

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

Diseño de un múltiple de escape (*Header Muffler*) para competición. Caso de estudio Chevrolet

Forsa Motor G13B.

Ingeniero

Marcos Martín Ibarra Chimbo

Nota del autor

Marcos Martín Ibarra Chimbo, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director Ing. Edilberto Llanes Cedeño, PhD.

Codirector Ing. Juan Carlos Rocha, Msc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

mibarra.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Marcos Martín Ibarra Chimbo, con cédula de identidad 030124317-6, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

MARCOS MARTIN IBARRA CHIMBO
C.I.: 030124317-6

Dedicatoria

El presente estudio va dedicado con todo mi amor para las dos mujeres que son los pilares fundamentales de mi vida, como hombre al servicio de Dios y la sociedad, así como mi vida profesional.

Para mi Madre Hilda Marianita, que me dio la vida y me dio su apoyo incondicional como gestora de mis metas personales y profesionales, ya que siempre con su bendición supe salir victorioso frente a los retos que me impone la vida.

Y como no para mi Esposa María Fernanda, que tuvo que soportar largas noches de soledad, ante mi ausencia, pero que con todo su amor, apoyo moral y valentía me supo impulsar durante toda esta etapa académica, a quién desde su inicio fue mi fuente de inspiración y respaldo para llegar a cumplir esta meta.

Para ellas mi amor y mi vida entera.

A mi Padre Marco Polo, que desde el cielo siempre guía mis pasos por el sendero correcto, para ti papi donde quiera que te encuentres.

Las Amo

Marcos Martín

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, por darme la vida, la sabiduría, el amor y la pasión por los autos.

A mi madre por todo ese amor y apoyo incondicional que me ha dado durante toda mi vida, y más aún en temas académicos.

A mi esposa por soportar mis ausencias, mis enojos, mis alegrías y sufrimientos durante toda esta etapa de maestría.

A las personas y amigos que hicieron posible que este sueño se haga realidad.

Como olvidar a mis queridos compañeros del Grupo 31 de Maestría MDM, que supieron demostrar durante todo este tiempo, compañerismo, solidaridad y sobre todo amistad de la verdadera.

A mi tutor PhD Edilberto Llanes por confiar siempre en la calidad de mi trabajo.

A César Galarza de talleres “SEREX Racing” quién me dio su apoyo total, confiando en mi trabajo.

A Marlon y Pedro Chalco de talleres TecnoScape por la apertura total para poder confeccionar una autoparte de calidad.

A mis compañeros de Llantar y Troncab en la persona del Dr. Napoleón Cabrera, que supieron entender mi ausencia en pos de mi superación académica y apoyo incondicional.

A mis familiares que de una u otra manera me supieron brindar su apoyo moral

Para todos mis agradecimientos imperecederos, que Dios les pague.

Índice de contenidos

Declaración Juramentada	2
Dedicatoria	3
Agradecimientos.....	4
Índice de figuras	9
Índice de tablas.....	13
Índice de ecuaciones.....	14
Nomenclatura	15
Resumen	16
Abstract	17
Introducción	18
Antecedentes	19
El Problema	20
Justificación e importancia.....	21
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	23
Hipótesis.....	23
Marco Teórico	23
Historia del Suzuki Forsa en el Ecuador.	23
El header Muffler y sus características.....	26
El flujo de gases en los motores de combustión interna.....	28
Rendimiento Volumétrico.	29
El proceso de Combustión.....	30
El efecto de la presión en los sistemas de escape	30
Explicación del fenómeno de la “resonancia”.....	30
Ecuaciones de transporte	34
Conservación de la masa	35
Conservación de la cantidad de movimiento.....	36
Conservación de la Energía.....	37
Transferencia de Calor	38
Ecuaciones Generalizadas para el análisis de Fluidos en sistemas de escape	38

Simulación de fluidos computacional (CFD)	40
Elementos del MEF	42
Curvas características de los MCI	42
Normativa Nacional	44
Método	46
Variables de la investigación.....	46
Descripción del proyecto.....	46
Proceso de análisis CFD para los colectores de escape.....	49
Fase de pre procesamiento.	49
Fase de solución.	49
Fase de post procesamiento	49
Pruebas en el motor G13B con los diferentes sistemas de escape	51
Proceso de pruebas en el banco dinamométrico DYNOCOM Series 5000.....	51
Proceso previo a las pruebas.	51
Set Up de la máquina y el software.	54
Dispositivo handheld (control portátil).	55
Función dinamómetro.....	56
Modo de uso.	57
Prueba de medición de ruido en la salida del escape motor G13B.....	59
Proceso de construcción del header Muffler diseñado	61
Resultados	65
Simulación del comportamiento del flujo de gases en el sistema de escape del motor G13B	65
Análisis del proceso de escape mediante ecuaciones de transporte.	65
Explicación de las características geométricas del colector.	66
Diseño 3D de los colectores.	70
Empleo de las ecuaciones de transporte a los modelos matemáticos	71
Modelado asistido por computadora	76
Múltiple Original.....	76
Header Muffler artesanal.....	77
Header Muffler diseñado.....	79
Diseño de la malla por volúmenes finitos (pre procesamiento)	80
Verificación de la malla.	82
Condiciones de borde	83

Proceso 1-2.....	84
Proceso 2-3.....	85
Proceso 3-4 combustión.....	85
Simulación de cada sistema (pre procesamiento).....	87
Post proceso de resultados.....	90
Múltiple de escape original.....	90
Header Muffler artesanal.....	93
Header Muffler diseñado.....	96
Resultados de las pruebas en el motor G13B con los diferentes sistemas de escape.....	100
Prueba en el banco dinamométrico con el múltiple original instalado.....	101
Prueba en el banco dinamométrico con el header Muffler artesanal instalado.....	105
Construcción de los colectores de escape de alto rendimiento del header Muffler diseñado.....	106
Prueba en el banco dinamométrico con el header Muffler artesanal instalado.....	112
Resultados de las pruebas de medición del ruido en la salida del escape motor G13B con los diferentes sistemas de escape.....	115
Prueba de medición del ruido en la salida del escape con el múltiple original (equipamiento de serie).	115
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	117
Conclusiones.....	127
Recomendaciones.....	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
Referencias.....	132
ANEXOS.....	135
Medidor de nivel de sonido digital SL814 Ruido, Medidor de sonido, Sound Level Meter.....	173
PRODUCT DESCRIPTION MULTIMPETRO DIGITAL OTC SERIE 100.....	175
Project.....	184
Contents.....	185
Report Not Finalized.....	185
Units.....	185
Model (A3).....	185
Geometry.....	185
Coordinate Systems.....	188
Mesh.....	188
Named Selections.....	191

Project	192
Contents	193
Report Not Finalized.....	193
Units	193
Model (A3).....	193
Geometry.....	193
Coordinate Systems.....	196
Mesh.....	196
Named Selections.....	198
Project	200
Contents	201
Report Not Finalized.....	201
Units	201
Model (A3).....	201
Geometry.....	201
Coordinate Systems.....	204
Mesh.....	204
Named Selections.....	206

Índice de figuras

Figura 1. Múltiple de escape de serie motor G13B Chevrolet Forsa II.....	22
Figura 2. Múltiples o colectores de escape individuales (header Muffler) para competición (kraz01, 2010).	22
Figura 3. Suzuki Forsa I y II en sus inicios del automovilismo ecuatoriano (Estadio, Vuelta a la República, 2000).....	24
Figura 4. Motor G13B 8 y 16 válvulas.....	25
Figura 5. Monomarca en el circuito internacional de Yahuarcocha (Estadio, Copa Chevrolet Forsa, 2002).	26
Figura 6. Diferencia entre el header Muffler (tubos individuales) y el múltiple de escape original (equipamiento de serie).	27
Figura 7. Formas de disposición de los colectores de escape (Coello, 2006).	28
Figura 8. Ondas de presión en el escape (Cabrera, 2016).	31
Figura 9. Volumen de Control (Cuadrado Ilba, 2008)	34
Figura 10. Dominio de un tubo representado por los volúmenes de Control (ESSS, 2016)	41
Figura 11. Ajustes en el modelo (Mantilla Juan, 2009).....	41
Figura 12. Curvas características de los motores de combustión interna (Slideshare, 2012).....	43
Figura 13. Datos técnicos Chevrolet Forsa 1.3 GL Motor G13B SOHC (Chevrolet, 2001).....	44
Figura 14. Datos técnicos adicionales Chevrolet Forsa 1.3 GL Motor G13B SOHC (Autodata 3.4, 2015).....	44
Figura 15. Esquema del análisis CFD (Lema Cristian, 2011).	50
Figura 16. Banco dinamométrico Dynocom Series 5000 (Dynocom, 2014)	51
Figura 17. Vehículo Chevrolet Forsa II sobre el banco dinamométrico	52
Figura 18. Anclaje del vehículo mediante el uso de fajas travesaño frontal y ruedas posteriores	52
Figura 19. Tubería de desfogue y atenuador de ruidos de los gases de escape	53
Figura 20. Sensor de oxígeno conectado a la cañería de desfogue de la salida del escape	53
Figura 21. Especificaciones del vehículo en el Dyno Session.	55
Figura 22. Datos complementarios del motor en el Dyno Session.....	55
Figura 23. Control portátil handheld.	56
Figura 24. Configuración Snapshot.....	57
Figura 25. Lámpara estroboscópica contando las RPM.	57
Figura 26. Botón “GO” del handheld.....	58
Figura 27. Visualización en la pantalla del software Dynocompute X en el monitor	58
Figura 28. Gráfica de resultados de las pruebas en el banco dinamométrico DYNOCOM.	59
Figura 29. Medidor de sonido colocado a la distancia y ángulo especificado	60
Figura 30. Tacómetro digital conectado al cable de la bujía (450 x10 RPM).....	60
Figura 31. Escala digital del medidor de sonido (sonómetro).....	61
Figura 32. Planos del nuevo diseño de header Muffler. (Anexo 13).....	61
Figura 33. Placa de sujeción de la salida del cabezote hacia los tubos header.....	62
Figura 34. Esquema del proceso de fabricación del header Muffler	62
Figura 35. Ecuaciones totales de las funciones de raíz del colector de escape.	65
Figura 36. Curva de la función $f(x) = x * 4$	66

Figura 37. Curva de la función $f(x) = 3x * 4$	67
Figura 38. Curva de la función $f(x) = 4x * 4$	67
Figura 39. Curva de la función $f(x) = 5x * 4$	68
Figura 40. Ecuación de la función de la circunferencia	68
Figura 41. Grafica de la función de la circunferencia $f(x) = (x - 5)^2 + y^2 = 25$	69
Figura 42. Tipos de colectores 3D modelados en CAD mediante las funciones de raíz y la seleccionada ($f(x) = \sqrt{(5 \& x) * 4}$) para el diseño.	70
Figura 43. Discretización del dominio de flujo (Cuadrado Ilba, 2008, pág. 23).....	71
Figura 44. Variable: Densidad del flujo en función del tiempo.	73
Figura 45. Variable: Cantidad de movimiento del flujo en función del tiempo	73
Figura 46. Variable: velocidad de flujo en función del tiempo	74
Figura 47. Variable: Energía en función del tiempo	75
Figura 48. Variable: presión en función del tiempo	75
Figura 49. Modelado múltiple original de escape (equipamiento de serie) perspectiva isométrica	76
Figura 50. Vistas frontal y superior del modelado múltiple original de escape (equipamiento de Serie) ...	77
Figura 51. Modelado header Muffler artesanal perspectiva isométrica	77
Figura 52. Header Muffler artesanal (real)	78
Figura 53. Vistas lateral y frontal del modelado header Muffler Artesanal	78
Figura 54. Modelado header Muffler diseñado perspectiva	79
Figura 55. Vista posterior y lateral izquierda del modelado header Muffler propuesto	79
Figura 56. Mallado múltiple original (equipamiento de serie).....	80
Figura 57. Mallado triangular aplicado al múltiple original.....	80
Figura 58. Mallado triangular aplicado al header Muffler artesanal.	81
Figura 59. Mallado triangular aplicado al header Muffler propuesto.....	81
Figura 60. Jacobian Ratio (Gauss Points) 1.....	82
Figura 61. Curva temperatura – ángulo cigüeñal ciclo Otto (Blair, 1999).	83
Figura 62. Curvas presión – volumen ciclo Otto (Blair, 1999).	84
Figura 63. Configuración flujo ingreso y salida del múltiple original	87
Figura 64. Configuración de las condiciones de borde al ingreso del volumen de control en el software (Fluid Flow) (ANSYS, 2017).	87
Figura 65. Configuración de las condiciones de borde a la salida del volumen de control en el software (Fluid Flow) (ANSYS, 2017).	88
Figura 66. Configuración condiciones de borde de ingreso header Muffler artesanal cilindros en orden de encendido 1-3, 4-2.	88
Figura 67. Configuración condiciones de borde de salida header Muffler artesanal.	89
Figura 68. Configuración condiciones de borde de ingreso header Muffler propuesto, cilindros en orden de encendido 1-3, 4-2.	89
Figura 69. Configuración condiciones de borde de salida header Muffler propuesto.	89
Figura 70. Velocidad Max 932.8 m/s Min 21.89 m/s.....	90
Figura 71. Temperatura Max 1500 K Min 300 K	90
Figura 72. Presión Max 438 300 Pa Min -265 800 Pa	91
Figura 73. Velocidad Max 903.1 m/s Min 0.015 m/s.....	91
Figura 74. Temperatura Max 1 380 K Min 300 K	92
Figura 75. Presión Max 512 800 Pa Min -56 800 Pa	92
Figura 76. Velocidad Max 512.2 m/s Min 0.00029 m/s.....	93

