluciones, permiten economizar combustible a bajas revoluciones; a estos mecanismos se los conoce como economizadores. Los economizadores de combustible actúan cuando no se requiere la potencia máxima del motor. Los sistemas empleados para este propósito pueden ser de dos tipos :Economizador por reducción de caudal de combustible y economizadores por regulación del aire de compensación

Economizadores por reducción de caudal de combustible

Se consigue economizar combustible mediante este mecanismo, porque se utiliza un paso calibrado o ciclón principal de menor tamaño. Su funcionamiento es elemental y consiste en un conducto que comunica directamente el depósito de combustible con la garganta del carburador, convirtiéndose así en un surtidor de combustible adicional; con la particularidad de que se ubica en una sección relativamente grande de la garganta del carburador. Con estas particularidades a través de este surtidor circulara combustible únicamente cuando el motor funcione a altas revoluciones debido a la gran cantidad de caudal de aire que se requiere para lograr el vacío que absorbe el combustible.–Figura 1.13-

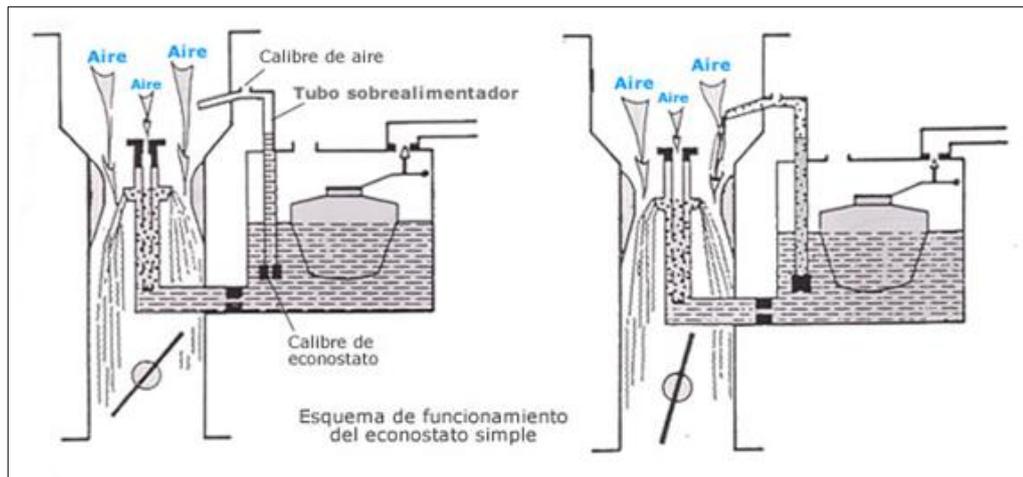


Figura 1.13. Esquema de funcionamiento de un economizador por freno de combustible

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

Economizador por regulación de aire de compensación

Este mecanismo se coloca como apéndice de un sistema de corrección de mezcla por surtidor auxiliar y pozo compensador y restringe el paso de aire. Al igual que en el sistema economizador por reducción de caudal, la economía de combustible se consigue al utilizar ciclos de calibres inferiores. El funcionamiento del corrector de mezcla por surtidor auxiliar y pozo compensador no varía, y por ello el pozo estará vacío y permitirá el paso de aire empobrecedor cuando el motor funcione hasta cierto número de revoluciones; cuando se requiera enriquecer la mezcla de aire y combustible, es decir a altas revoluciones del motor, una válvula de paso que es controlada directamente por el vacío de la garganta del carburador cierra el paso de aire, permitiendo que el pozo compensador vuelva a llenarse y proveer de combustible adicional a través del surtidor secundario.-Figura 1.14-

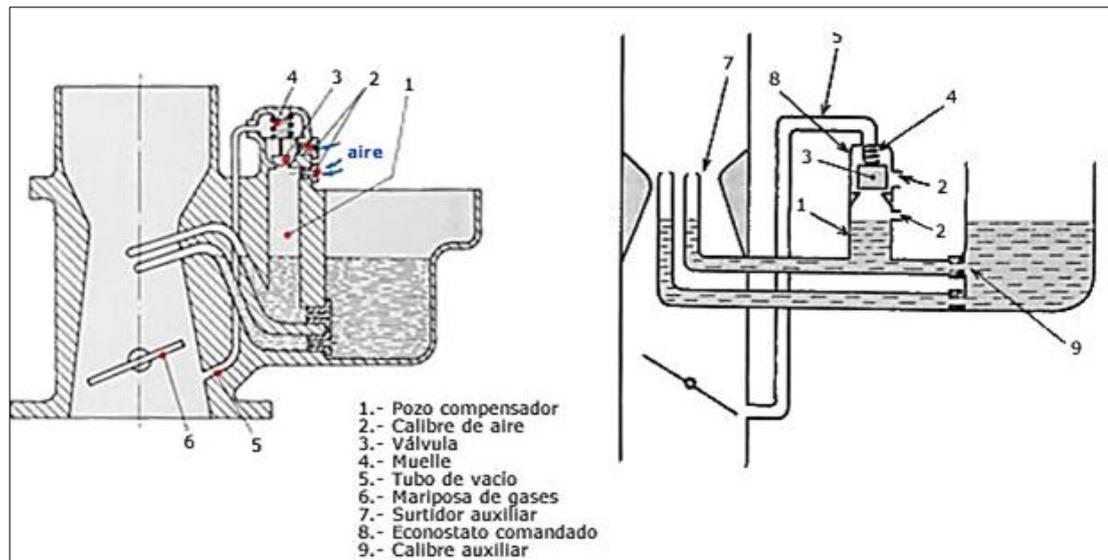


Figura 1.14. Esquema del funcionamiento del economizador por regulación del aire de compensación.

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/carburador2.htm>

1.3.3. Dispositivos de arranque en frío

Cuando el medio ambiente es frío, las paredes del colector de admisión pueden condensar parte del combustible suministrado por el carburador, empobreciendo la mezcla y con riesgo de dejar pasar gasolina líquida al interior del motor. Por esta razón se requiere de un mecanismo que permita enriquecer la mezcla de aire y combustible durante el encendido en frío. El estrangulador no es más que una válvula de aceleración ubicada en la parte superior del carburador, la cual al ser accionada restringe el paso del aire a través de la garganta del carburador; al haber disminución en la cantidad de aire que ingresa al motor, con una aspiración de combustible relativamente similar, esta mezcla es enriquecida.

El accionamiento del estrangulador puede ser directo, si se utiliza cable o cualquier otro tipo de varillaje que actúe directamente sobre él, en este caso le corresponde al conductor del vehículo accionar este dispositivo en la mañana cuando el motor este frío. En cambio si el accionamiento es automático puede ser: mediante un resorte de contracción bimetálico, eléctrico o mediante un elemento termo dilatante, en este caso no es responsabilidad del conductor accionar o no este mecanismo.

1.4. Carburador Tillotson HL 334

En el presente estudio se pretende mejorar las prestaciones de un carburador Tillotson HL 334, - Figura1.15- el cual es utilizado en los motores de competición de Karting. Se trata de un carburador horizontal de aporte rápido de combustible, el cual se entrega en función de la depresión existente en el venturi del mismo. Es un carburador ligero, de aluminio fundido a presión, y consta de los siguientes elementos. –Figura1.16-, tabla 1.



Figura 1.15. Carburador Tillotson HL 334

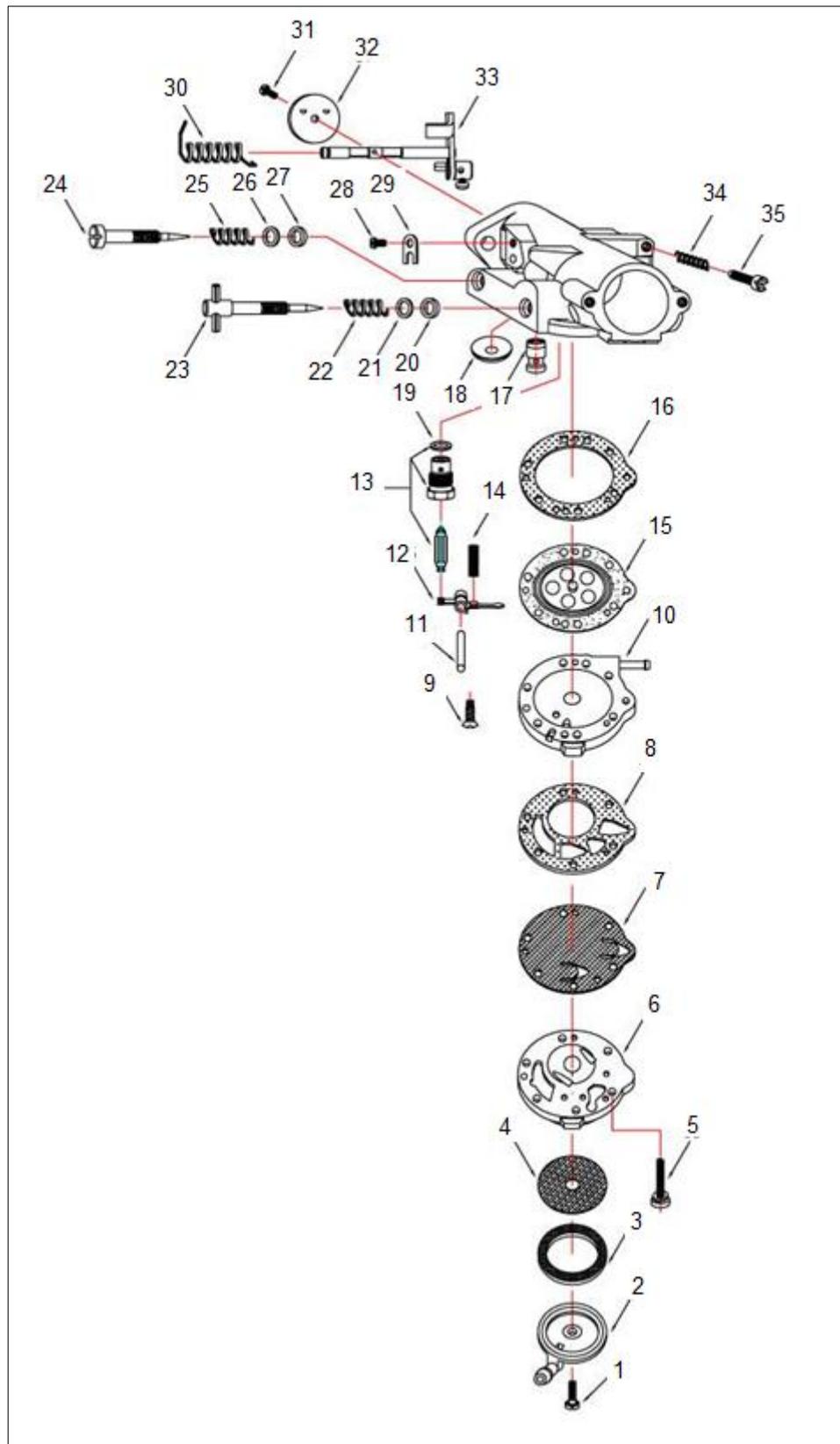


Figura1.16. Despiece del carburador TillotsonHL 334B

Tabla 1. Descripción de los componentes de un carburador Tillotson HL334

| POSICION | DESCRIPCION |
|----------|---|
| 1 | Tornillo de sujeción de la carcasa de la bomba de suministro de combustible |
| 2 | Carcasa de alojamiento de la bomba de suministro de combustible |
| 3 | Junta de estanqueidad de la carcasa de la bomba de suministro de combustible |
| 4 | Filtro tipo malla |
| 5 | Tornillo del cuerpo de la bomba de suministro de combustible |
| 6 | Cuerpo de la bomba de suministro de combustible |
| 7 | Diafragma de la bomba de suministro de combustible |
| 8 | Junta de estanqueidad de la bomba de suministro de combustible |
| 9 | Tornillo de control de nivel de entrada de combustible |
| 10 | Cobertor del diafragma de la capsula de vacío |
| 11 | Tubo de aspiración de combustible |
| 12 | Aguja de control de entrada de combustible |
| 13 | Alojamiento de la aguja de control de la entrada de combustible |
| 14 | Resorte de tensión – control de la aguja de control de entrada de combustible |
| 15 | Diafragma de control de la capsula de vacío |
| 16 | Junta de estanqueidad del diafragma de control de la capsula de vacío |
| 17 | Boquilla de asiento del cuerpo de la aguja de control de entrada de combustible |
| 18 | Cobertor del filtro de línea de combustible |
| 19 | Junta de asiento de la aguja de control de entrada de combustible |
| 20 | Espaciador del tornillo de control de mezcla de alta velocidad |
| 21 | Arandela del tornillo de control de mezcla de alta velocidad |
| 22 | Resorte del tornillo de control de mezcla de alta velocidad |
| 23 | Tornillo de control de mezcla de alta velocidad |
| 24 | Tornillo de control de paso de combustible de ralentí |
| 25 | Resorte del tornillo de control de paso de combustible de ralentí |
| 26 | Arandela del tornillo de control de paso de combustible de ralentí |
| 27 | Espaciador del tornillo de control de paso de combustible de ralentí |
| 28 | Tornillo del clip de tope de la válvula de aceleración |
| 29 | Clip de tope de la válvula de aceleración |
| 30 | Resorte de retorno de la válvula de aceleración |
| 31 | Tornillo de ajuste de la válvula de aceleración |
| 32 | Cuerpo de la válvula de aceleración |
| 33 | Eje y mando de la válvula de aceleración |
| 34 | Resorte del tornillo de ajuste de velocidad de ralentí |
| 35 | Tornillo de ajuste de velocidad de ralentí |

1.4.1 Funcionamiento del carburador Tillotson HL334

El Carburador Tillotson HL334 es un carburador de venturi fijo, y se dispone de forma horizontal. -Figura 1.17-. El aire que circula a través del carburador tiene comunicación directa con la cámara de vacío, esta depresión controla a su vez el movimiento de dos diafragmas, el diafragma principal que controla la posición de la aguja dosificadora de combustible y el diafragma de la bomba de aspiración de combustible, dicha bomba posee sus válvulas unidireccionales en el cuerpo de la membrana a manera de tapones elásticos.

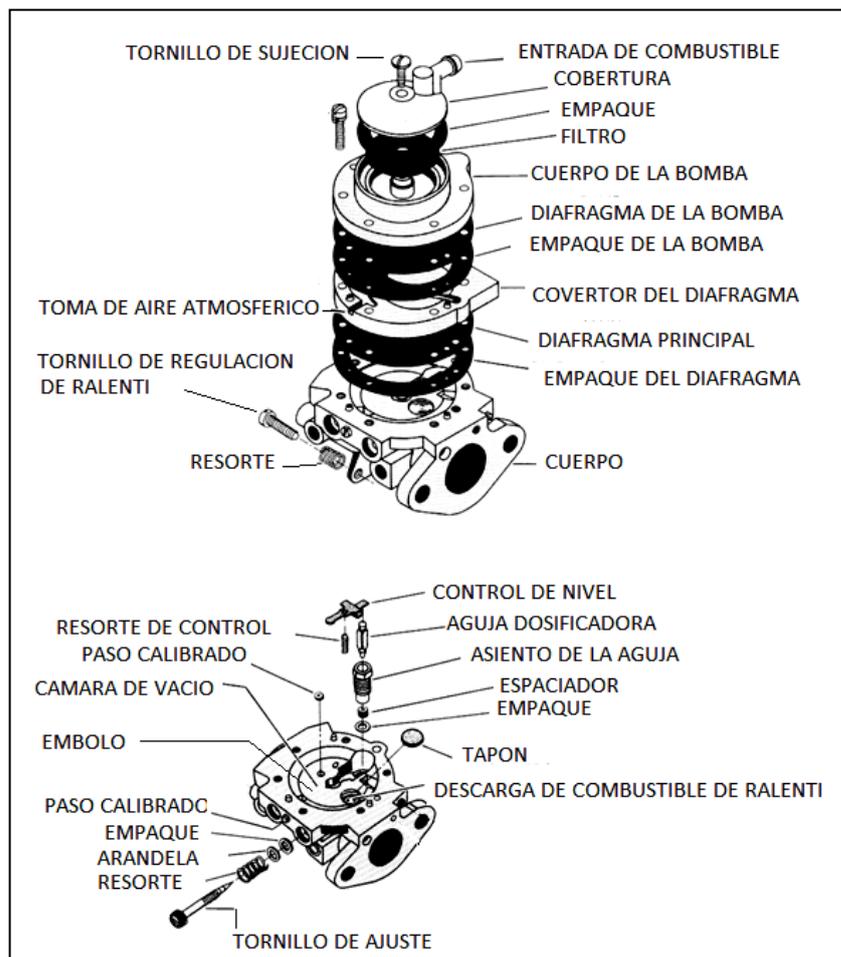


Figura 1.17 Esquema del carburador Tillotson HL334

Fuente: <http://www.lazair.com/HL.htm>

Cuando el motor funciona en régimen de ralentí –figura 1.18- la válvula de aceleración permanece ligeramente abierta, así permite el flujo de aire a través de la garganta del carburador; ya que el combustible dentro del carburador se mantiene a presión atmosférica, y como la presión en el orificio de descarga de combustible de ralentí es ligeramente menor debido a la circulación de aire, el

combustible es absorbido directamente al torrente de aire, cabe señalar que el diafragma principal mantiene a la aguja dosificadora de combustible parcialmente cerrada, permitiendo la mínima circulación de combustible a través del control de nivel de combustible, a su vez el paso de combustible hacia el surtidor principal está cerrado.

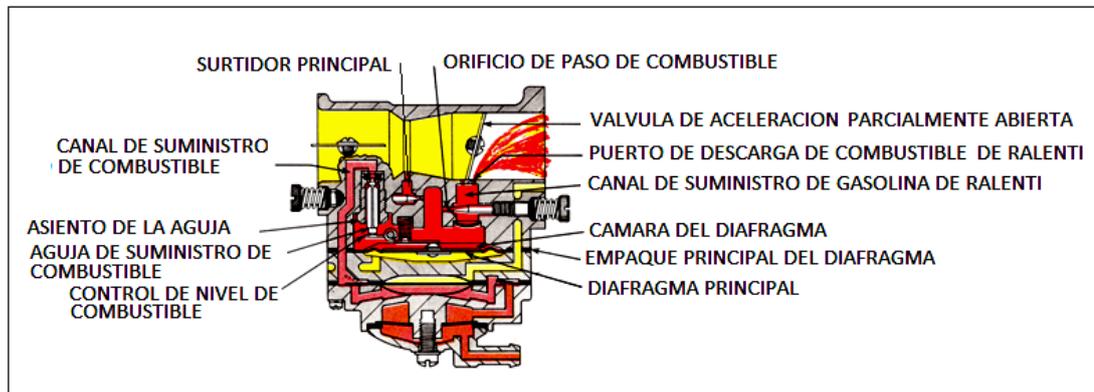


Figura 1.18 Funcionamiento del carburador Tillotson HL334 en ralentí

Fuente: <http://www.lazair.com/HL.htm>

Cuando la válvula de aceleración se abre –aceleración figura 1.19- el vacío en la zona del venturi aumenta debido a la alta velocidad del aire que circula por la garganta del carburador, por esta razón el combustible es fácilmente absorbido a través del surtidor principal de combustible, en cambio la presión de la cámara aumenta, debido a la posición de la válvula de aceleración, por esto el diafragma principal cede y permite el paso de combustible a través de la aguja de suministro de combustible.