Figura 77. Temperatura Max 1 200 K Min 300 K	93
Figura 78. Presión Max 512 700 Pa Min 2 774 Pa.....	94
Figura 79. Velocidad Max 1 050 m/s Min 360 m/s.....	94
Figura 80. Temperatura Max 1 200 K Min 300 K	95
Figura 81. Presión Max 509 800 Pa Min -11 620 Pa	95
Figura 82. Velocidad Max 460.8 m/s Min 273 m/s.....	96
Figura 83. Temperatura Max 1 300 K Min 300 K	96
Figura 84. Presión Max 581 000 Pa Min 101 300 Pa.....	97
Figura 85. Velocidad Max 402.7 m/s Min 337 m/s.....	97
Figura 86. Temperatura Max 1 287 K Min 330 K	98
Figura 87. Presión Max 500 000 Pa Min 101 300 Pa.....	98
Figura 88. Motor G13B con el múltiple original de escape (equipamiento de serie).....	100
Figura 89. Motor G13B con header Muffler artesanal	100
Figura 90. Múltiple de escape original motor G13B instalado.....	101
Figura 91. Tubo y unión del múltiple original	101
Figura 92. Vehículo durante la obtención de datos	102
Figura 93. Ventana 1 del software que indica el régimen de aceleración y RPM.....	103
Figura 94. Ventana 2 del software que representa las gráficas de potencia, torque y consumo específico	103
Figura 95. Banco dinamométrico con el ventilador frontal.....	104
Figura 96. Ventilador frente al vehículo.....	104
Figura 97. Motor G13B con el header Muffler de construcción artesanal instalado.....	105
Figura 98. Vehículo Chevrolet Forsa II en el taller de TecnoScape para la construcción del header Muffler	106
Figura 99. Verificación de medidas en el cabezote y periferia del motor G13B.....	106
Figura 100. Tubo de 1 ½ Pulg. doblado en la sección del colector	107
Figura 101. Placa de sujeción y headers 1-3 soldados	107
Figura 102. Placa de sujeción y headers 1-3 soldados vista posterior.....	107
Figura 103. Header Muffler en verificación de medidas montado en el cabezote	108
Figura 104. Acople del header 1-3 y 4-2 a la palca de sujeción.....	108
Figura 105. Colectores del header Muffler soldados a la palca de sujeción.....	108
Figura 106. Acople del header Muffler hacia la unión en forma de “Y”	109
Figura 107. “Y” de unión del header Muffler hacia el tubo principal.....	109
Figura 108. Soldadura de la “y” de unión del header Muffler	109
Figura 109. Proceso de pintura del header Muffler.....	110
Figura 110. Proceso de secado del header Muffler	110
Figura 111. Header Muffler terminado y listo para el montaje	110
Figura 112. Diámetro D y espesor e del tubo de acero ST37 (IPAC, 2016)	111
Figura 113. Suelda tipo MIG/MAG: 1. Dirección de la soldadura 2. Tubo de contacto 3. Hilo 4. Atmósfera de gas protector 5. Baño de fusión 6. Cordón de soldadura 7. Metal de base (Wikipedia, 2014)	112
Figura 114. Motor G13B con el header Muffler diseñado, construido e instalado	113
Figura 115. Velocidad Máxima de flujo.....	117
Figura 116 Velocidad mínima de flujo.....	118
Figura 117. Temperatura máxima de flujo.....	120

Figura 118. Temperatura mínima de flujo.....	120
Figura 119. Presión máxima de flujo	121
Figura 120. Presión mínima de flujo	122
Figura 121. Comparación de la potencia en promedio sin ventilador.	123
Figura 122. Comparación de la potencia en promedio con ventilador	123
Figura 123. Comparación del torque en promedio sin ventilador.	124
Figura 124. Comparación del torque en promedio con ventilador	124
Figura 125. Relación aire/combustible en promedio con y sin ventilador	125
Figura 126. Nivel de ruido generado (promedio).....	126

Índice de tablas

Tabla 1.....	39
Tabla 2.....	72
Tabla 3.....	86
Tabla 4.....	99
Tabla 5.....	99
Tabla 6.....	114
Tabla 7.....	116

Índice de ecuaciones

Ecuación (1).....	32
Ecuación (2).....	32
Ecuación (3).....	35
Ecuación (4).....	35
Ecuación (5).....	35
Ecuación (6).....	36
Ecuación (7).....	36
Ecuación (8).....	37
Ecuación (9).....	37
Ecuación (10).....	37
Ecuación (11).....	38
Ecuación (12).....	38
Ecuación (13).....	39
Ecuación (14).....	63
Ecuación (15).....	63
Ecuación (16).....	71
Ecuación (17).....	84
Ecuación (18).....	84
Ecuación (20).....	85
Ecuación (21).....	85
Ecuación (22).....	85
Ecuación (23).....	85

Nomenclatura

CFD: Dinámica de fluidos computacional

DOHC: Double Over Head Cam doble árbol de levas

FEDAK: Federación ecuatoriana de automovilismo y Kartismo deportivo

FIA: Federación internacional de automovilismo

HEADER: Colector de escape individual

MCI: Motor de combustión interna

MEF: Método de elementos finitos

Mesh: Malla

Muffler: silenciador

RC: Renovación de carga

RPM: Revoluciones por minuto

SOHC: Single Over Head Cam árbol de levas simple

Resumen

El presente estudio trata sobre el diseño y construcción de un múltiple de escape para competición denominado *header Muffler*, realizado en el año 2017 en la ciudad de Azogues en el motor G13B SOHC de 1300 cc de un vehículo Chevrolet Forsa II. Se utiliza un método de simulación y comparación con el fin de analizar el comportamiento del flujo de gases de escape con respecto a su diseño original y a una construcción artesanal. Para ello se realizaron varios modelos matemáticos, modelado en 3D, simulación CFD con la ayuda de software especializado, construcción de un prototipo y posterior montaje en el motor del vehículo, con el uso de un banco dinamométrico se realizaron pruebas de potencia, torque y relación aire/combustible demostrando a través de datos comparativos que el mejor diseño se alcanzó con el análisis de la dinámica de fluidos computacional en una adecuada geometría del header, lo que permitió una mayor optimización del rendimiento del motor. En conclusión, la modificación de las características de esta autoparte que se propone en este trabajo optimizó la potencia del motor en 3.3 HP (2,46 KW) y el torque en 6,1 lb*ft (8,27 N*m), de igual manera se demuestra que, con el diseño propuesto se cumple el reglamento en relación con la emisión de ruido, el cual no excede de la norma obteniendo una escala de 103 dB de una máxima de 120 dB.

Palabras Clave: diseño, múltiple de escape, header, potencia, eficiencia, ruido

Abstract

The present study deals with the design and construction of an exhaust manifold for competition called the Muffler header, made in 2017 in the Azogues in the 1300 cc G13B SOHC engine of a Chevrolet Forsa II vehicle. A simulation and comparison method is used to analyze the behavior of the exhaust gas flow with respect to its original design and to a craft construction. For this, several mathematical models were used, 3D modeling, CFD simulation with the help of specialized software, construction of a prototype and later assembly in the motor of the vehicle, with the use of a dynamometric bench were realized tests of power, torque and relation Air / fuel, demonstrating through comparative data that the best design was achieved with the analysis of computational fluid dynamics in an adequate geometry of the header, which allowed a greater optimization of engine performance. In conclusion, the modification of the characteristics of this auto parts proposed in this work optimized engine power at 3.3 HP (2.46 KW) and torque at 6.1 lb * ft (8.27 N * m) In the same way it is demonstrated that, with the proposed design, the regulation is fulfilled in relation to the emission of noise, which does not exceed the norm obtaining a scale of 103 dB of a maximum of 120 dB.

Keywords: design, exhaust manifold, header, power, efficiency, noise

Introducción

Dentro de la preparación de los motores para competencia, una de las modificaciones más importantes (Passaniti, 2007) que los ingenieros y técnicos preparadores de autos de carrera coinciden, es el cambio o modificación de la geometría del múltiple de escape, denominado *header Muffler*.

El presente estudio se enfoca en el análisis de la actuación y comportamiento de los gases de escape que circulan a través del múltiple, para así determinar las condiciones de operación en base al diseño que tenga el *header Muffler* o múltiple. El objetivo principal del análisis es diseñar un *header Muffler* para competición en base a modelos matemáticos y simulaciones CFD, para mejorar la potencia del motor.

Para que todo este proceso se genere, es importante analizar las características geométricas del *header Muffler* y sus condiciones de operación.

El fluido en movimiento en el interior del múltiple, se representada por ecuaciones no lineales, tales como: ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento, ecuación de continuidad, conservación de energía, etc. Las mismas que requieren ser analizadas por el método de elementos finitos (MEF), calculadas matemáticamente, para obtener aproximaciones que permitan observar y demostrar el comportamiento de los fenómenos que ocurren al interior del *header Muffler*.

El proceder de estos fenómenos y sus cálculos se los estudia por medio de la aplicación de softwares especializados, los mismos que apoyan la resolución de las ecuaciones y representan gráficamente el comportamiento del fluido compresible que se transporta al interior del múltiple. Siendo estos una herramienta fundamental para el proceso de diseño del *header Muffler*, lo cual brindará una información rápida sobre el efecto y comportamiento del motor y sus

modificaciones en la trayectoria del gas de escape. Por lo tanto, se puede determinar el diseño ideal.

Las características ideales de diseño y construcción como diámetros, longitudes e inclinaciones del tubo y su conjunto, así como las ventajas y desventajas que la implementación del *header Muffler* en un motor de competencia, serán descritas y estudiadas en los capítulos del presente documento. Llegando a obtener resultados ideales que por medio de la evacuación más rápida de: los gases de escape, elevadas temperaturas, contrapresiones, posterior ingreso de aire fresco al interior del cilindro, mejora del rendimiento volumétrico y finalmente el incremento de potencia, cumpliendo así el cometido de mejorar las prestaciones del motor para competencia.

Antecedentes

En las competencias automovilísticas de nuestro país, el diseño de un colector de escape o *header Muffler* para competición a lo largo del tiempo se lo ha venido realizando artesanalmente según menciona la (Cámara Artesanal, 2017) por parte de mecánicos, escaperos y preparadores de vehículos para competencia. Diseños que no contemplan en su plenitud a los fenómenos físicos que ocurren en los gases de escape al momento del desfogue, ya que no se toman en cuenta análisis apropiados para realizar el diseño óptimo de la geometría de un colector o *header* de escape para un motor de cuatro tiempos que será utilizado en competición con altas exigencias.

Fenómenos físicos como: energía cinética liberada, temperatura de los gases, ondas generadas por el ruido, son considerados analíticamente para el diseño y posterior construcción del colector de escape.

La única visión que tiene el artesano es el de realizar la construcción de un conjunto de tubos individuales a los que denomina “*header*” cumpliendo el objetivo de desfogar los gases de escape

y aumentando el ruido que genera al salir al ambiente, lo que ha decir de los propios artesanos (BLADIMIR, 2017) se pretende mejorar el sonido desde el motor hacia la salida del tubo de escape.

No obstante, la geometría del denominado *header Muffler* implica más que la construcción de un múltiple con tubos individuales de desfogue, sino que implica un estudio que no limite la expulsión de la energía cinética a través de los gases de escape, que genere un incremento de potencia, par y rendimiento sustancial y correcto del motor de competición.

El Problema

En el Ecuador, los vehículos para competición son armados a partir de vehículos de serie (El Comercio, 2014), es decir se modifica un vehículo diseñado y construido para circular en condiciones normales de calle con diferentes componentes adaptados, los mismos que buscan mejorar el rendimiento y sus prestaciones. Las modificaciones y puesta a punto de un vehículo de competición se hacen en base al cambio y adaptación de partes y piezas que no siempre fueron diseñadas para ese auto. El diseño y preparación técnica desde el punto de vista de la ingeniería es más enfocada hacia trabajos académicos de las universidades (Moreno Manuel, 2009) , por lo que tanto los mecánicos escaperos y preparadores de autos de competición optan más por el empirismo, que han sido basadas en la experiencia y habilidad en test de prueba y error durante los años (Pellegrini, 2004).

Por otra parte, enfocándose directamente en el sistema de escape del vehículo, se conoce que el múltiple o colector de escape que viene equipado de serie no disponen de salidas individuales, es decir las salidas de los cilindros se juntan en un punto en común donde se va a conectar el tubo de escape propiamente dicho, lo cual implica una gran desventaja al momento de desfogar los

gases, provocado por la demasiada restricción en la salida de estos (Coello, 2006); teniendo como consecuencia la pérdida de potencia del motor; siendo esto el problema científico del trabajo.

Justificación e importancia

La razón del presente estudio radica en la importancia que tiene en la preparación de motores para autos de competencia, el *header Muffler*; pues un diseño adecuado luego de las pruebas permitirá un mejor rendimiento del vehículo en cada una de las modalidades de automovilismo.

Al mismo tiempo se debe elaborar un proyecto que sea amigable al medio ambiente, es decir el incremento de potencia sin tener que incrementar el nivel de 120 dB que indica el reglamento técnico de Rally y Circuitos (FEDAK, 2017).

Para este estudio de diseño y construcción, se parte de un múltiple de escape de un motor de “serie” o “estándar” figura 1, concentración de altas temperaturas de los gases de escape en el cabezote y cilindro; sin embargo, los constructores tradicionales valoran el ahorro de combustible, la preservación del ecosistema, la economía del consumidor y la mayor durabilidad de los componentes internos de la “máquina”, a la verdadera potencia neta del motor, factor considerado por los fabricantes y preparadores de autos de carrera.