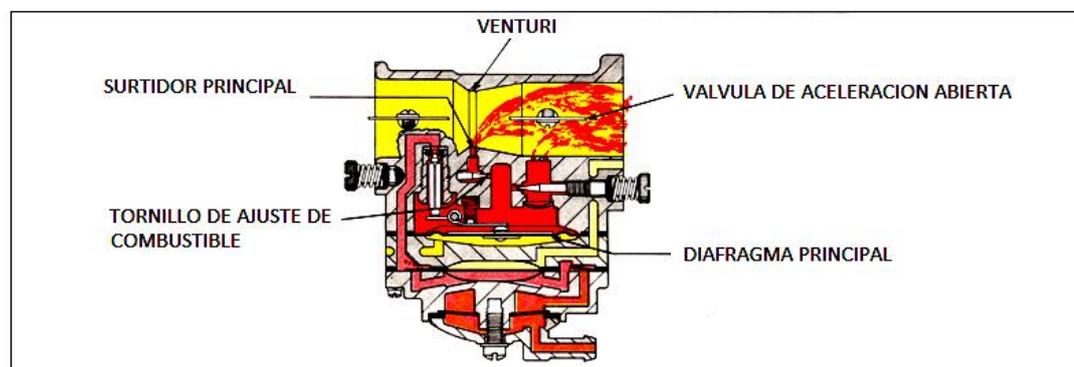


Figura 1.18 Funcionamiento del carburador Tillotson HL334 en aceleración

Fuente: <http://www.lazair.com/HL.htm>

CAPITULO II

REDISEÑO DE LA TOBERA DEL CARBURADOR TILLOTSON HL334

2.1. Características geométricas del carburador Tillotson HL334

Debido a la estricta normativa que rige en la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo⁴, así como en las distintas asociaciones regionales no es posible manipular el carburador como tal, sin incurrir en faltas que descalificarían al vehículo en cuestión, inhabilitándolo a competir. Las características geométricas relevantes para este estudio del carburador Tillotson HL334 se presentan en el Figura 2.1

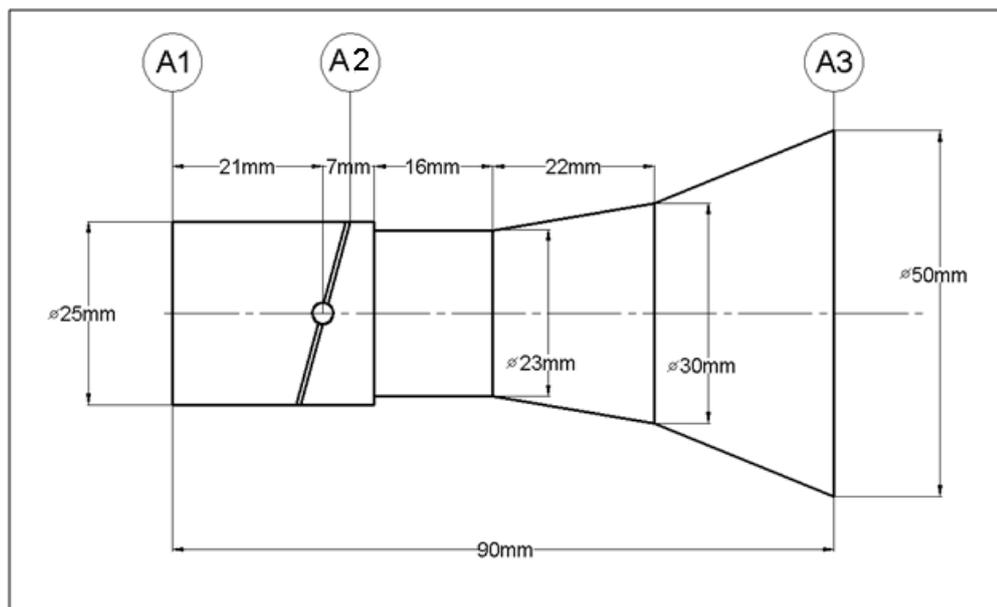


Figura 2.1 Geometría del carburador original

⁴El reglamento de la federación Ecuatoriana de automovilismo y Kartismo se presenta en el Anexo 1.

2.2. Cálculo de la velocidad del aire dentro del carburador previo a la modificación

La intención de aproximar mediante cálculos simples el comportamiento del aire que circula a través del carburador permitirá tener las nociones teóricas del comportamiento de este fluido, las cuales serán luego contrapuestas con los datos obtenidos en la simulación mediante el programa de computadora.

2.2.1. Condiciones iniciales

Con el fin de establecer la velocidad del aire que ingresa al carburador, se establecen las siguientes condiciones referenciales:

Cilindrada del motor: 125cm^3

Revoluciones del motor promedio: 15000 rpm

En función de estos parámetros se puede expresar que en cada revolución del motor este absorbe 125cm^3 de mezcla de aire y combustible, al establecer el criterio de proporcionalidad entre el número de revoluciones del motor y la cantidad de aire que este aspira en cada revolución se expresa que:

En 1 revolución ----- se aspiran 125cm^3
 15000 rev/min ----- Q=? (cm^3/min)

$$Q = \frac{125\text{cm}^3 \cdot 15000\text{rev} / \text{min}}{1.\text{rev}}$$

$$Q = 1875000\text{cm}^3/\text{min} = 0,03125 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.2 Proceso de análisis

El presente estudio se lo realizará tomando en cuenta dos posiciones de la válvula de aceleración, la primera, suponiendo una aceleración parcial cuando la válvula de aceleración se encuentre a 60° , y una segunda considerando aceleración máxima cuando la válvula de aceleración se encuentre a 90° con respecto al eje vertical, cabe aclarar que la válvula de aceleración se encuentra cerrada a 15° con respecto a esta posición. Figura 2.2

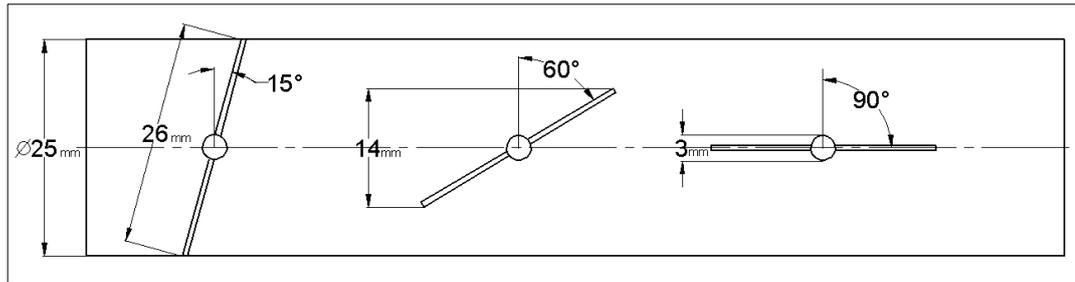


Figura 2.2 Posición de la válvula de aceleración para el análisis

Además como datos referenciales se utilizarán las secciones geométricas señaladas en el Figura 2.1 como:

$$A1 = (0.025\text{m})^2 \pi / 4 = 4.91 \text{ e-}4 \text{ m}^2$$

$$A2 = \text{cuando la válvula de aceleración se encuentra a } 60^\circ \text{ (Figura 2.2 A)} = A1 - 0.014^2 \pi / 4 = 3.37 \text{ e-}4 \text{ m}^2$$

$$A2 = \text{cuando la válvula de aceleración se encuentra a } 90^\circ \text{ (Figura 2.2 B)} = A1 - (0.025 * 0.003) = 4.16 \text{ e-}4 \text{ m}^2$$

$$A3 = (0.058\text{m})^2 \pi / 4 = 2.64 \text{ e-}3 \text{ m}^2$$

Con estos valores y en función del caudal establecido en el apartado 2.3.1, $Q = 0.03125 \text{ m}^3/\text{s}$ y de acuerdo a la ecuación 1.3; $Q = v \cdot A$ se establece la velocidad del fluido en cada uno de los puntos, así:

$$V1 = 63,64 \text{ m/s}$$

$$V2 = \text{Cuando la válvula de aceleración se encuentra a } 60^\circ = 92,73 \text{ m/s}$$

$$V2 = \text{Cuando la válvula de aceleración se encuentra a } 90^\circ = 75.12 \text{ m/s}$$

$$V3 = 11,84 \text{ m/s}$$

Por otro lado la densidad del aire en condiciones estándar – a nivel del mar y una temperatura ambiente de 20°C - se la considerará de 1.225 kg/m^3 , el coeficiente de viscosidad del aire $\nu = 1.783 \text{ e-}5 \text{ kg/m.s}$, así el número de Reynolds para la sección más angosta del conducto ($V2$, cuando la válvula de aceleración se encuentra a 60°) y de acuerdo a las ecuaciones 1.6 y 1.7

$$v = \frac{u}{\rho Y} \quad \text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{(92.73) \text{m/s} \cdot (0.025 - 0.014) \text{m}}{\frac{1.783 \text{e} - 5 \text{kg/m.s}}{1.225 \text{kg/m}^3}}$$

$$\text{Re} = 71510,8$$

Con este valor del número de Reynolds se puede afirmar que el aire a que se mueve a través del carburador tendrá régimen turbulento, por lo que los valores calculados para la velocidad del fluido en cada uno de las zonas es únicamente referencial ya que no considera la energía perdida por la formación de turbulencia.