Esto es: que las condiciones de un auto de calle son totalmente diferentes a las de un auto de competencia, el auto de calle ahorra combustible y su durabilidad es extensa además de que sus emisiones son controladas al máximo, en tanto que un auto de competencia se le trabaja al máximo en todas sus partes para obtener el mejor rendimiento.



Figura 1. Múltiple de escape de serie motor G13B Chevrolet Forsa II.

Múltiple original que viene equipado de fábrica con su respectivo deflector de calor, este es un elemento hecho de fundición, a un costado dispone de un agujero roscado para alojar al sensor de oxígeno.



Figura 2. Múltiples o colectores de escape individuales (*header Muffler*) para competición (kraz01, 2010).

Objetivo General

Evaluar el diseño de un *header Muffler* en el vehículo Chevrolet Forsa II con motor G13B, aplicando la simulación en CFD y pruebas dinamométricas con la finalidad de demostrar un mejoramiento en el desempeño mecánico del vehículo.

Objetivos Específicos

Analizar el comportamiento del flujo de gases producto de la combustión en diferentes diseños de *header Muffler*, mediante el análisis de CFD en software (ANSYS, 2017)18 *CFD (Free Student Product)* anexo 1, para la evaluación de la mejor propuesta.

Determinar las variables de presión, velocidad y temperatura a través del *header Muffler* mediante un modelo matemático, para su comparación con el múltiple original y el de construcción artesanal.

Construir el *header Muffler* propuesto, utilizando materiales y herramientas disponibles en el Ecuador y evaluados en el proceso de simulación para su posterior validación.

Comparar el comportamiento del *header Muffler*, múltiple original y el de construcción artesanal con el empleo de un banco dinamométrico, para la evaluación de las curvas características del motor.

Hipótesis

A partir del diseño de un *header Muffler* para el motor G13B considerando la geometría y comportamiento del flujo de gases, se podrá obtener mejoras en el comportamiento mecánico del MCI.

Marco Teórico

Historia del Suzuki Forsa en el Ecuador.

Para demostrar que la potencia del vehículo mejora en base a un adecuado diseño y construcción de un *header Muffler*, se toma como caso de estudio un Chevrolet Forsa con motor G13B; vehículo que ha sido considerado para competencia en las categorías T1 (de 0 a 1250 cm³) y T2 (de 1251 a 1400 cm³), debido a su fácil maniobrabilidad, estabilidad, versatilidad y potencia tanto en pistas de asfalto como grava; el mismo que ha sido preferido desde el año 1989 hasta la

presente fecha (Estadio, Copa Chevrolet Forsa, 2002) por pilotos, mecánicos y auspiciantes de los diferentes eventos “tuerca” del país; de tal forma que, al ser el auto referente en las diferentes modalidades de automovilismo ha llegado a ocupar hasta el 75 % del parque automotor de competencia en el Ecuador, sin embargo, llama la atención, el empirismo que se aplica en el diseño y construcción del *header* para estos bólidos.

Durante el Gobierno de León Febres Cordero a través del “Plan Carro” a mediados de 1988, aparecen por primera vez el Suzuki Forsa 1 motor G10 con un mayoritario componente de piezas japonesas y con ensamblaje nacional, además poseía un motor con 3 cilindros, dando el primer salto a las competencias automovilísticas en 1989; luego en 1992, evoluciona su carrocería y motor, aunque mantiene igual cilindraje (993 cc), a este vehículo posteriormente se le denominaría Suzuki II. Lo novedoso de este auto fue a más de su carrocería el nuevo tipo de cabezote de su motor G10, refiriéndose a su mejorado tren de balancines y dimensiones en las toberas de admisión y escape. Ya para el año 2001 GM evoluciona al Chevrolet Forsa, relanzando al mercado el modelo del Forsa II, esta vez con un motor G13B de cilindrada 1300 cc de 8 y 16 válvulas respectivamente (ver figura 4) (Wikipedia, 2017).



Figura 3. Suzuki Forsa I y II en sus inicios del automovilismo ecuatoriano (Estadio, Vuelta a la República, 2000)

Por lo tanto, el Suzuki Forsa desde su aparición fue el auto referente en el automovilismo nacional, siendo hasta nuestros días, el modelo más codiciado en las pistas a lo largo del país,

teniendo como una de sus características más relevantes el de ser catalogado como un auto deportivo, quizá inconscientemente hecho para la práctica de este deporte, porque desde sus inicios siempre se lo considero como el auto “popular” (ver figura 3).



Figura 4. Motor G13B 8 y 16 válvulas

Su bajo costo, la accesibilidad de repuestos, la facilidad de preparación para competencia, su estética deportiva, su fácil maniobrabilidad han hecho que el Forsa II sea el vehículo de elección por parte de los ingenieros, técnicos y preparadores de vehículos; de tal forma que, el Chevrolet Forsa se ha logrado posicionar como un “auto histórico”, siendo en múltiples ocasiones campeón Nacional de Rally, Circuitos y hasta de la Vuelta a la República del Ecuador que es la prueba más exigente y de mayor trayectoria en el país (documents.MX, 2015).



Figura 5. Monomarca en el circuito internacional de Yahuarcocha (Estadio, Copa Chevrolet Forsa, 2002).

El *header Muffler* y sus características

Dentro del motor de combustión interna (MCI) consta el sistema de escape, el mismo que viene dispuesto desde el múltiple, pasando por el catalizador, el silenciador y la salida.

El *header Muffler* es un colector de escape especial compuesto por tubos separados de la misma longitud y de igual diámetro, cuya misión es facilitar el flujo de los gases de escape. Si se habla de un *header Muffler*, no es más que un sistema de tubos individuales que le permitirán al motor eliminar con mayor velocidad los gases quemados, provenientes del proceso de combustión. A estos tubos individuales se los denomina "***header***" y, se los diseña con tubos de la misma longitud y un diámetro un tanto mayor que el de la válvula de escape permita; con la finalidad de evacuar con mayor facilidad los gases de escape.

Posteriormente estos tubos individuales se vinculan a otros tubos de diámetro más grande, los mismos que van a estar dispuestos en forma de cilindros comunes, es decir con aquellos cilindros que se encuentren en proceso opuesto de combustión, esto con la finalidad de que los mismos, no se saturen de gases con el desfogue de dos cilindros simultáneos y, finalmente los gases viajan por un tubo final hacia la salida pasando por un silenciador o resonador (Coello, 2006).

La industria automotriz evoluciona día a día con el avance de la tecnología, lo cual ha implicado que se realicen investigaciones relacionadas a la mejora de las prestaciones de los motores, y uno de los componentes estudiados es el escape en donde su configuración geométrica mejorando la salida de los gases, alcanzando el motor un incremento en sus parámetros de funcionamiento (Semblantes Y, 2015).

Si se describe al múltiple de escape que viene equipado de serie como tal, se refiere a partes individuales que se unen en un punto común. Este sistema tiene la desventaja de restringir o

limitar la salida de los gases provocando turbulencia y acumulación de altas temperaturas en el punto común y la salida del cabezote, con la consecuente limitación de la potencia del motor.



Figura 6. Diferencia entre el *header Muffler* (tubos individuales) y el múltiple de escape original (equipamiento de serie).

Existen varias formas de configurar un colector de escape, sin embargo, la importancia del diseño de la geometría consiste en que los tubos deben tener dimensiones de longitud iguales desde la salida del cabezote, hasta converger en el tubo de mayor diámetro, esto favorece en varios aspectos como la aerodinámica (flujo), disipación del calor (concentración de temperaturas) y extraordinario rendimiento en altas RPM (potencia). De esta manera con un flujo siempre uniforme y continuo de los gases de escape, los tubos tienen que estar curvados ampliamente en la medida de que el espacio del bastidor lo permita, de tal manera que no se presenten dobleces o arrugas en su trayectoria (Benajes J, 2011).

La disposición en que puede estar instalado un *header* al cabezote del motor se indica en la figura 7 sin embargo, se debe tomar en cuenta espacio donde se va a colocar este dispositivo, para diseñar y construir la geometría en relación con la forma y tamaño de sus curvas (Bermúdez V, 2011).

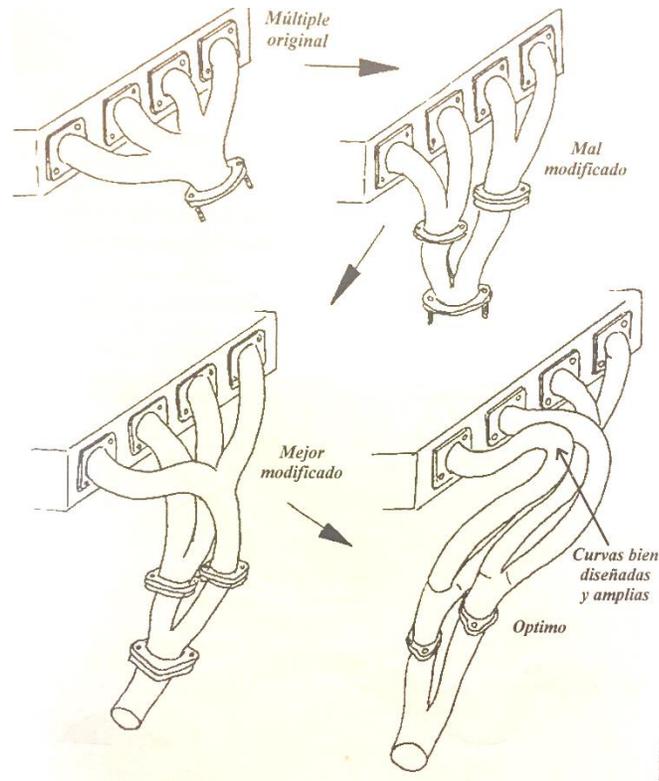


Figura 7. Formas de disposición de los colectores de escape (Coello, 2006).

El *header* con su diseño ideal, tiene mejor flujo de gases en comparación con el múltiple original ya que cada cilindro tiene su propio tubo primario y el desfogue de gas de escape no tiene que hacer presión por el espacio. Los tubos prolongados llegan al colector en el mismo orden que la detonación de los cilindros y los desfuegos que llegan al colector, logran desalojar los gases del siguiente cilindro ya que se crea una zona de baja presión (vacío), que los gases del siguiente cilindro en admisión aprovechan y lo llenan (Cabrera, 2016).

El flujo de gases en los motores de combustión interna

El flujo de gas que circula a través del motor tiene comportamiento inconsistente. A este se lo define como un flujo inestable de gas cuando la presión, velocidad y temperatura varían en el tiempo. Esta diferenciación influye en el comportamiento del gas debido a cambios de la presión

por la apertura y cierre tan rápido de las válvulas, lo que ocasiona que esta cambie con el tiempo, a lo largo de su trayectoria sin importar a que régimen al que se encuentre el motor ya sea a plena carga o ralentí (Mantilla Juan, 2009, pág. 115). El flujo de gas con el pasar de los años y con el aporte de nuevos recursos computacionales han permitido que estas variables sean analizadas para mejorar el diseño de los motores y que estos sean más eficientes.

Rendimiento Volumétrico.

La cantidad de combustible que se quema en cada tiempo de explosión no depende solo de la cilindrada, sino además del grado de llenado del cilindro al final de la admisión. Llamamos rendimiento volumétrico a la relación entre el peso de la mezcla aspirada durante la admisión y el peso del volumen de mezcla igual al volumen del cilindro (Ceac, 1995).

Los factores que influyen son los siguientes.

- Temperatura de los gases de admisión.
- Gases de escape residuales: (son aquellos que no han salido del cilindro en su tiempo, ocupan un espacio que no puede ser ocupado por los de admisión, además ceden estos un calor que contribuye a su dilatación).
- Diseño de los conductos de admisión.
- Diseño de los conductos de escape (el área que deja libre la válvula de escape, diámetro y forma de los conductos y, la resistencia que opone a los gases el silenciador, son causas que influyen en la cantidad de gases quemados que quedan en el cilindro para mezclarse con los de admisión).
- Tiempo de apertura de las válvulas.
- Condiciones atmosféricas y altitud.

El proceso de Combustión.

Un motor genera potencia a través del proceso de transformación química del combustible en calor generándose la combustión al interior de la máquina, a su vez este calor se convierte en trabajo mecánico. Para entender las características que presentan los mecanismos que conforman el MCI se tiene que saber cuáles son las misiones que cumplen.

El efecto de la presión en los sistemas de escape

El diseño de un colector de escape enfocado al concepto de la “resonancia” en un motor de combustión interna hace referencia a las ondas que se generan cuando hay variaciones violentas de presión en ciertas zonas del escape para con el objetivo de aumentar la potencia de un motor.

Explicación del fenómeno de la “resonancia”.

“Cada vez que el ciclo de 4 tiempos hace la fase 4^a (escape) la válvula de escape se abre rápidamente y provoca una onda de presión, o pulso, que viaja a través del escape. Esto ocurre ya que la apertura de la válvula es rápida y, en la cámara de combustión los gases resultantes se encuentran a muy alta presión en comparación con la presión atmosférica que existe en el escape.

Este pulso tendrá dos opciones según a lo que se enfrente, volver como una onda prácticamente igual (algo menor por amortiguamiento y otras pérdidas) si se encontrara con un final cerrado o volver como una onda invertida (“onda de depresión”) si se encontrara un final abierto como puede ser el mismo final del escape. Es este último caso el que concierne, y por eso está representado en la figura 8.

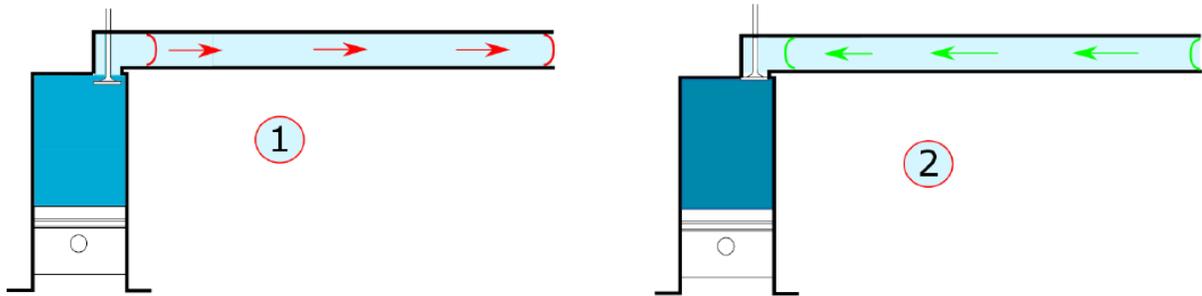


Figura 8. Ondas de presión en el escape (Cabrera, 2016).

1 onda de presión, 2 onda de depresión de los denominados pulsos.

La razón por la cual estas ondas son beneficiosas es bastante lógico, si se consigue que estas ondas de depresión lleguen a la válvula de escape justo cuando ésta se abra de nuevo para la fase de escape del siguiente ciclo, el pistón tendrá que ejercer una fuerza menor para sacar los gases (es decir menos trabajo perdido en el ciclo de 4T) y además se garantiza una mejor evacuación de gases de combustión en el cilindro, lo que mejora la eficiencia volumétrica, ya que el cilindro estará más vacío de sustancias inertes (gases de la previa combustión), las cuales no pueden reaccionar con el combustible. Para conseguir esto, se busca una longitud total del sistema de escape que sea la que recorrería la onda en el tiempo entre una fase de escape y la siguiente. La velocidad de esta onda es la velocidad del sonido más la velocidad del fluido en el escape, pero como la onda va a favor del fluido y después en dirección contraria (contrapresión) (Torregosa A, 2011), a efectos de cálculo se usa la velocidad del sonido solamente ya que se anulan el efecto de la ida y la vuelta” (Cabrera, 2016, págs. 17-19).

Sin dejar de mencionar que la eficiencia volumétrica es: el volumen de mezcla aspirada al interior del cilindro entre el volumen barrido por el pistón (cilindrada de un motor). A mayor eficiencia volumétrica existe una mayor explosión (por lo tanto, entrega de potencia) para una misma cilindrada.

Modelos Matemáticos de Transporte de flujo de fluidos

“El estudio del flujo compresible en los múltiplos del motor se ha aplicado extensivamente para el diseño de motores de competición” (Cuadrado Ilba, 2008, pág. xiii) ya que en sus inicios fue la única herramienta teórica eficaz para aumentar la potencia de salida, siendo válido hasta la actualidad.

En el desarrollo de los MCI si se analiza el ciclo termodinámico en su ciclo abierto que también se lo denomina proceso de renovación de carga (RC) que estudia los fenómenos que ocurren en el múltiple de escape mientras las válvulas permanecen abiertas. Cabe recalcar que la RC enfoca el estudio en la manera que se trasladan los fluidos del motor ya que su influencia es directa en el desempeño, determinando las condiciones en las que ingresa la mezcla fresca hacia el cilindro y, la expulsión de los gases quemados durante cada tiempo. Este análisis permite a través del diseño y control, minimizar el trabajo de bombeo e incrementar el flujo de aire admitido, mejorando la potencia y rendimiento volumétrico en el motor (Cuadrado Ilba, 2008).

Sabiendo que la RC “es el proceso mediante el cual el motor expulsa los gases quemados y admite la mezcla fresca durante cada ciclo” (Cuadrado Ilba, 2008, pág. 2). El trabajo realizado por el pistón para que realice todo este proceso se lo denomina trabajo de bombeo. Por lo tanto, la ecuación 1 y 2 relacionan a la masa de aire que ingresa a la admisión (m_a), el rendimiento volumétrico (η_v) y la potencia que sale del motor de 4 tiempos.

$$P = \eta_f \cdot \dot{m}_a \cdot F \cdot PCI \quad (1)$$

$$P = \eta_f \cdot \eta_v \cdot \rho_{ref} \cdot V_d \cdot n \cdot i \cdot F \cdot PCI \quad (2)$$

Donde:

$$\eta_f = \text{transformación del combustible en energía útil} \quad \left[\frac{kcal}{kg} \right]$$

PCI = poder calorífico inferior del combustible $\left[\frac{kJ}{m^3}\right], \left[\frac{kJ}{kg}\right]$

F = relación estequiométrica (aire/combustible)

ρ_{ref} = densidad de referencia entrada del cilindro $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

V_d = Cilindrada $[cm^3]$

n = rpm (régimen de giro) $\left[\frac{rev}{min}\right]$

i = número de ciclos de potencia por revolución = 0.5 motor 4 tiempos

P = potencia efectiva $[CV]$

Para estudiar los fenómenos de la RC se requieren modelos matemáticos que permitan representar las variaciones de temperatura, velocidad y presión en el múltiple de escape, tomando en cuenta que se trata de un flujo compresible y sobre todo las condiciones a las que el motor estará funcionando.

Existen varios estudios preliminares que analizan la cantidad de variables de los diferentes modelos. Según afirma (Hawort, 2005) los tipos de modelado multidimensional requieren una capacidad computacional alta ya que se deben resolver ecuaciones de flujo para las tres dimensiones físicas adicionando la dimensión del tiempo en los cuales se incluirá los fenómenos turbulentos que perturban al flujo. Para los modelos unidimensionales se clasificarán en tres tipos: modelos cuasi-estables, modelos de llenado y vaciado y, modelos de dinámica de gases. Siendo este último el que describe variaciones espaciales en el flujo y la presión a lo largo de los ductos de diferentes formas y tamaños (Heywood, 1988).

La dinámica en los flujos compresibles del múltiple de escape de un motor de y otras máquinas, considera a ecuaciones genéricas del comportamiento del flujo, descritas matemáticamente. Es decir, para poder determinar las variaciones que producen las propiedades

del fluido (gas de escape) como son: velocidad, temperatura, presión entre otras, se utiliza un sistema de ecuaciones de la conservación de la masa, la energía y la cantidad del movimiento línea, este análisis predice el comportamiento del flujo y su dinámica. El análisis matemático presenta las ecuaciones de transporte, y aplica las leyes de conservación de masa, energía y, momento lineal aplicado a un volumen de control, representado por un elemento de fluido dentro del múltiple de escape (Cuadrado Ilba, 2008). Por lo tanto, se detallan a continuación los fenómenos que afectan al flujo compresible durante el flujo del gas de escape.

Ecuaciones de transporte

En el volumen de control representado en la figura 9 se representan las leyes de conservación de masa, energía y momento lineal y, se observa al cilindro de fluido que viaja a través del múltiple de escape de sección transversal constante donde tenemos un flujo unidireccional en toda la trayectoria.

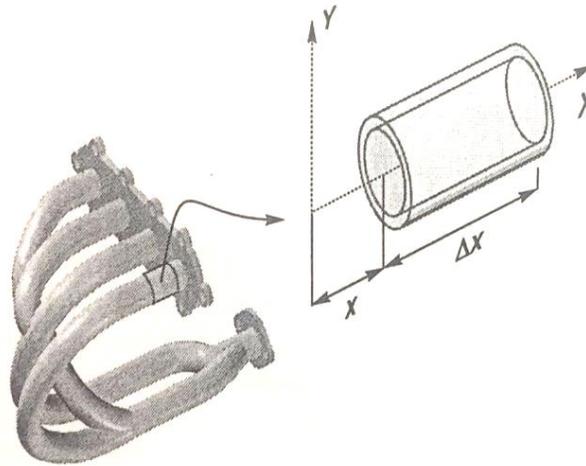


Figura 9. Volumen de Control (Cuadrado Ilba, 2008)

Sección transversal de un múltiple de escape en el plano XY y la variación Δx .

Los balances de energía, masa y momento lineal se definen entre la relación de flujos por unidad de área (flux) ubicados en x y en $x + \Delta x$ para lo cual se emplea la serie de *Taylor* ecuación 3, por lo tanto:

$$(\varphi\rho\mu A)_{x + \Delta x} = (\varphi\rho\mu A)_x + \frac{\partial(\varphi\rho\mu A)_x}{\partial x} \Delta x \quad (3)$$

Dónde: $\varphi = 1$, μ , e_0 para la conservación de masa, el momento y energía respectivamente.

$\rho = \text{densidad} \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$ $\mu = \text{velocidad} \left[\frac{m}{s} \right]$ $A = \text{área} [m^2]$ $\Delta x = \text{variación de } x [m]$

Conservación de la masa

La conservación de la masa ecuación 4, expresa el balance de flujos másicos para un volumen de control. Esta ecuación indica el balance de flujos másicos en el volumen de control: en el flujo neto el cambio de masa en el interior del volumen tiene que ser igual a la diferencia entre flujos másicos que ingresan en x y que salen en $x + \Delta x$. (Cuadrado Ilba, 2008).

$$\frac{\partial(\rho A \Delta x)}{\partial t} = (\rho\mu A)_x - (\rho\mu A)_{x + \Delta x} \quad (4)$$

Al considerar el área transversal constante y si se divide para el volumen ($A \Delta x$) tomando en cuenta las ecuaciones 3 y 4 esta se transforma en la ecuación 5:

$$\frac{\partial(\rho)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\mu)}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

Afirma (Pearson & Winterbone, 2000). en sus investigaciones de flujo en los múltiples que cuando se tienen variaciones en el área transversal los efectos producidos pueden tener la misma

magnitud que los convectivos en los flujos másicos, por lo tanto, se considera este detalle para mejorar el modelo.

Conservación de la cantidad de movimiento

La conservación de cantidad de movimiento ecuación 6, expresa un balance de cantidad de movimiento lineal en el volumen de control. Esta ecuación muestra el balance de cantidad de movimiento lineal en el volumen de control. El cambio en la cantidad de movimiento dentro del volumen debe ser igual a la diferencia entre flujos de cantidad de movimiento que entran y salen, más la resultante de todas las fuerzas externas que actúan sobre el gas o fluido. El balance se va a representar únicamente en la dirección de flujo y siempre como fuerzas en dirección positiva del eje x, despreciando las fuerzas gravitacionales y, tomando en cuenta las fuerzas originadas por el gradiente de presiones y la fricción en las paredes. (Cuadrado Ilba, 2008).

$$\frac{\partial(\rho\mu A\Delta x)}{\partial t} = [((\rho\mu)\mu A)x - ((\rho\mu)\mu A)x + \Delta x] + [(\varphi A)x - (\varphi A)x + \Delta x] - \tau\pi D\Delta x \quad (6)$$

Donde: τ es el esfuerzo viscoso [Pa], D el diámetro del conducto [m], p presión [Pa] y Π relación presión cilindro conducto.

De igual manera si se divide por el volumen ($A \Delta x$), la ecuación se transforma en la ecuación 7:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\mu)u}{\partial x} + \frac{\partial(\rho)}{\partial x} + \frac{\tau\pi D}{A} = 0 \quad (7)$$

Conservación de la Energía

La conservación de la energía ecuación 8, de la misma manera que los anteriores representa un balance dado por la primera ley de la termodinámica “el cambio de energía cinética interna del fluido en el volumen de control, deber ser igual a la diferencia de flujos de energía que entran y salen del volumen con flujos másicos, más el flujo neto de energía por transferencia de calor (convección, conducción y radiación) menos el trabajo realizado por el sistema” (Cuadrado Ilba, 2008, pág. 18).

$$\frac{\partial(\rho_0 A \Delta x)}{\partial t} = [(\rho e_0 \mu A)x - (\rho e_0 \mu A)x + \Delta x] + [(p \mu A)x - (p \mu A)x + \Delta x] + q \quad (8)$$

Dónde: q es el calor transferido desde el volumen hacia los alrededores mediante convección [W] y solo existe trabajo de flujo realizado por las fuerzas de presión que actúan sobre el sistema. Si tenemos en consideración a la entalpía y la energía dada se obtiene la ecuación 9:

$$h_0 = e_0 + \frac{p}{\rho} \quad (9)$$

h_0 = entalpía [J/kg], e_0 = energía [J/kg]

si a esta relación la dividimos para el volumen ($A \Delta x$) la transformamos en la ecuación 10:

$$\frac{\partial(\rho e_0)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u h_0)}{\partial x} + \frac{\partial(p)}{\partial x} - \frac{q}{A \Delta x} = 0 \quad (10)$$

Transferencia de Calor

El flujo transfiere calor a través de los múltiples por conducción, convección y radiación de los cuales el más relevante es la convección y se puede estimar de la siguiente manera ecuación 11:

$$q = h\pi D\Delta x(T_w - T_g) \quad (11)$$

Dónde: h es el coeficiente convectivo [$W/m^2 \cdot K$], T_w es la temperatura media de la pared [K] y T_g la temperatura media del gas [K] (Winternone D, 2000).

Ecuaciones Generalizadas para el análisis de Fluidos en sistemas de escape

Si reemplazamos el esfuerzo viscoso y el coeficiente de convección en función de la fricción de las ecuaciones 5, 7 y 10 y empelando el valor absoluto de la velocidad la transformamos en forma general y para mayor facilidad de resolución en la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial FW}{\partial x} + C(W) = 0 \quad (12)$$

De la ecuación 12, se toman sus parámetros para establecer la Tabla 1; con la continuidad, conservación de la cantidad de movimiento, energía y entalpía.

Tabla 1.