2.2.3 Cálculo de presión en el punto 1

Al considerar el Figura 2.3 el aire se mueve desde el punto 3 al punto 1, y ya que en el punto 3 se puede considerar la presión atmosférica = 101325 Pa, y en ambos puntos la velocidad del fluido es conocida, y al despreciar la diferencia de potencial por diferencias de altura, basta con utilizar la ecuación de Bernoulli (ecuación 1.5) para conocer la presión en el punto 1. Así:

$$\frac{v^2 \rho}{2} + \rho \cdot g \cdot h + P = \text{Cte}$$

$$\frac{v_1^2 \rho}{2} + P_1 = \frac{v_3^2 \rho}{2} + P_3$$

$$P_1 = \frac{v_3^2 \rho}{2} + P_3 - \frac{v_1^2 \rho}{2}$$

$$P_1 = \frac{(11.84 \text{m/s})^2 (1.25) \text{kg/m}^3}{2} + 10335 - \frac{(63.64 \text{m/s})^2 (1.25) \text{kg/m}^3}{2}$$

$$P_1 = 7891.33 \text{ kg/m}^2 = 77335.083 \text{ Pa}$$

2.3. Cálculo de velocidades del aire dentro del carburador luego de la modificación

2.3.1. Características geométricas del nuevo prototipo de tobera

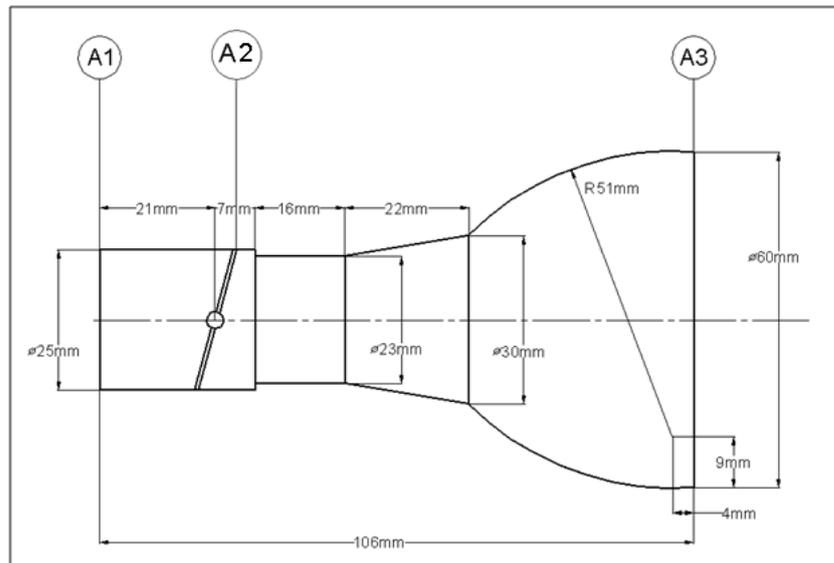


Figura 2.3. Características geométricas relevantes del carburador luego de la modificación.

2.3.2 Observaciones

Las modificaciones propuestas al diseño original de la tobera del carburador, consiste básicamente en un ensanchamiento de la misma y en reemplazar las aristas planas por una circular a un radio de 51mm, con esto el flujo de aire se encamina de mejor forma, ya que el rozamiento del aire en la tobera genera un desprendimiento fuera de la capa límite viscosa⁵ menos brusco. Por otro lado la longitud de la tobera no ha sido modificada, para cumplir con las exigencias de la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo. Las mejoras que este diseño presenta, se estudian mediante las simulaciones en computadora.

2.4. Análisis de los bosquejos mediante un programa de mecánica de fluidos

2.4.1. Condiciones preliminares

Debido a la complejidad y al alto costo logístico que representa la utilización de este tipo de programas, se ha optado por realizar las simulaciones únicamente en el

⁵Fenómeno físico observado en mecánica de fluidos, en el cual todo fluido que se desplaza a través de un cuerpo sólido, tiende a formar una capa en la cual los efectos viscosos son más pronunciados.

espacio bidimensional, sin que esto incida en la validez de los resultados, ya que cualquier mejora que se logre representar en este sistema, de hecho se traducirá en mejoras en el bosquejo real.

Mediante estas condiciones preliminares, vale la pena recalcar que las velocidades mostradas en las tablas de resultados no corresponden a la realidad ya que el programa no tiene referencia del área de cada tramo del conducto; no obstante se observa la tendencia del flujo del aire en las condiciones de trabajo del carburador. Otra consideración importante es que al tratarse de un flujo turbulento en función del número de Reynolds obtenido en la sección 2.3.2, el modelo matemático recomendado para utilizar en las simulaciones es el $k-\epsilon$ (k – épsilon)⁶ de dos ecuaciones. Los parámetros referenciales para realizar las simulaciones son: ingreso de aire en la tobera a una velocidad de 11.84 m/s, la presión referencial es la atmosférica, 101325 Pa, y las demás propiedades del aire, las atribuye el programa, según se observa en el Figura 2.4

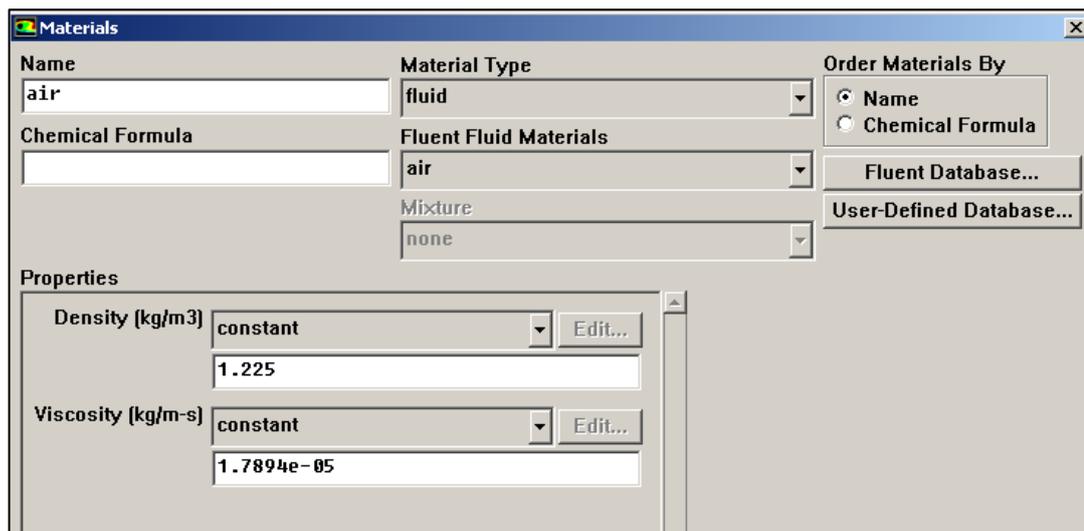


Figura 2.4 Propiedades físicas del aire.

2.5. Simulación del flujo de aire a través del carburador sin modificar

En los Figuras 2.5 y 2.6 se observa el comportamiento del flujo de aire a través del carburador, cuando la válvula de aceleración se encuentra a 60° y 90° de inclinación. Se observa que la velocidad de salida de aire hacia el motor es de 32.22 m/seg el centro de la tobera y alcanza la máxima velocidad de 80.02 m/s en los extremos, esto en la primera simulación, mientras que cuando la válvula de

⁶Modelo matemático que permite simular el comportamiento de los fluidos tomando en cuenta su energía cinética (k) y la disipación de esta debido a la turbulencia (ϵ)

aceleración se encuentra totalmente abierta, la velocidad del aire permanece prácticamente constante a 30.96 m/s

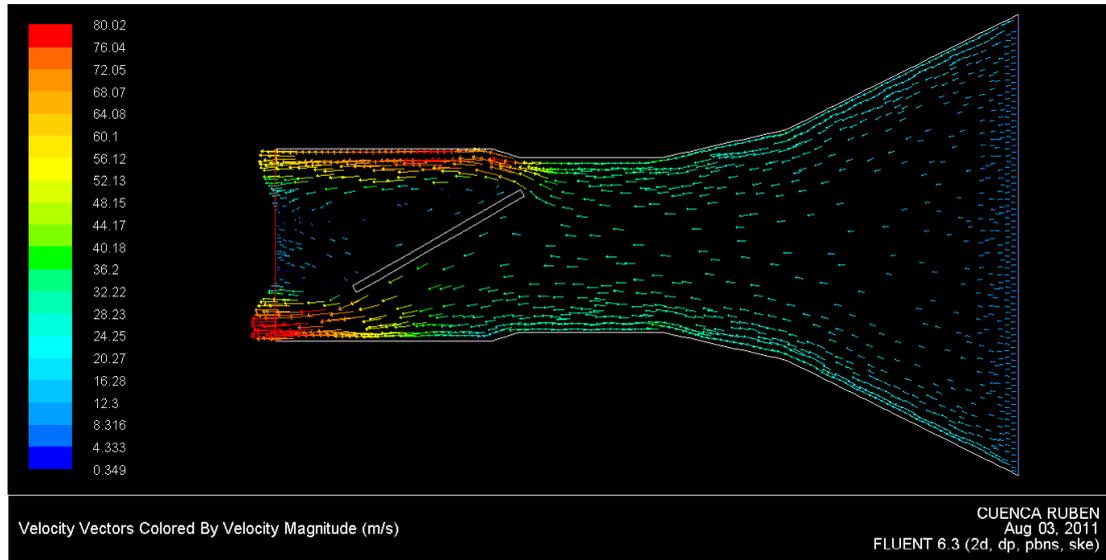


Figura 2.5 Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°

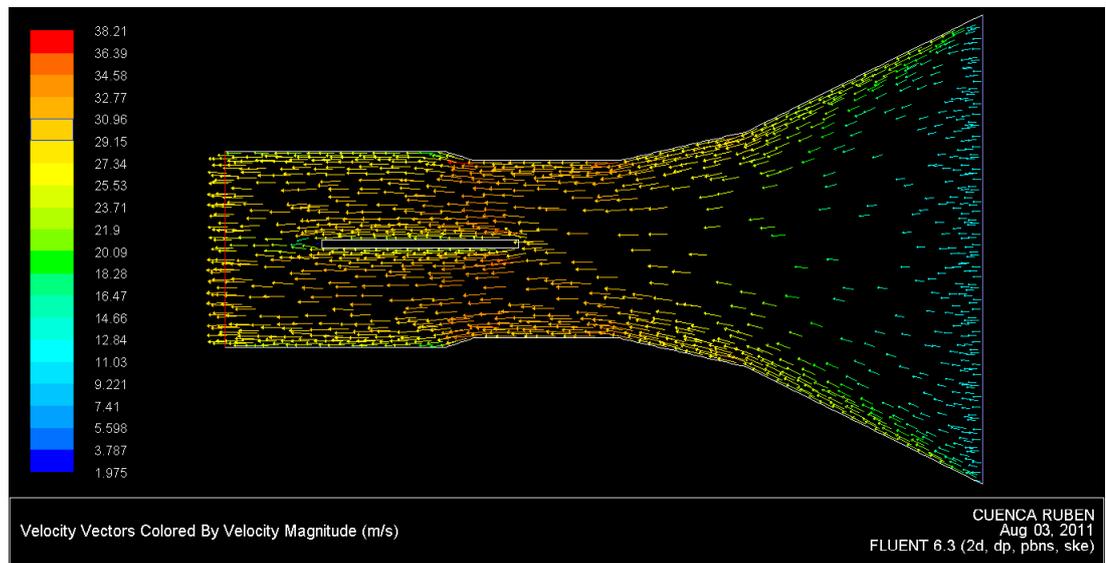


Figura 2.6 Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°

2.6. Simulación del flujo de aire a través del carburador modificado

Al observar el contorno de velocidad del aire luego de realizadas las mejoras en la tobera de ingreso de aire, se observa en la Figura 2.7 una velocidad máxima a la salida del carburador de 33.78 en el centro de la tobera, y alcanza una velocidad

máxima de 84.36 m/s en los extremos, Esto cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°. En función de estos valores se observa un incremento significativo de la velocidad de ingreso de aire hacia el motor.