Parámetros ecuaciones de conservación

Parámetros	W	F(W)	C(W)
Continuidad	ρ	Pv	0
Conservación de la Cantidad de Movimiento	ρU	$\rho U^2 + p$	$\frac{2\rho U U f}{D}$
Conservación de la Energía	ρe_0	ρh_0	$-\frac{2f\rho UC_p}{D}(TW-Tg)$

 h_0 entalpía de curva

Nota: tabla de parámetros en función del valor absoluto Fuente: Cuadrado Ilba, 2008, pág. 22.

Las ecuaciones de los fenómenos en estudio se representan en la ecuación 13:

$$W = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho e_0 \end{bmatrix} F(W) = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho h_0 \end{bmatrix} C(W) = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{2\rho U|U|f}{D} \\ -\frac{2f\rho UC_p}{D}(TW-Tg) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Donde: $\frac{\delta W}{\delta t}$ son la acumulación de masa, energía y cantidad de movimiento en el volumen de control; $\frac{\partial F(W)}{\partial x}$ es el flujo neto de las propiedades al pasar por el volumen de control, los mismos que se denominarán términos convectivos; C(W) generación o destrucción de las

propiedades en el volumen de control a los que se les denomina términos fuente. (Cuadrado Ilba, 2008, págs. 21-22)

Para el estudio del header se modela a partir de las ecuaciones de conservación de masa, energía y cantidad de movimiento. Considerando un gas ideal al fluido (aire) que recorre por el tubo y, al flujo se lo considera como unidimensional y transitorio. Con la finalidad de aproximar el modelo matemático a los valores experimentales se toma en cuenta la viscosidad y transferencia de calor por convección se calcula en función de la fricción.

Simulación de fluidos computacional (CFD)

La dinámica de Fluidos Computacional como lo indica su nombre en inglés Computational Fluid Dynamics (CFD) es una ciencia que trata sobre la simulación numérica de flujos de fluidos, transferencia de calor y fenómenos relacionados tales como reacciones químicas, combustión, aerodinámica, etc. Las diferentes ecuaciones que rigen el flujo de un fluido parten de la mecánica de fluidos y son resueltas a través de diferentes métodos numéricos ya que es resultado de la fusión entre la mecánica de fluidos y el cálculo numérico. Todas y cada una de las ecuaciones de conservación son resueltas por CFD (Bisane R, 2014), siendo necesario resolverla por algún método de discretización que por lo general son métodos de elementos finitos (MEF) y de volúmenes finitos donde el dominio continuo es reemplazado por un dominio discreto, los que en conjunto representan el dominio original como lo indica la figura 10.

La región fluida del flujo se divide en una malla o conjunto finito de volúmenes de control.

Los resultados de los análisis CFD se aplican en estudios conceptuales de nuevos diseños y rediseños, complemento de un tipo de producto y complementa a los ensayos experimentales que se realizan a un diseño.

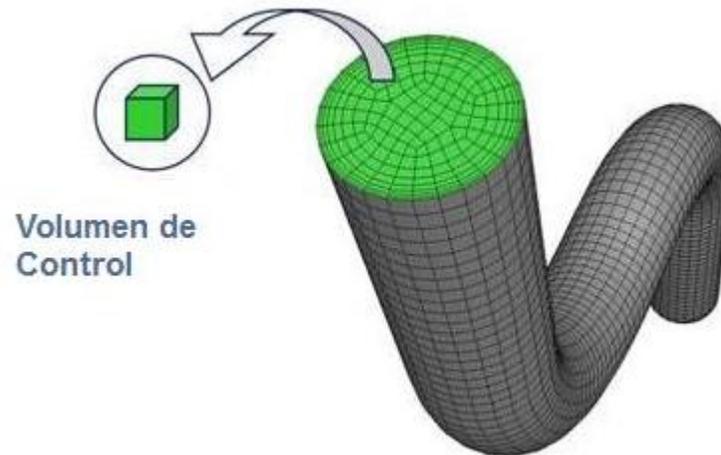


Figura 10. Dominio de un tubo representado por los volúmenes de Control (ESSS, 2016)

El flujo inestable de gases se modela en la forma que se representa en la figura 11, el tubo es dividido en mallas en la longitud L , donde las ondas de presión se propagan de izquierda a derecha; la presión se denomina J . El promedio de la presión a lo largo de la malla se lo determina a través de la transposición del par de ondas de presión en sus extremos.

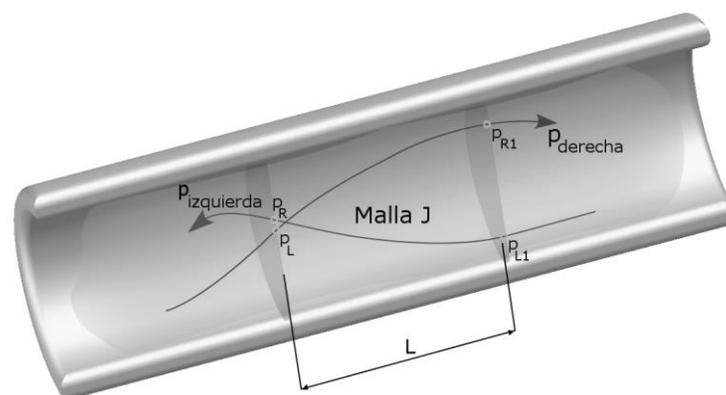


Figura 11. Ajustes en el modelo (Mantilla Juan, 2009).

En la figura 11 se observa un detalle del flujo que circula a través de la sección de un tubo y como se comportan las ondas de presión en la malla.

Elementos del MEF

Las propiedades de los elementos constitutivos definen los datos más relevantes en un software de MEF, la calidad de elementos determina una función de aproximación a lo largo del borde del elemento, es decir que la calidad del modelo de cálculo depende del tipo de malla empleada y de la función de aproximación.

La labor más importante en la aplicación de un software MEF es la generación de los datos que se introducen en el procesador que transforman al modelo real en un modelo de cálculo que generalmente es una geometría CAD de modo que se asemeje a la realidad y la precisión de resultados (Bosch, 2005).

Curvas características de los MCI

Los índices principales de un motor de combustión interna MCI no son constantes durante los ciclos de trabajo. En la figura 12 se indica cómo se produce la variación de torque, potencia y consumo específico producido por el motor en relación con el régimen de giro (RPM) del cigüeñal. Estos parámetros variarán de acuerdo con el tipo y cilindrada del motor, sin embargo, la regla general es que las gráficas descritas mantendrán un patrón similar de potencia, torque y consumo de combustible o relación estequiométrica aire/combustible.

Para ello al motor se lo coloca en un banco de pruebas y su funcionamiento se dará en condiciones de alimentación máxima de combustible.

La curva de potencia se incrementa progresivamente hasta un valor determinado que delimita la máxima potencia, luego decrece rápidamente. La curva del par motor es mucho más sencilla y cuando alcanza su valor máximo también su valor decrece, aunque mucho más lento que la potencia.

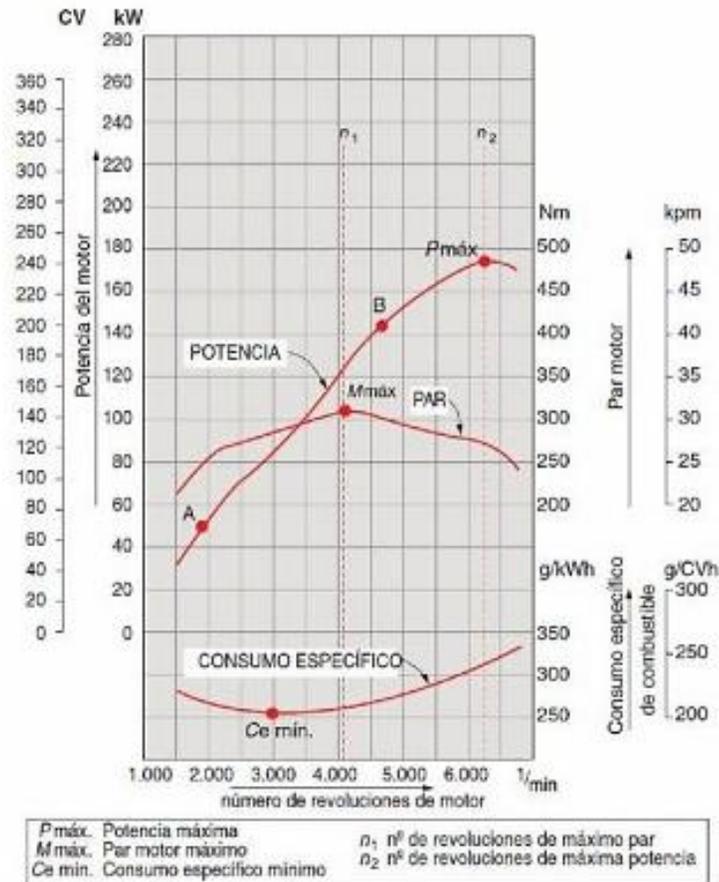


Figura 12. Curvas características de los motores de combustión interna (Slideshare, 2012).

En el eje x se representa el régimen de giro (RPM), mientras que en el eje y , se representa la potencia, torque (par motor) y el consumo específico del combustible o relación A/F (*air/fuel*).

La potencia en el motor de combustión interna va a ser siempre creciente en relación con el incremento de la velocidad de giro, hasta el punto máximo del valor de la velocidad nominal; luego de esto su tendencia será decreciente (Rodríguez P, 2011). El torque o par motor en un motor de combustión interna es relativamente bajo a bajas y altas RPM, los valores máximos de par se establecen a velocidades medias. El consumo específico de combustible tiene un comportamiento como se indica en la figura 12, esto es un consumo mínimo a bajo régimen, pero a medida que la velocidad de giro del motor aumenta, también este tiende a ser creciente.

Para el motor G13B la potencia que dispone el motor 8 válvulas (SOHC) según lo indica la ficha técnica del fabricante en la figura 13 y su ficha completa en el anexo 14, es de 67HP a 6000 RPM y, un torque máximo de 99 Nm a 350 RPM.

Modificación	Caballos de fuerza	Kilovatios
1.3 GL	67 CV	49 kW

Figura 13. Datos técnicos Chevrolet Forsa 1.3 GL Motor G13B SOHC (Chevrolet, 2001)

Nº de cilindros	Tipo: 4/OHC
Cilindrada (Fiscal)	cc: 1298
Relación de compresión	:1: 9,5
Orden de encendido	: 1-3-4-2 ⚠

Figura 14. Datos técnicos adicionales Chevrolet Forsa 1.3 GL Motor G13B SOHC (Autodata 3.4, 2015)

Los datos completos que proporciona el software Autodata 3.4 se pueden observar en el anexo 15.

Normativa Nacional

En el Ecuador, las competencias automovilísticas tienen gran afición entre espectadores, pilotos, dirigentes y técnicos preparadores de autos para competición. Estas son reguladas por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo (FEDAK); dicho organismo tiene determinado diferentes modalidades de competencia tales como: Rally, Circuito, Trepada de Montaña, 4X4 y Karting.

Todas y cada una de estas modalidades de automovilismo, según los estatutos de la FEDAK y, en base a los requerimientos exigidos por el Ministerio del Deporte y abalizados por la

Federación Internacional de Automovilismo (FIA), disponen de reglamentos técnicos y de seguridad; reglamento técnico de circuitos del anexo 2, que establece en su numeral 4.3 que:

“SISTEMAS DE ESCAPE. - Libre en su preparación. El ruido generado por el vehículo no podrá exceder 120 dB medidos a 4500 rpm, medidos a distancia de 50 cm, en un ángulo de 45° del punto de salida del escape” (FEDAK, 2017, pág. 4).

Por lo tanto, para los diseñadores, técnicos y preparadores de autos de competición, se toma en cuenta este parámetro para realizar una modificación, a uno de los elementos más importantes del motor de competición y realizar un diseño *header Muffler*, acorde a las características del motor de competencia y generar un aumento de potencia en el mismo, a través de un desfogue más rápido de los gases, lo que a su vez genera mayor eliminación de energía cinética, disminución de altas temperaturas en el cabezote, con lo que se consigue el ingreso de aire “fresco” al cilindro para generar una mejor combustión, dejando en un segundo plano el “sonido estruendoso” y un adecuado control de ruido sin permitir que sobrepase las normas internacionales y locales 120 dB.

Método

Variables de la investigación

Dentro de las diferentes geometrías de colectores de escape en estudio se tomarán en cuenta, variables que se consideran implícitas en el análisis del flujo de los gases y estas son: presión, temperatura, velocidad; cuya variación Δ al alterar la geometría de los colectores nos dé la relación ideal del desfogue en los gases de escape, sin presentar contrapresiones en el flujo, concentración de temperaturas en el cabezote, ingreso más rápido de la mezcla de aire fresco al cilindro y teniendo como resultado el incremento de la potencia del motor.

Descripción del proyecto

En el trabajo se aplica una investigación cuantitativa, la cual permite establecer una comparativa de las variables potencia y torque en el MCI producida por la variación en el diseño del colector de escape (*header Muffler*).

Los métodos aplicados en el estudio son teóricos, empíricos y matemáticos; los mismos que nos permiten realizar análisis del comportamiento del flujo de los gases de escape, en base a conceptos, técnicas y experimentos realizados en MCI sobre los colectores de escape.

El diseño y construcción del *header Muffler* consta de un análisis de la dinámica de flujos compresibles ya que, se basa en el estudio de la configuración geométrica que, ayuda a mejorar el desfogue de los gases, haciendo que las partículas de estos que salen desde el motor formen ondas de expansión y compresión, luego estas impacten en las paredes de los tubos que conforman el *header Muffler* y retornen hacia la cámara y una parte de esta se recomprima por lo tanto se logra un incremento de los parámetros de funcionamiento y desarrollo del motor G13B (Semblantes Y, 2015).