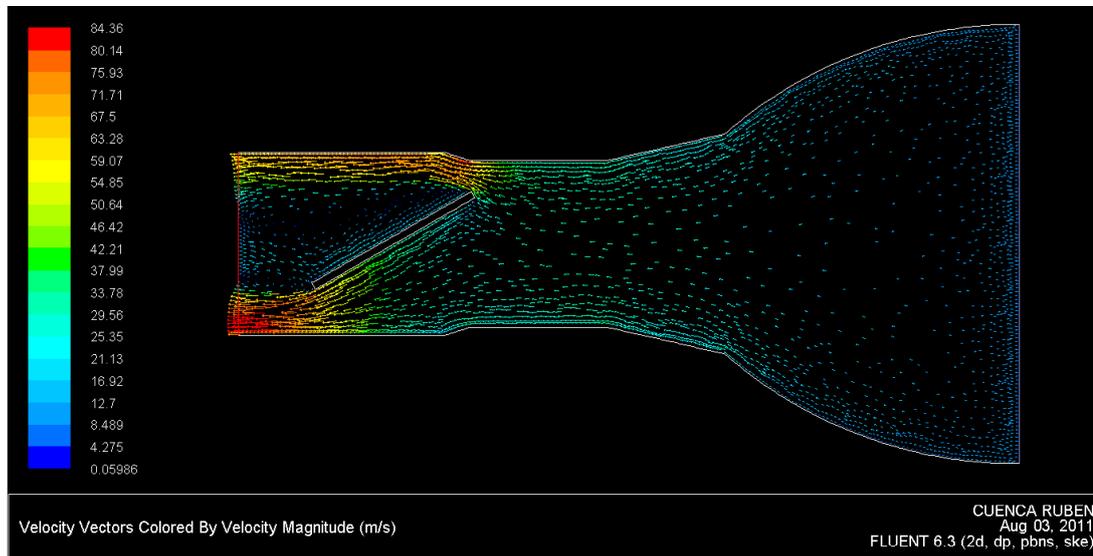


Figura 2.7 Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°

En cambio cuando se consigue la aceleración máxima, Figura 2.8 Se observa una velocidad de salida de 33.53 m/s. consiguiéndose una mejora significativa en la velocidad de aire hacia el motor.

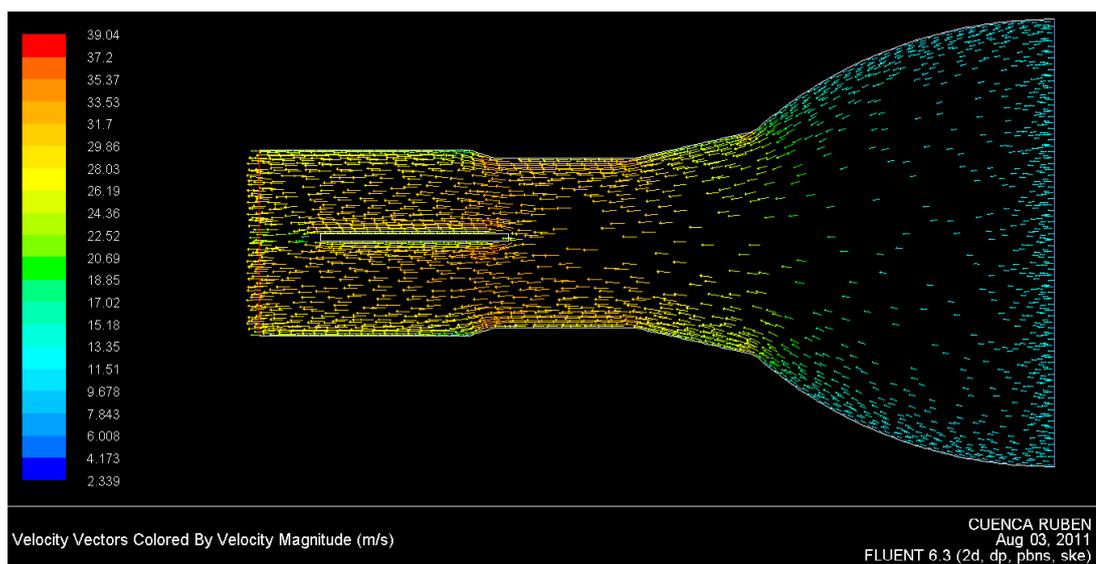


Figura 2.8 Visualización del contorno de velocidad del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°

2.7 Análisis de resultados

2.7.1 Tabla 2: Velocidad del aire a la salida del carburador.

| TOBERA ORIGINAL | VELOCIDAD DE SALIDA DEL AIRE |
|--|------------------------------|
| Velocidad de salida del aire – válvula a 60° | 32.22 – 80.02 m/s |
| Velocidad de salida del aire – válvula a 90° | 30.96 m/s |
| TOBERA MODIFICADA | |
| Velocidad de salida del aire – válvula a 60° | 33.78 – 84.36 m/s |
| Velocidad de salida del aire – válvula a 90° | 33.53 m/s |

2.7.2 Tabla 3: Porcentajes de variación.

| POSICION DE LA VÁLVULA DE ACELERACION | PORCENTAJE DE VARIACION |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Válvula de aceleración a 60° | 4.84% - 5.42% |
| Válvula de aceleración a 90° | 8.3% |

Al mostrar el contorno de líneas de trayectoria (Figuras 2.9) en primer lugar cuando la válvula de aceleración está abierta a 60°, se observa la formación de dos vórtices girando en sentidos contrarios por detrás de la válvula de aceleración, lo cual facilita la homogenización de la mezcla de aire y combustible, no obstante el sistema sede energía. En cambio, en el Figura 2.10 se aprecia el comportamiento del flujo de aire a través del carburador, cuando la válvula de aceleración está totalmente abierta, observándose un comportamiento mucho más laminar.

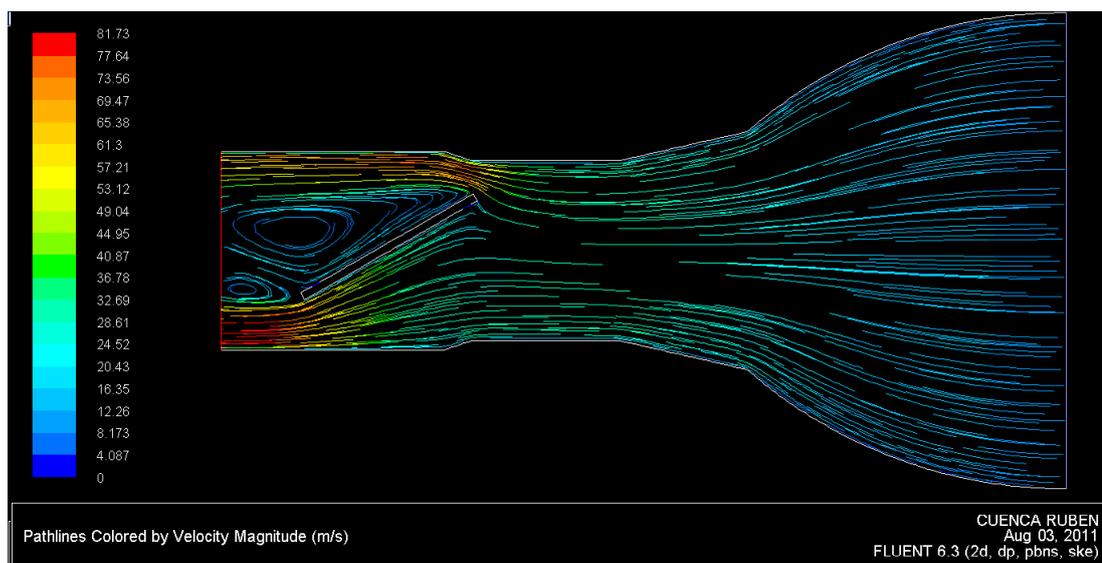


Figura 2.9 Líneas de trayectoria del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 60°

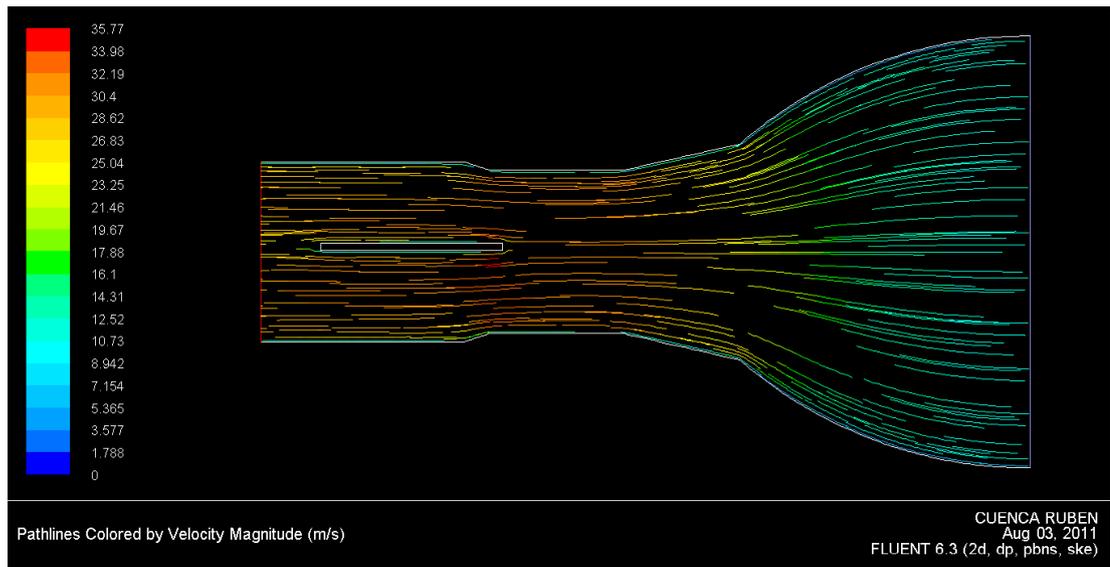


Figura 2.10 Líneas de trayectoria del aire cuando la válvula de aceleración se encuentra abierta a 90°

CAPITULO III

CONVALIDACION DEL DISEÑO DE LA TOBERA MEDIANTE ENSAYOS EXPERIMENTALES.