Para el análisis del sistema de escape del motor G13B en estudio se analiza la geometría, utilizando un método matemático que consta de un sistema de ecuaciones de conservación de masa, energía y cantidad de movimiento lineal; estas ecuaciones proporciona como solución las variaciones de las propiedades del fluido (a través de la dinámica del gas escape) tales como la velocidad, temperatura, presión y volumen en las secciones de un volumen de control que se analiza en diferentes instantes de tiempo (Mantilla Juan, 2009).

Por otra parte, se plantean y resuelven las ecuaciones de funciones de raíz y, de la ecuación de la circunferencia; las mismas que como gráfica resultante genera una geometría con relación a la dimensión y forma de la curva del colector.

Con las ecuaciones de transporte del modelado matemático, se realiza el cálculo de las variables en función del tiempo y con la ayuda del software *Wolfram Mathematica 11*, se obtiene la solución de estas ecuaciones, además de la representación gráfica de estas variables.

La solución de las ecuaciones de transporte da como resultado, las gráficas del comportamiento de la densidad, cantidad de movimiento, velocidad, energía y presión, que son las variables en función del tiempo que ocurren en el flujo de gas al interior del *header Muffler*.

Para el presente estudio se modela en un software CAD (NX 3D) la geometría de los tres múltiples de escape a ser analizados. El modelado incluye a: el múltiple original (equipado de serie motor G13B), *header Muffler* artesanal y para validar el estudio propuesto se realizan cuatro casos de un diseño del colector del *header Muffler*, donde se escoge la propuesta ideal que mejore el flujo de gas, las prestaciones del motor, y por ende la potencia.

Es así como los tres tipos de múltiples de escape son modelados y simulados con la ayuda de recursos computacionales y aplicaciones de especializados como: *Ansys 18.1 CFD (Free Student Product)*. Para ello se selecciona una sección del colector y luego se realiza el cálculo para determinar la precisión y el tamaño de la malla, comparándose los datos que da el *software* entre

las propuestas (múltiple de serie, *header Muffler* artesanal y *header Muffler* diseñado). Se analiza las condiciones de borde de cada geometría.

Una vez modelado, se genera la malla, al cual se verifica y mejora en *Fluid Flow CFX* de *Ansys* y se simula el flujo de gas que cada uno de los colectores genera de acuerdo con el orden de encendido del motor G13B (1-3, 4-2) para su respectivo análisis comparativo, posteriormente se realiza el post proceso del flujo de gas para su representación gráfica.

En la parte experimental se realiza una comparativa entre los múltiples original y *header Muffler* de construcción artesanal, para ello se someten a pruebas en el banco dinamométrico con la finalidad de obtener y corroborar los datos de potencia, torque y consumo específico o relación aire/combustible “*air/fuel*”, así como del ruido generado por los gases de escape al momento de salir hacia el ambiente, para ello se aplica la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 0960) del anexo 3, que “establece el método general de ensayo para motores de vehículos automotores, para evaluación de su rendimiento con el propósito de la elaboración posterior de potencia y consumo específico de combustible a carga completa, como funciones de la velocidad de la máquina” (NTE INEN 960, 1983-04, pág. 1).

Una vez determinado el diseño teórico ideal, se construye el *header Muffler* con tubos de acero ST37 de 1 ½ y 2 ½ pulgadas, y soldados con *MIG (Metal Inert Gas)* con las dimensiones establecidas de acuerdo con el modelo matemático para los colectores (función de raíz) y a la propuesta que mejor desempeño y desfogue de los gases de escape presenta los cálculos. Se monta en el motor G13B en estudio y de igual manera se procede a realizar las pruebas sobre el banco dinamométrico, adicionalmente se aplica la prueba de ruido que establece el reglamento de competencias de la (FEDAK, 2017).

Una vez obtenidos todos los datos de los tres modelos (original, artesanal y diseño propuesto) en estudio, se realiza la tabulación y comparación de los datos para analizar y discutir los resultados obtenidos y emitir las conclusiones respectivas.

Proceso de análisis CFD para los colectores de escape

Tomando el modelado se inicia el análisis CFD, determinando las condiciones elementales del mismo como se plantea en la sección de modelos matemáticos, que fueron resueltos mediante las ecuaciones de raíz y de transporte, donde se observa el comportamiento de las variables: presión, velocidad, temperatura, cantidad de movimiento y energía, en la geometría del colector.

El proceso a seguir en el análisis CFD es el siguiente:

Fase de pre procesamiento.

Se selecciona el área o dominio de la geometría a ser analizado, se genera la malla (*mesh*) del volumen de control y las condiciones de frontera (límites) que se aplican.

Fase de solución.

Existen tres técnicas de solución numérica: los métodos espectrales, diferencias finitas (volúmenes finitos) y elementos finitos. El presente estudio se basa en el análisis de turbulencia *K-Épsilon*, que se resuelve por medio de las diferencias finitas por tratarse de un volumen finito; y se simula en el software CFD.

Fase de post procesamiento.

En esta fase se puede observar la geometría de los colectores de escape (incluido el *header Muffler*) con su respectiva malla, así como sus líneas de flujo en forma de vectores, rastreo de

partículas, superficies 2D y 3D. El flujograma a seguir puede ser representado según la figura 15, tomándose como referencia el trabajo de Lema Cristian (2011).

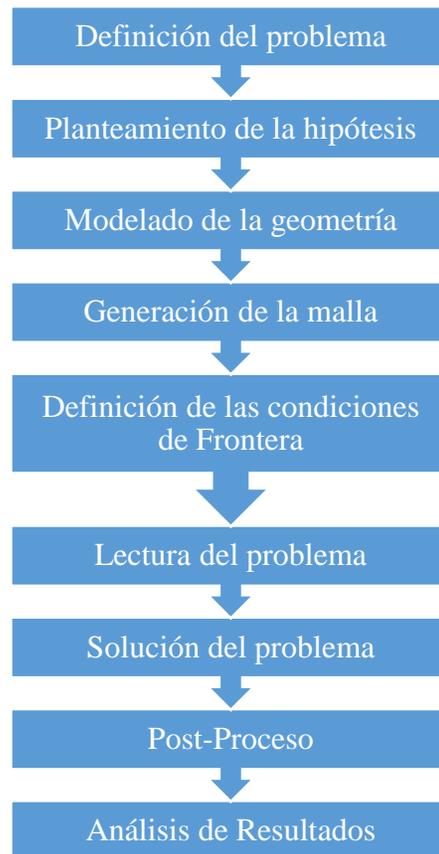


Figura 15. Esquema del análisis CFD (Lema Cristian, 2011).

El esquema representado en la figura 15, indica los pasos a seguir para la metodología de análisis CFD en el software especializado, de acuerdo a la geometría de cada colceter de escape en estudio.

Las etapas de pre procesamiento y post procesamiento en el software, se observan esquematizadas en el flujograma.

Pruebas en el motor G13B con los diferentes sistemas de escape|

Proceso de pruebas en el banco dinamométrico DYNOCOM Series 5000.

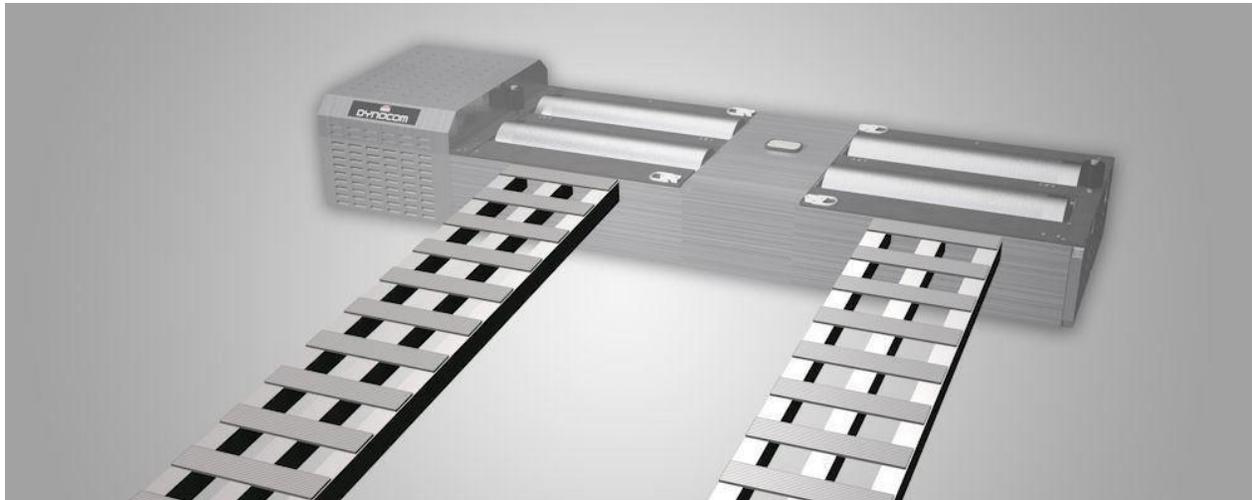


Figura 16. Banco dinamométrico Dynocom Series 5000 (Dynocom, 2014)

Al realizar los diferentes ensayos en el banco dinamométrico se toma en cuenta lo estipulado en la NTE 960 “ Vehículos Automotores. Determinación de la potencia neta del motor”. Según el catálogo del fabricante, el proceso de medición cumple los requerimientos de la mencionada Norma. Las pruebas se realizan en los talleres *SEREX Racing* de la ciudad de Gualaceo ,en un dinamómetro *Dynocom Series 5000* (anexo 4), es capaz de soportar velocidades de hasta 155 km/h y 800 HP, dispone de un peso máximo de 6500 lbs y su rango de distancia de rodillo es de 36” a 86”, el mismo que fue diseñado para pruebas en automóviles de tracción delantera y posterior, compactos deportivos camiones a diésel entre otros (Salazar, 2016).

Proceso previo a las pruebas.

El proceso previo a la determinación de la potencia del motor se resume de la siguiente manera: Se sube el vehículo a la rampa y rodillos del banco dinamométrico, figura 17.



Figura 17. Vehículo Chevrolet Forsa II sobre el banco dinamométrico

Inmediatamente se activa la parte neumática de los rodillos y la traba central ascienden y se posan sobre las ruedas delanteras, se da marcha al motor del vehículo a velocidad baja, para que este se ubique de manera uniforme sobre los rodillos y, la máquina sense el peso y ubicación del mismo.

Se sujeta al vehículo con fajas ancladas hacia el piso fijo de hormigón y, el otro extremo a las ruedas posteriores y al travesaño frontal del vehículo, con la finalidad de inmovilizarlo de manera segura durante la prueba dinámica y, priorizando la seguridad pasiva al momento de la toma de muestras, figura18.



Figura 18. Anclaje del vehículo mediante el uso de fajas travesaño frontal y ruedas posteriores

Luego en la parte posterior se conecta el tubo de desfogue y atenuado de ruido a la salida del escape, figura 19; cabe indicar que el mismo posee un sensor λ el que a su vez va instalado al analizador de gases que es parte del equipo y mide también el consumo específico como se indica en la figura 20.



Figura 19. Tubería de desfogue y atenuador de ruidos de los gases de escape



Figura 20. Sensor de oxígeno conectado a la cañería de desfogue de la salida del escape

Se mide la presión de los cuatro neumáticos, de manera especial a los que se encuentran sobre los rodillos, los mismos que marcan 27 PSI para que la adherencia de las ruedas sobre los rodillos

sea uniforme y la potencia transmitida desde las ruedas hacia los rodillos también se distribuya de manera similar. Se enciende el motor del vehículo y se lo lleva a la temperatura óptima de funcionamiento, al mismo tiempo que los sensores del banco ubicados en los rodillos miden el peso y velocidad del vehículo, así mismo se procede a llevar a temperatura de funcionamiento a la transmisión, acelerando y cambiando de marchas; este proceso se lo realiza entre las 2000 RPM.

Ya para el procedimiento de medición de la potencia del motor en el banco dinamométrico seguimos estos pasos:

Set Up de la máquina y el software.

Se realiza el *Set Up*, la máquina dispone de dos dispositivos de adquisición de datos, en donde toma como referencia el diámetro de los rodillos, el peso del vehículo, la distancia; que es donde actúa el primero de estos y se le denomina celda de carga que no es más que un transductor que convierte la fuerza en una señal eléctrica la misma que se amplifica y procesa para dar como resultado un dato. Dentro de la adquisición de datos, el segundo dispositivo implementado en el dinamómetro es una rueda perforada en intervalos regulares con un captador magnético el mismo que genera un pulso, que luego se amplifica para obtener la velocidad angular del rodillo a través de un lector óptico.

Se ingresan los datos y se procede a *setear* el *software Dynocompute X* en la pantalla inicial, se da *click* en *File – New session* en el recuadro se introducen los datos de edición, el título (*title*), número de chasis (*VIN*), marca (*make*), modelo (*model*) y año (*year*). Luego se selecciona la opción *Auto-Save All Session Runs To File*, para grabar las mediciones durante la prueba figura 21, damos *click* en siguiente (*next*).