En función de los resultados obtenidos, el rediseño de la tobera de ingreso de aire al carburador es favorable en cuanto permite una mayor velocidad del aire que ingresa al motor. Este particular permite el llenado de los cilindros con mayor cantidad de aire, por esto y en función de las leyes de la termodinámica que rigen para el funcionamiento de los motores de combustión interna, se logrará una mayor potencia de salida del motor.

Para convalidar el diseño de la tobera de ingreso de aire del carburador, se han realizado pruebas estrictas de funcionamiento, comparando el desempeño de esta tobera con la original del vehículo. Las pruebas fueron realizadas utilizando un vehículo de karting (Figura 3.2) cuyas especificaciones se presentan en la tabla 3.1, además se utilizó una computadora abordo que permite la medición precisa de tiempo y revoluciones del motor, así como la temperatura del mismo, además permite la comparación de tiempos por cada vuelta en el circuito de ensayo. (Figura 3.1)

TABLA 4. ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO Y MOTOR

| CHASIS | |
|---------------------------|----------------|
| Marca | PCR |
| Modelo | Advance / 2008 |
| Origen | Italia |
| Neumáticos | Rin 5 |
| Peso con motor | 335 lbs |
| MOTOR | |
| Marca | Parilla |
| Año | 2008 |
| Engrane motor | 10 dientes |
| Engrane de la transmisión | 80 dientes |

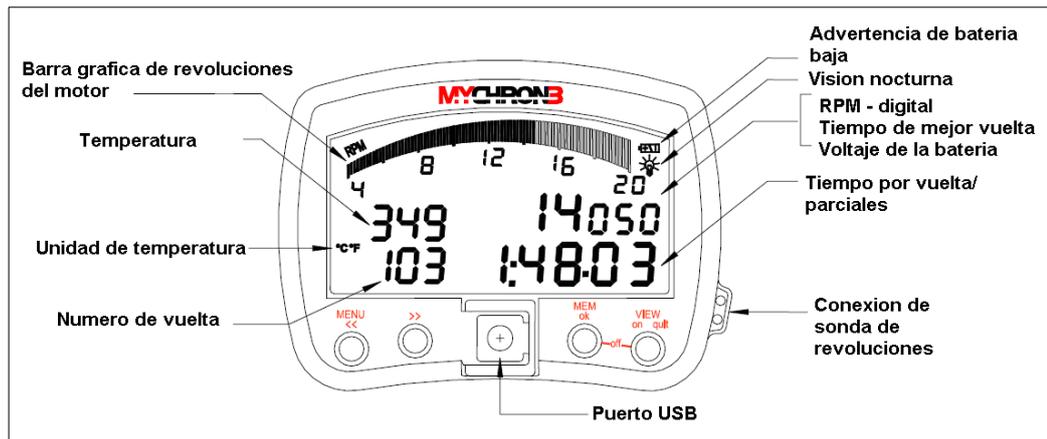


Figura 3.1 Computador a bordo Michrom AIM 3

Fuente: http://www.aimsports.com/pdf/Datasheet_MY3Basic_eng.pdf



Figura 3.2 Karting de prueba

3.1. Condiciones de las pruebas.

Las pruebas fueron realizadas en la Ciudad de Loja en el Kartodromo Municipal, "Ciudad de Loja" (Figura 3.3) para las mismas se utilizaron sensores que fueron instalados de forma estratégica en diferentes puntos de la pista; (Figura 3.4) estos sensores se comunican mediante radio enlace al computador a bordo y permiten calcular el tiempo, temperatura y revoluciones por minuto en cada una de las vueltas que realice el vehículo.



Figura 3.3 Fotografía durante la realización de las pruebas



Figura 3.4 Sensor colocado en la pista

Con el fin de evaluar el comportamiento del vehículo, se realizaron 2 pruebas en la pista, la primera en la zona de alta velocidad (Figura 3.4 zona A) y la segunda en la zona de trabado (Figura 3.4 zona B), esto con el fin de evitar la intromisión de errores en las mediciones, debido a factores ajenos al funcionamiento del vehículo. Además para verificar el correcto funcionamiento de los aparejos, se realizaron en primer lugar pruebas a régimen de velocidad constante.

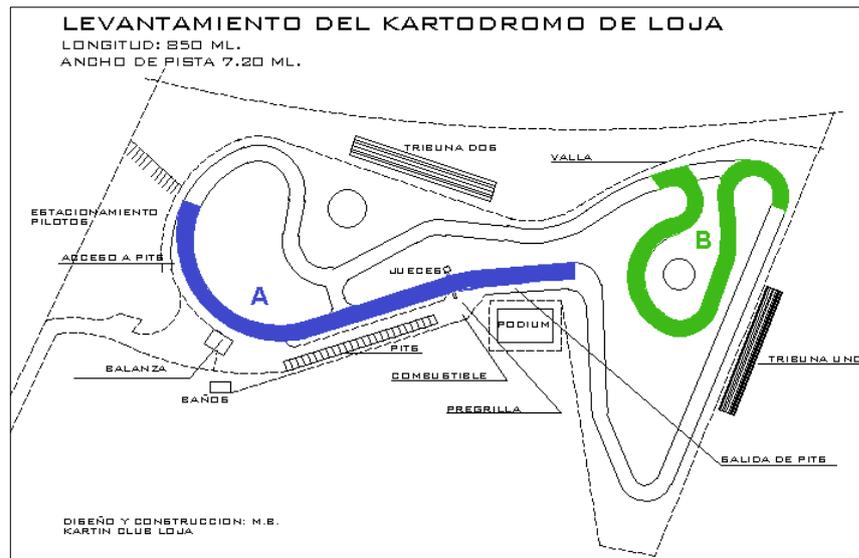


Figura 3.5. Levantamiento del Kartodromo Municipal de Loja

Fuente: Ilustre Municipalidad de Loja.

Ya que la computadora abordo no muestra directamente la velocidad del vehículo, esta será calculada mediante la siguiente relación:

$$v = \frac{n * rt * 0.87}{60000} \quad 3.1$$

En donde:

v: Es la velocidad expresada en km/h

n: Es el número de revoluciones del motor

rt: Relación de transmisión = número de dientes del engrane del motor/ número de dientes del engrane de la transmisión = 0.8

La computadora abordo despliega directamente la velocidad angular promedio del motor por cada periodo medido expresada en rpm. Por esta razón y aplicando la ecuación 3.1, se obtendrá directamente la velocidad promedio del vehículo expresada en km/h, los factores de conversión empleados en esta fórmula relacionan la relación de transmisión, el diámetro de las rueda del vehículo, además del respectivo factor de conversión de unidades.

3.2 Resultado de las pruebas

Toda la información recopilada fue obtenida a partir de la utilización del computador a bordo del vehículo (Figura 3.5), en la cual se muestra las revoluciones del motor, el tiempo por cada vuelta, y la temperatura del motor, estos datos son tomados por medio de dos sensores, uno de temperatura que va ubicado en la base de la bujía, y un sensor de revoluciones por minuto que va ubicado en el cable de bujía, además el sensor de tiempo por vuelta que se le ubica en cualquier punto.



Figura 3.6. Información mostrada en el computador a bordo en el vehículo.

3.2.1 Resultado de las pruebas utilizando la tobera original

3.2.1.1 Tabla 5: Resultados en la zona rápida

| VUELTA N° | TIEMPO (S) | TEMPERATURA (° F) | RPM | VELOCIDAD (Km/h) |
|-----------------|-------------|-------------------|--------------|------------------|
| 1 | 6.76 | 161 | 14815 | 96.67 |
| 2 | 6.66 | 195 | 14667 | 95.70 |
| 3 | 6.56 | 222 | 14609 | 95.32 |
| 4 | 6.67 | 235 | 14713 | 96.00 |
| 5 | 6.54 | 248 | 14679 | 95.78 |
| 6 | 6.55 | 257 | 14595 | 95.23 |
| 7 | 6.57 | 253 | 14362 | 93.71 |
| 8 | 6.55 | 255 | 14536 | 94.85 |
| 9 | 6.58 | 264 | 14709 | 95.98 |
| 10 | 6.48 | 269 | 14593 | 95.22 |
| PROMEDIO | 6.59 | 236 | 14628 | 95 |

3.2.1.2. Tabla 6: Resultados en la zona trabada

| VUELTA # | TIEMPO (S) | TEMPERATURA (° F) | RPM | VELOCIDAD (Km/h) |
|-----------------|---------------|----------------------|-------------|---------------------|
| 1 | 15.75 | 275 | 8877 | 57.92 |
| 2 | 15.28 | 276 | 9461 | 61.73 |
| 3 | 15.39 | 280 | 9392 | 61.28 |
| 4 | 15.64 | 278 | 9283 | 60.57 |
| 5 | 15.27 | 278 | 9370 | 61.14 |
| 6 | 15.63 | 280 | 9218 | 60.15 |
| 7 | 15.42 | 284 | 9561 | 62.39 |
| 8 | 15.35 | 285 | 9393 | 61.29 |
| 9 | 15.52 | 280 | 9282 | 60.57 |
| 10 | 15.23 | 284 | 9812 | 64.02 |
| PROMEDIO | 15.45 | 280 | 9365 | 61 |