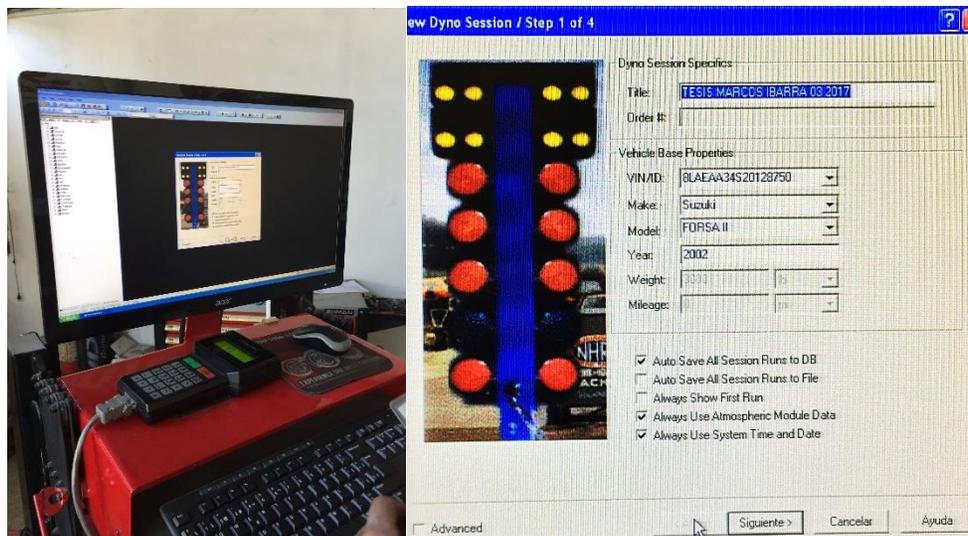


Figura 21. Especificaciones del vehículo en el Dyno Session.

Posteriormente introducimos información complementaria del motor como número de cilindros y régimen de giro RPM, figura 22 y se da *click* en siguiente.

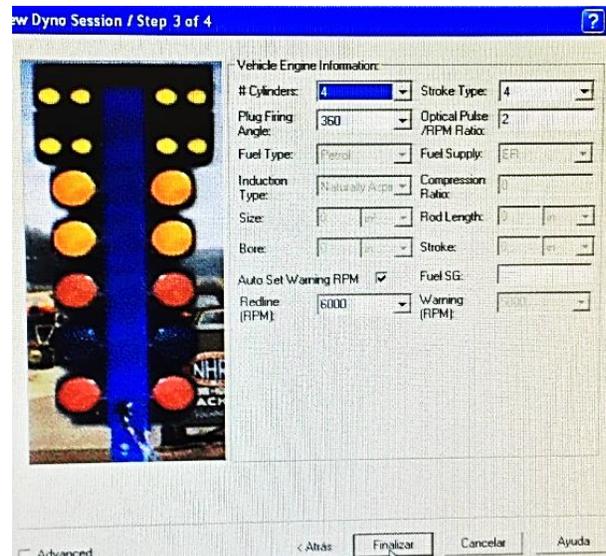


Figura 22. Datos complementarios del motor en el Dyno Session.

Dispositivo handheld (control portátil).

Es un accesorio que permite operar el banco con un control manual de funciones, entre sus características dispone de una pantalla LCD y 5 pulsantes para facilitar el acceso al usuario como se ilustra en la figura 23.



Figura 23. Control portátil handheld.

Este accesorio cuenta dentro de su funcionamiento con: *Down Arrow*: (pantalla siguiente), *Up Arrow*: (anterior pantalla), *minus key* (disminuye parámetros), *plus key* (aumenta parámetros), *dot key* (modo *re-flash*). En la pantalla LCD se observa la información básica del sistema, es decir velocidad del rodillo, RPM del motor y los datos de la relación estequiométrica A/F (aire/combustible) como se aprecia en la figura 23.

Función dinamómetro.

Se realiza el *Set Up* se configura: *cylinders*, *stroke*, *firing angle*, en los que se colocan los datos del Chevrolet Corsa motor G13B, luego en modalidad *Snapshot* como se aprecia en la figura 24, para el análisis de nuestro vehículo con se configura al más cercano en una relación 1:1 en 4^o marcha.

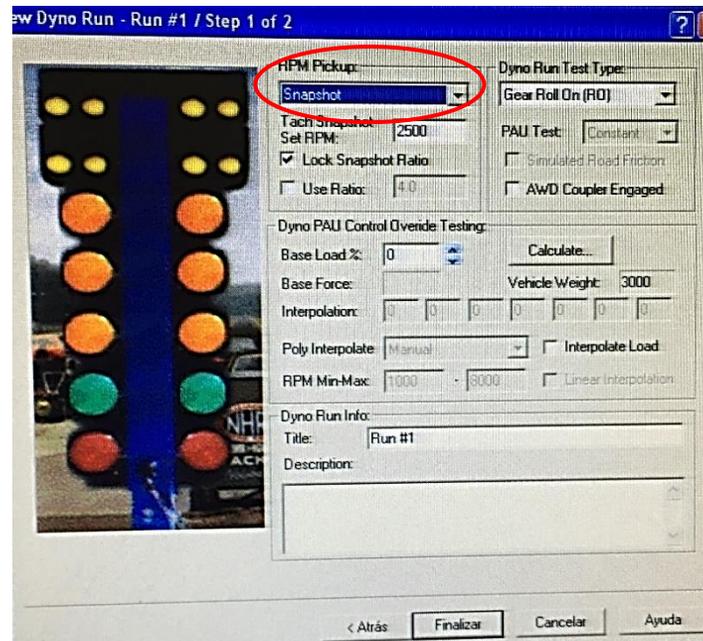


Figura 24. Configuración *Snapshot*

Modo de uso.

Se ejecuta una sesión nueva (*New Session*) en el software *Dynocompute X* para realizar las pruebas en el dinamómetro, una vez configurados los datos explicados anteriormente, se verifica que el vehículo se encuentre en temperatura óptima de funcionamiento, para este caso particular, se conecta una lámpara estroboscópica digital hacia el cable de la bujía, con la finalidad de medir las RPM del motor como se indica en la figura 25, ya que este vehículo no cuenta con tacómetro incorporado.



Figura 25. Lámpara estroboscópica contando las RPM.

Las especificaciones de la lámpara estroboscópica se encuentran en el anexo 16.

Con el control manual *handheld*, se procede a acelerar lentamente el vehículo a través de los rodillos hasta las 2 500 RPM y, se comienza la medición. Se presiona “GO” de color verde del control *handheld*, (figura 26), y se da inicio a la medición “RUN” de la prueba.



Figura 26. Botón “GO” del handheld

Luego de presionar el botón “GO”, el software comienza a recopilar los datos y a la ejecución de inicio y parada de las mediciones de las pruebas, los valores que aparecen en el controlador manual *handheld* también se visualizan en el software como indica la figura 27.



Figura 27. Visualización en la pantalla del software *Dynocompute X* en el monitor

En este instante toda la información que capta el banco dinamométrico es almacenada y posteriormente se grafica al terminar la medición. Para que la medición termine, se alcanzan las 5500 RPM y se presiona nuevamente “GO”. Una vez realizada la medición se deja que la inercia en los rodillos del banco frene paulatinamente el vehículo. En el monitor nos aparece la gráfica de las mediciones realizadas como indica la figura 28.

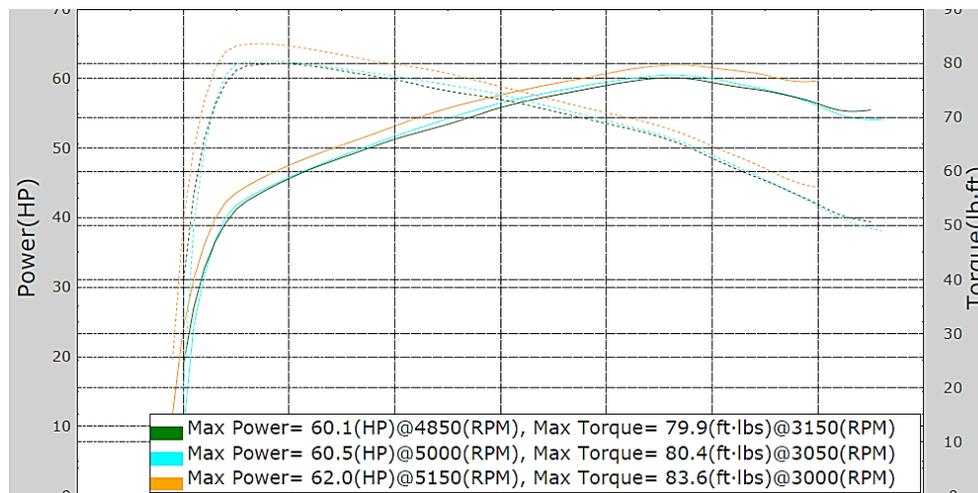


Figura 28. Gráfica de resultados de las pruebas en el banco dinamométrico *DYNOCOM*.

Prueba de medición de ruido en la salida del escape motor G13B

Las pruebas de medición de ruido se realizan en base al reglamento técnico del campeonato nacional de circuitos otorgado por la FEDAK, y se realiza el siguiente procedimiento:

Se coloca el medidor de sonido (sonómetro) modelo SL-814 a una distancia de 50 cm y a un ángulo de 45° desde el punto de salida del escape como se indica en la figura 29.

El medidor de sonido está calibrado y sus especificaciones técnicas se las puede observar en el anexo 17.

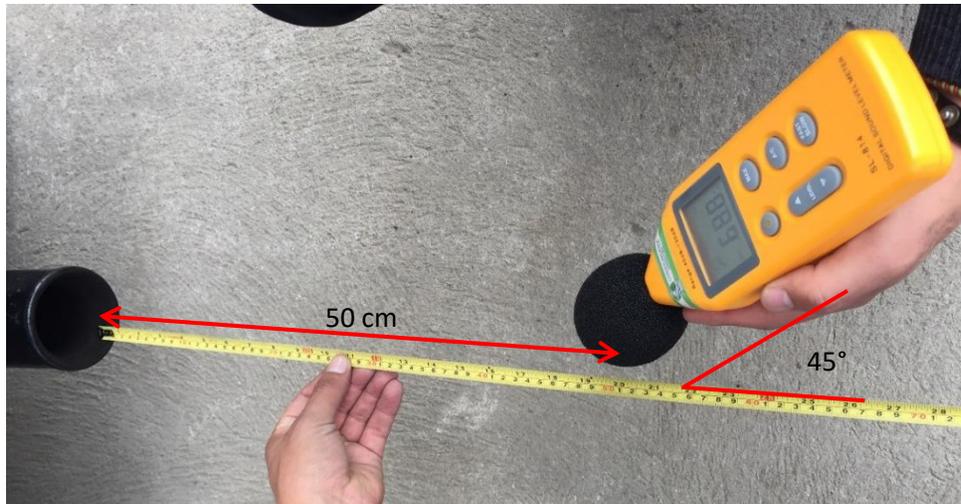


Figura 29. Medidor de sonido colocado a la distancia y ángulo especificado

Luego se enciende el vehículo y se acelera a 4 500 RPM (figura 30) según indica el reglamento y se mide la escala digital en el medidor de sonido sonómetro al momento de alcanzar el régimen del motor indicado como indica la figura 31.



Figura 30. Tacómetro digital conectado al cable de la bujía (450 x10 RPM)

El tacómetro digital es una aplicación del multímetro OTC cuyas características se especifican en el anexo 18, que incluye una pinza para conexión al cable de bujías y medir las RPM.

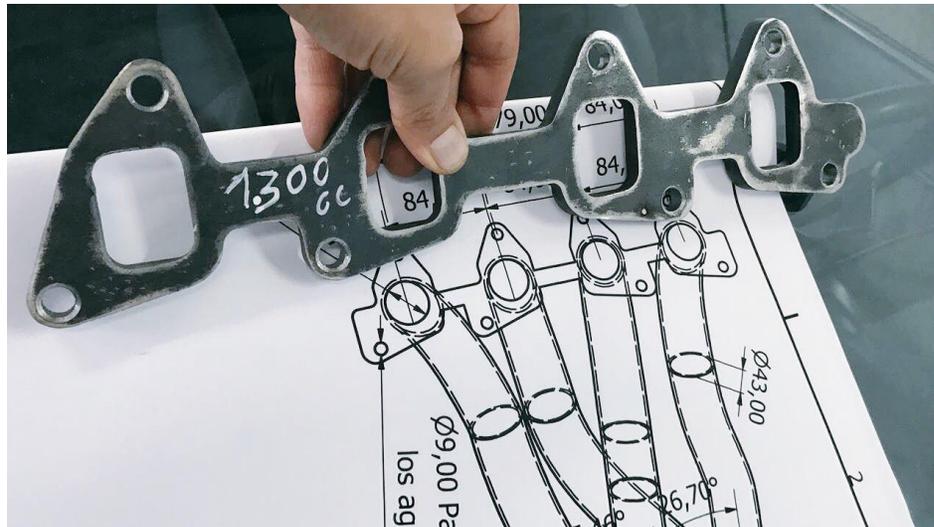


Figura 33. Placa de sujeción de la salida del cabezote hacia los tubos *header*.

Se realiza un breve esquema del proceso de construcción del *header Muffler* tomando como referencia al estudio realizado por Rodríguez (2011), al mismo que le adecuamos al proceso de construcción realizado en el presente estudio según indica la figura 34.