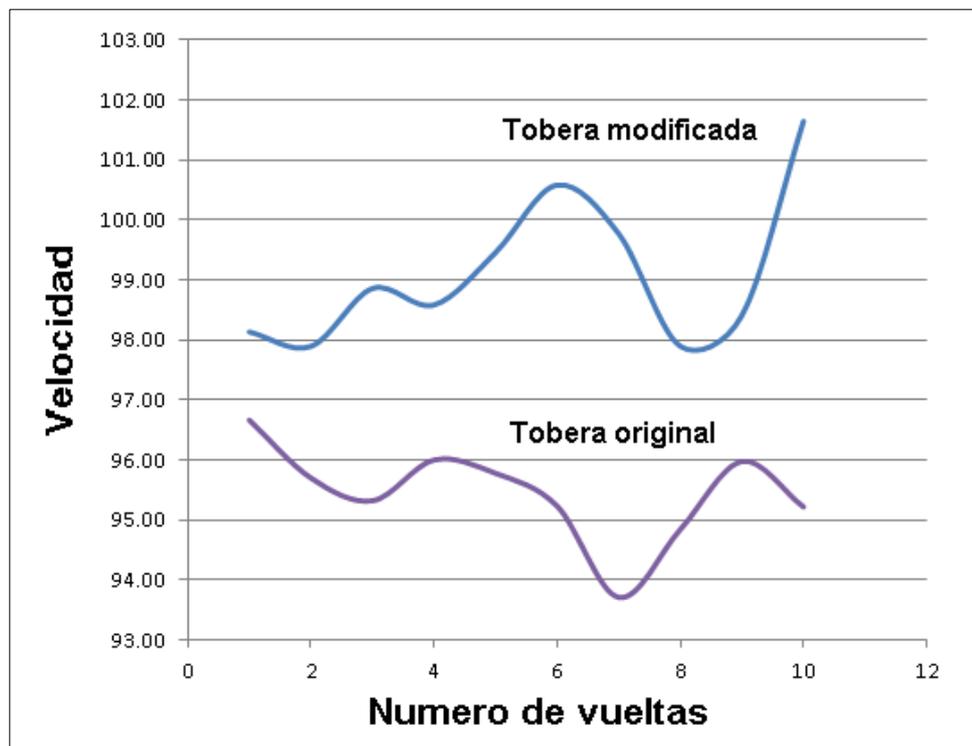
3.2.2 Resultado de las pruebas utilizando la tobera modificada.**3.2.2.1 Tabla 7: Resultados en la zona rápida.**

| VUELTA # | TIEMPO (S) | TEMPERATURA (° F) | RPM | VELOCIDAD (Km/h) |
|-----------------|---------------|----------------------|--------------|---------------------|
| 1 | 6.48 | 226 | 15040 | 98.14 |
| 2 | 6.41 | 242 | 15003 | 97.89 |
| 3 | 6.43 | 251 | 15151 | 98.86 |
| 4 | 6.4 | 260 | 15109 | 98.59 |
| 5 | 6.35 | 276 | 15243 | 99.46 |
| 6 | 6.45 | 282 | 15415 | 100.58 |
| 7 | 6.45 | 287 | 15290 | 99.77 |
| 8 | 6.36 | 282 | 15003 | 97.89 |
| 9 | 6.39 | 289 | 15082 | 98.41 |
| 10 | 6.33 | 291 | 15578 | 101.65 |
| PROMEDIO | 6.41 | 269 | 15191 | 99 |

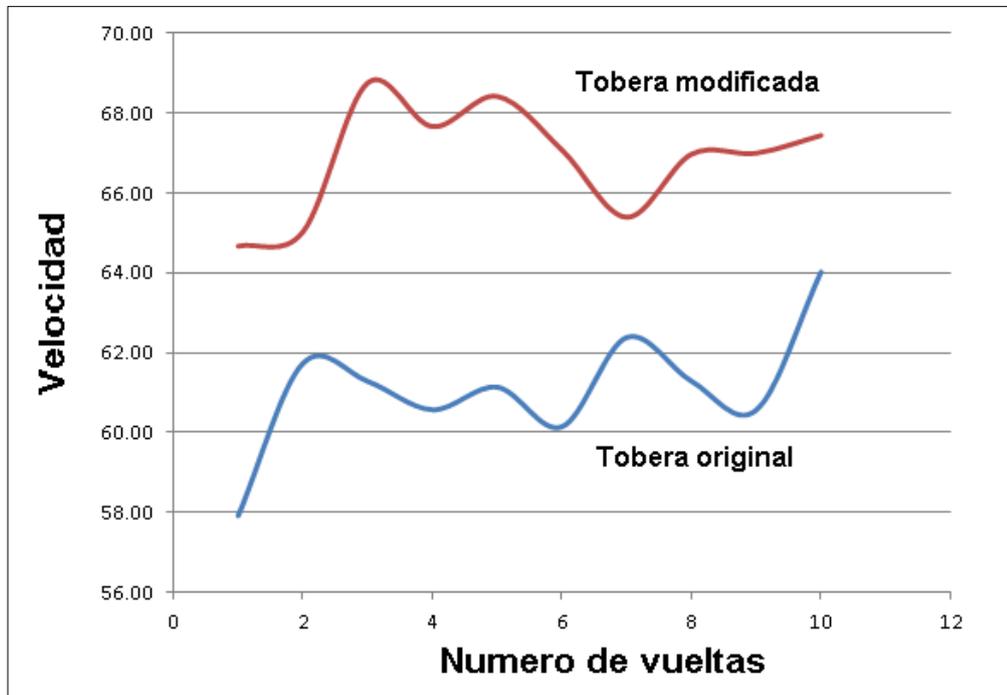
3.2.2.2 Tabla 8: Resultados en la zona trabada.

| VUELTA # | TIEMPO (S) | TEMPERATURA (° F) | RPM | VELOCIDAD (Km/h) |
|-----------------|--------------|-------------------|--------------|------------------|
| 1 | 15.36 | 257 | 9911 | 64.67 |
| 2 | 15.7 | 269 | 9966 | 65.03 |
| 3 | 15.09 | 275 | 10538 | 68.76 |
| 4 | 15.09 | 278 | 10370 | 67.66 |
| 5 | 14.98 | 282 | 10486 | 68.42 |
| 6 | 15.12 | 284 | 10280 | 67.08 |
| 7 | 15.12 | 282 | 10022 | 65.39 |
| 8 | 15.16 | 285 | 10264 | 66.97 |
| 9 | 15.04 | 284 | 10268 | 67.00 |
| 10 | 14.93 | 285 | 10336 | 67.44 |
| PROMEDIO | 15.16 | 284 | 10244 | 67 |

Comparacion entre la velocidad del vehículo con tobera original y tobera modificada en la zona rapida.



Comparacion entre la velocidad del vehículo con tobera original y tobera modificada en la zona trabada.



3.3 Análisis de los resultados

3.3.1 Tabla 9: Resumen de resultados promedio

| TOBERA ORIGINAL | TIEMPO | TEMPERATURA | RPM | V |
|--------------------------|--------------|-------------|--------------|-----------|
| ZONA RAPIDA | 6.59 | 236 | 14628 | 95 |
| ZONA TRABADA | 15.45 | 280 | 9365 | 61 |
| TOBERA MODIFICADA | | | | |
| ZONA RAPIDA | 6.41 | 269 | 15191 | 99 |
| ZONA TRABADA | 15.16 | 284 | 10244 | 67 |

3.3.2 Tabla 10: Diferencia entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto al tobera mejorada.

| VARIACION DE VELOCIDAD | DIFERENCIA |
|---------------------------------|-------------------|
| ZONA RAPIDA | +4 Km/h |
| ZONA TRABADA | +6 Km/h |
| VARIACION DE RPM | |
| ZONA RAPIDA | +563 RPM |
| ZONA TRABADA | +879 RPM |
| VARIACION DE TEMPERATURA | |
| ZONA RAPIDA | +33 °F |
| ZONA TRABADA | +4 °F |
| VARIACION DE TIEMPO | |
| ZONA RAPIDA | -0.18 s |
| ZONA TRABADA | -0.29 s |

3.3.3 Tabla 11: Porcentaje de variación entre los resultados obtenidos entre la tobera original con respecto a la tobera mejorada.

| VARIACION DE VELOCIDAD | PORCENTAJE DE VARIACION |
|---------------------------------|--------------------------------|
| ZONA RAPIDA | +4.21 % |
| ZONA TRABADA | +9.84 % |
| VARIACION DE RPM | |
| ZONA RAPIDA | +3.85 % |
| ZONA TRABADA | +9.39 % |
| VARIACION DE TEMPERATURA | |
| ZONA RAPIDA | +13.98 % |
| ZONA TRABADA | +1.43 % |
| VARIACION DE TIEMPO | |
| ZONA RAPIDA | -2.8 % |
| ZONA TRABADA | -1.91 % |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los datos recopilados, se observa claramente mejoras en la velocidad (+ 4.21% en la zona rápida y +9.84% en la zona trabada), tiempo (-2.8% en la zona rápida y - 1.9% en la zona trabada) por periodo de medición, y número de revoluciones promedio del motor (+3.85% en la zona rápida y 9.39% en la zona trabada). De esta manera se valida el diseño de la tobera de ingreso de aire del motor, la cual sin lugar a dudas mejora el desempeño del motor del vehículo.

En cuanto a la temperatura que alcanza el motor, se observa que durante la utilización de la tobera mejorada, esta incrementa ligeramente (+13.98% en la zona rápida y 1.43% en la zona trabada) ; lo cual es comprensible de acuerdo a la mayor potencia que entrega el motor, así como al mayor número de revoluciones del mismo, sin que este particular tenga repercusión directa en su funcionamiento ya que este se encuentra todavía en el rango normal de funcionamiento, el cual de acuerdo al manual puede operar normalmente hasta 340 °F

El uso de los programas de asistencia por computadora de dinámica de fluidos ha permitido hoy en la actualidad a los diseñadores automotrices conocer de mejor forma el comportamiento de los fluidos que intervienen en las prestaciones de los automóviles, no solo aplicándola a la aerodinámica del mismo, sino a varios elementos que permiten el funcionamiento del motor. Por esto, su uso en el ámbito del diseño de motores y automóviles, tiene cada vez más recepción.

Es preciso recomendar a todos los aficionados que practican el automovilismo tomar en cuenta siempre las debidas precauciones al momento de conducir deportivamente un vehículo, respetando siempre el reglamento específico de la competición así como las normas básicas de la conducción; y siempre contar con el equipo de seguridad personal adecuado.

Cuando se realizan trabajos de mantenimiento o entretenimiento en el carburador Tillotson 334-A, es preciso contar con las herramientas adecuadas, además de prestar especial cuidado al momento de desmontar las válvulas "Reeds", las cuales son construidas con carbono y por ello son sumamente frágiles.

Además cuando se realizan pruebas repetitivas en un circuito de competición, es imprescindible reajustar los elementos móviles del chasis del vehículo, tras cada repetición, ya que estos pierden tolerancia en cada ensayo y por ello los resultados

que se obtengan del rendimiento del motor pueden verse afectados, así como la integridad del piloto o espectadores.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

SEARS, Francis W.; ZEMANSKY, Mark W., Física Universitaria, Tomo I, 12 ediciones; 2009, Pearson Educación, México, México, 696 pp.

TIPPENS, Paul E., Física: conceptos y aplicaciones, 7 ediciones; 2007, McGraw-Hill, México, México, 943 pp.

RESNICK, HALLYDAY Y KRANE. Física. Cuarta Edición. Volumen 1. Compañía Editorial Continental, S.A., 1996

HERNAN Viteri, Material didáctico de Mecánica de Fluidos, 2010

ROCKWOOD Robert, CUMBE Edison, Módulo de dinámica de fluidos y programas CFD, 2010

EASYKART, Technical Manual Versión 1.0, 2001

GRAHAM Bell, Two-Stroke performance tuning, Segunda edición 2003

MARCO Natoli, Kart manual, 2005

Técnicas de sobrealimentación/ Manuales técnicos del automóvil. Grupo Editorial CEAC. Barcelona. 2002

RUIZ ROSALES, Santiago; BERMUDEZ TAMARIT, Vicente; BROATCH JACOBI, Alberto, Práctica de motores de combustión, Alfamomega Grupo Editor. México. 2005

ALONSO PEREZ, Jose Manuel, Técnicas del automóvil: motores/ Editorial Paraninfo. Madrid. 8a. edición. 2001

GIL MARTINEZ, Manual del automóvil del motor a gasolina, 2002

ROBINSON, John, Motocicletas. Puesta A Punto De Motores De 2 Tiempos, 2006

REFERENCIAS ELECTRONICAS:

Clases de carburadores <http://www.mecanicavirtual.org>

<http://www.wikipedia.org>

Despiece del carburador TILLOTSON 334-A <http://www.tillotson-fuelsystems.com/manuals.html>

Ajustes del carburado <http://www.parapentenea.com/burcas.html>

Reglamentos de karting http://kartingmotor.galeon.com/karting_general.htm

Calculo de velocidad del karting.

http://www.kartinglaroca.com/downloads/reglamento_tecnico_2009.pdf

Motores de dos tiempos <http://www.aerocorsair.com>

Funcionamiento del motor TILLOTSON <http://www.iwt.com.au/tillotson.htm>

Formulas <http://www.carsbysymon.com/archivostecnicos/formulacionmotor.pdf>

Programa CFD <http://canal.etsin.upm.es/publicaciones/articulos/jiber3.pdf>

Manual de la computadora a bordo

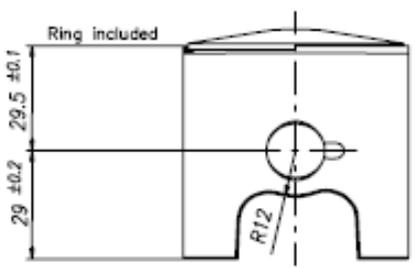
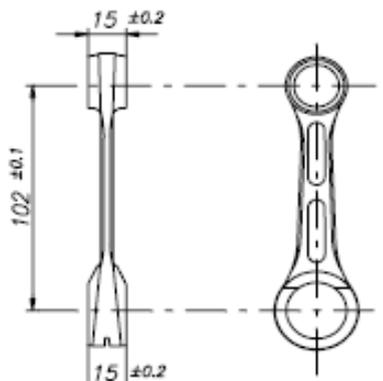
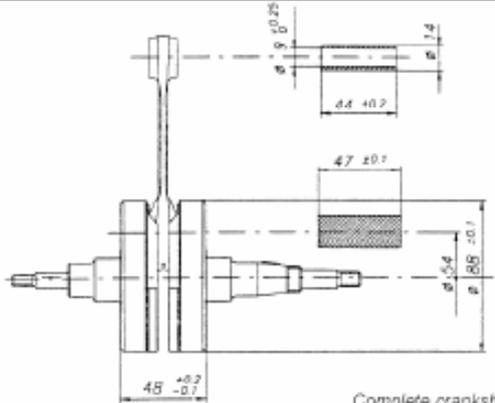
http://www.aimsports.com/pdf/Datasheet_MY3Basic_eng.pdf

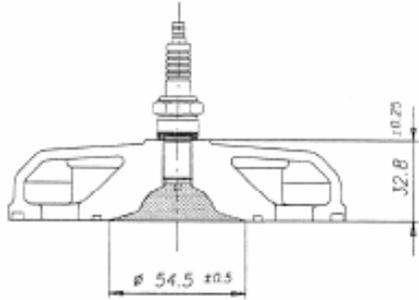
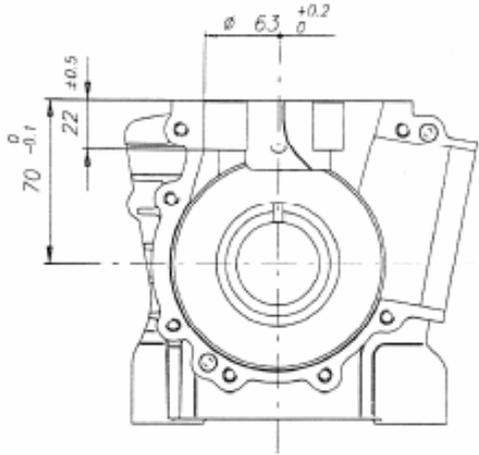
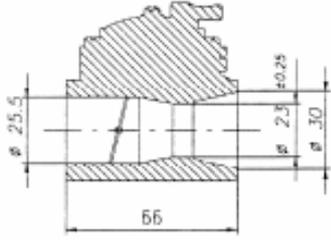
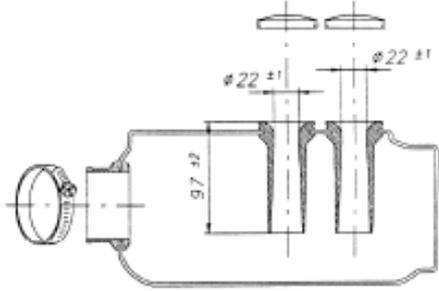
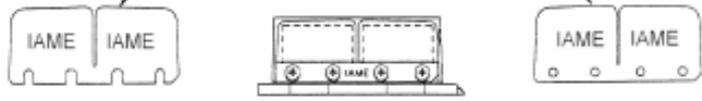
Despiece del carburador Tillotson <http://www.lazair.com/HL.htm>

ANEXO 1.

RESUMEN DE LA NORMATIVA QUE RIGE EN EL TRUCAJE DEL CARBURADOR
TILLOTSON 334-A

| Parilla 125cc | | | |
|--|------------|---------------------------------|---------------------|
|  | | FEATURES | |
| | | Cylinder volume | 123.87 cc |
| | | Bore | 54 mm |
| | | Max. theoretical bore | 54.28mm |
| | | Stroke | 54mm |
| | | Cooling system | Water |
| | | Inlet system | Reed valve |
| | | Number of carbs | 1 |
| | | Tillotson HL Carb. | 334A or 334AB |
| Number of piston rings | 1 | Number of exhaust ports | 2 |
| Big end conr. Ball-bearing diam. | 18X24X15 | Combustion chamber shape | Spherical |
| Crankshart ball-bearing diam. | 25X52X15 | Selettra ignition | 4 poles |
| Small end conr. Ball-bearing diam. | 14X18X17.5 | Distance between Conrod centers | 102 mm |

| DESCRIPTION OF THE MATERIAL | | PISTON |
|--|-------------|---|
| Conrod material | Steel |  <p>Min. weight= 128 g</p> |
| Crankshaft material | Steel | |
| Head material | Aluminium | |
| Cylinder material | Aluminium | |
| Liner material | Iron | CONROD |
| Crankcase material | Aluminium |  <p>Min. weight= 119 g</p> |
| Piston material | Aluminium | |
| Piston rings material | Iron | |
| Exhaust muffler material | Sheet-steel | |
| Ball-bearings | 6205 type | |
| | | |
|  <p>Piston pin min weight 28 g</p> <p>Complete crankshaft min. weight 18,75 g</p> | | |

| COMBUSTION CHAMBER VIEW | CRANKCASE INSIDE VIEW |
|---|---|
|  <p><i>COMBUSTION CHAMBER VOLUME = 12cc min</i></p> |  |
| VENTURI CARB DIMENTIONS | INLET SILENCER |
| <p><i>Tilolson mod. HL - 334 A or HL - 334 AB</i></p>  |  <p><i>Reed valve min. thickness = 0.30 mm Must be original from IAME</i></p>  |