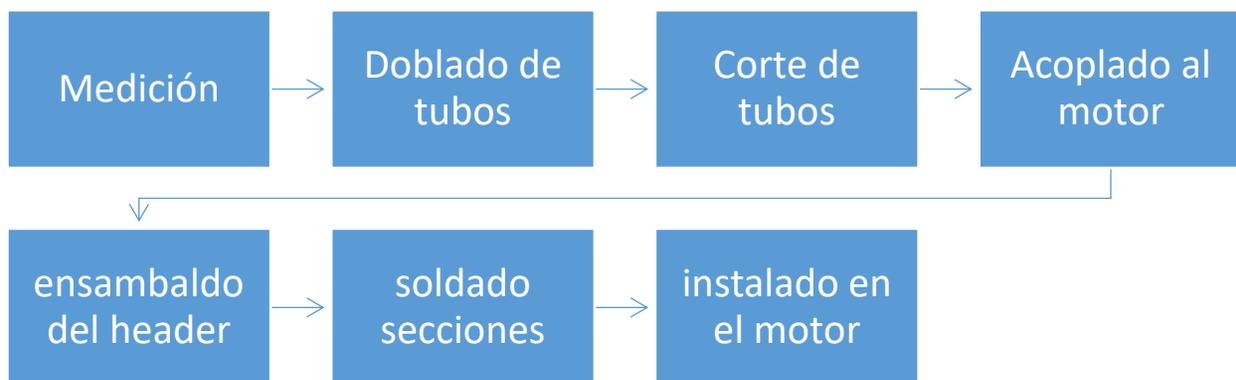


Figura 34. Esquema del proceso de fabricación del *header Muffler*

El proceso de construcción desde los colectores hasta el *header Muffler* completo, se describe de la siguiente manera:

Para la confección de los tubos individuales o *header* se aplicarán estos conceptos referidos al autor (Guillieri, 2000), el cual sugiere la aplicación de estas pautas para la determinación del colector de escape.

La aplicación de cálculos para la construcción del diseño de *header Muffler* en base al modelo matemático de colector propuesto, teniendo como resultado la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$Lc = \frac{13.000 (Ge)}{RPM(6)} \quad (14)$$

$$\phi = 2 \sqrt{\frac{Vc(2)}{Lc(\pi)}} \quad (15)$$

Donde:

Lc = es la longitud del header [cm]

Ge = valor en grados del diagrama de distribución del escape Motor G13B (84.62 °)

RPM = régimen máximo del motor (5 500)

Vc = Volumen unitario del cilindro para el motor G13B (1 298/4) [cm^3]

6 y 13 000 son valores constantes

$$Lc = \frac{13.000 (84.62)}{5500(6)} = \mathbf{33.33 \text{ cm}}$$

$$\phi = 2 \sqrt{\frac{324.5(2)}{33.33(\pi)}} = 4.279 \text{ cm} \approx \mathbf{1.5 \text{ in}}$$

Se realiza la verificación de las medidas y del diseño tomando como base el plano, verificando el espacio disponible en la periferia y toberas de escape del cabezote del motor G13B, luego se toma el tubo de 1 ½ in. y se lo dobla en la sección del colector de acuerdo con la dimensión especificada en el plano, con su ángulo y forma de la curva, para determinar la precisión de esta curva se utiliza un reloj comparador y un flexómetro, con lo que se corroboran las medidas.

Se realiza el corte de los tubos que conformarán los *headers* o tubos individuales de 33.33 cm de largo con una cortadora de disco, proceso similar se lo realiza en los tubos 1, 2, 3 y 4, siempre revisando las medidas y el ángulo del dobléz con la ayuda de un calibrador y un flexómetro.

Para la unión en forma de “Y” de los *headers*, si mide, acopla y se vincula a estos en la unión con un tubo de diámetro 2 ½ in. de diámetro, para luego ser acoplados con el tubo principal.

Aparte se corta con plasma una plancha de 1/4 in. para realizar la placa de sujeción con la ayuda de plasma corte, con las medidas especificadas en el plano. Seguidamente se mecaniza los agujeros de alojamiento de los tubos y se pule.

Se monta la placa sobre el cabezote y se coloca cada header en su ubicación para luego proceder a colocar puntos de suelda que sujetaran a los mismos referencialmente hasta colocar los cuatro tubos en su posición sin que afecten los componentes periféricos del motor, se acoplan los tubos de desfogue y, unión en forma de “Y” al tubo principal con los respectivos dobleces y placa de unión.

Finalmente se desmonta el *header Muffler* del motor para proceder a la suelda completa de los tubos con suelda de tipo “MIG/MAG”, realizando los cordones a través de la periferia de los diámetros de los tubos y placas sujetados en una prensa.

Una vez enfriado el sistema se realiza un pulido, eliminación de limallas y se lo pinta con una pintura especial de poliuretano resistente a las altas temperaturas, se lo deja secar y se lo monta en el vehículo para luego encenderlo y verificar si no existen fugas, con ello culmina el proceso de fabricación.

Resultados

Simulación del comportamiento del flujo de gases en el sistema de escape del motor G13B

Análisis del proceso de escape mediante ecuaciones de transporte.

Aplicando las ecuaciones de las funciones de raíz y de la circunferencia, mismas que se ingresan para su solución en el *software Wólfram Mathematica 11*, se obtienen las gráficas de estas funciones con las longitudes y formas de curva del colector, de la cual se escoge una. El sistema de ecuaciones que se ingresa para la solución como se muestra en la figura 35:

```

Plot[{{ $\sqrt{x} * 4$ ,  $\sqrt[3]{x} * 4$ ,  $\sqrt[4]{x} * 4$ ,  $\sqrt[5]{x} * 4$ }, {x, 0, 10}}, Axes → True, GridLines → Automatic,
[representación gráfica] [ejes] [verd... [parrilla de lín... [automático]
GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed], AxesLabel → {"cm", "cm"}]
[estilo de parrilla de l... [directiva] [negro] [rayado] [etiqueta de ejes]
Plot[{{ $\sqrt{x} * 4$ }, {x, 0, 10}}, Axes → True, GridLines → Automatic,
[representación gráfica] [ejes] [verd... [parrilla de lín... [automático]
GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed],
[directiva] [negro] [rayado]
AxesLabel → {"cm", "cm"}, PlotLabel → "f(x) =  $\sqrt{x} * 4$ "
[etiqueta de representación]
Plot[{{ $\sqrt[3]{x} * 4$ }, {x, 0, 10}}, PlotStyle → Orange, Axes → True,
[representación gráfica] [estilo de repr... [naranja] [ejes] [verdadero]
GridLines → Automatic, GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed],
[parrilla de lín... [automático] [estilo de parrilla de l... [directiva] [negro] [rayado]
AxesLabel → {"cm", "cm"}, PlotLabel → "f(x) =  $\sqrt[3]{x} * 4$ "
[etiqueta de ejes] [etiqueta de representación]
Plot[{{ $\sqrt[4]{x} * 4$ }, {x, 0, 10}}, PlotStyle → Green, Axes → True,
[representación gráfica] [estilo de repr... [verde] [ejes] [verdadero]
GridLines → Automatic, GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed],
[parrilla de lín... [automático] [estilo de parrilla de l... [directiva] [negro] [rayado]
AxesLabel → {"cm", "cm"}, PlotLabel → "f(x) =  $\sqrt[4]{x} * 4$ "
[etiqueta de ejes] [etiqueta de representación]
Plot[{{ $\sqrt[5]{x} * 4$ }, {x, 0, 10}}, PlotStyle → Red, Axes → True,
[representación gráfica] [estilo de repr... [rojo] [ejes] [verdadero]
GridLines → Automatic, GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed],
[parrilla de lín... [automático] [estilo de parrilla de l... [directiva] [negro] [rayado]
AxesLabel → {"cm", "cm"}, PlotLabel → "f(x) =  $\sqrt[5]{x} * 4$ "
[etiqueta de ejes] [etiqueta de representación]

```

Figura 35. Ecuaciones totales de las funciones de raíz del colector de escape.

Explicación de las características geométricas del colector.

Para el diseño del colector de escape del *header Muffler* se proponen cinco características geométricas de la curvatura del colector como lo recomienda (Checa, 2017), cuatro toman como base a una función de raíz y una quinta geometría está definida por la función de la circunferencia. Estas funciones se encuentran delimitadas dentro de un dominio de 0 a 10 cm y, en un rango de 0 a 12.5 cm en base al espacio físico disponible en la periferia del motor G13B; para lo cual cada una de estas funciones de raíz se multiplican por 4.

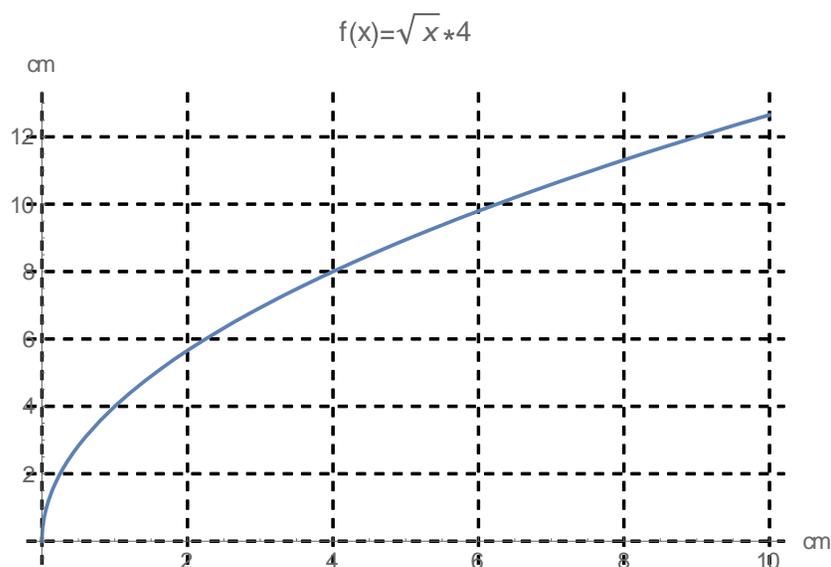


Figura 36. Curva de la función $f(x) = \sqrt{x} * 4$

Se observa que la función de raíz $f(x) = \sqrt{x} * 4$ de la figura 36, genera una curva en un dominio de 10 cm de ancho y de 12.5 cm de alto con un ángulo de curvatura inclinado y no apto para el espacio disponible.

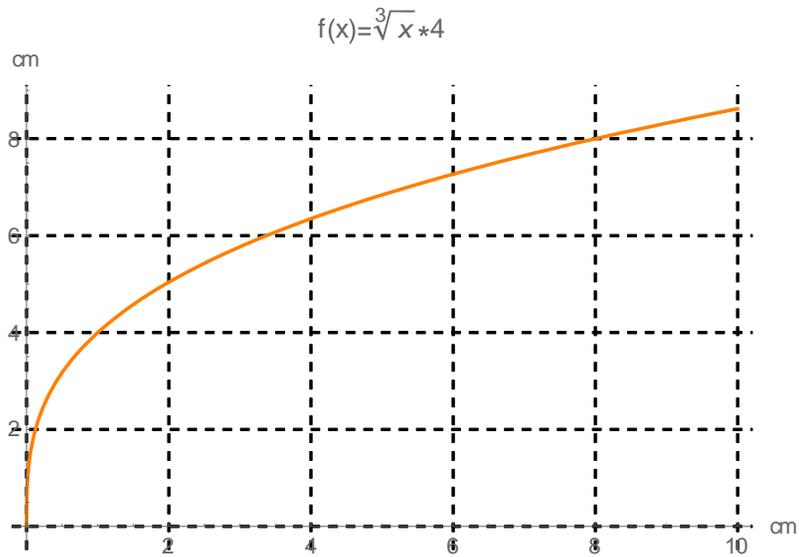


Figura 37. Curva de la función $f(x) = \sqrt[3]{x} * 4$

Para la función de raíz $f(x) = \sqrt[3]{x} * 4$ de la figura 37, se observa que genera una curva en un dominio de 10 cm de ancho y de 8.5 cm de alto con un ángulo de curvatura un tanto cerrado.

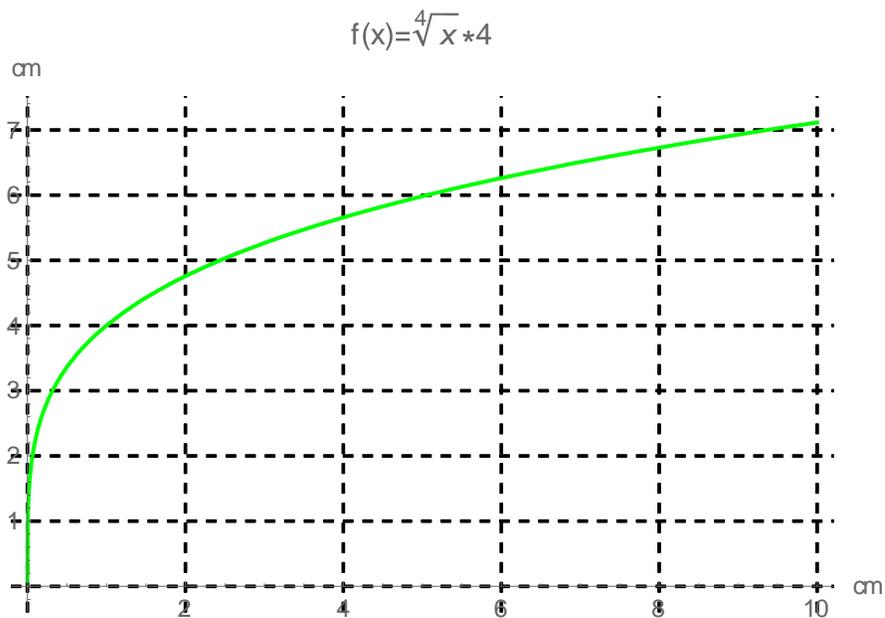


Figura 38. Curva de la función $f(x) = \sqrt[4]{x} * 4$

En la función de raíz $f(x) = \sqrt[4]{x} * 4$ de la figura 38, se observa que genera una curva en un dominio de 10 cm de ancho y de 7.2 cm de alto con un ángulo de curvatura muy brusco en su caída que generaría contrapresiones y un espacio de altura muy reducido.

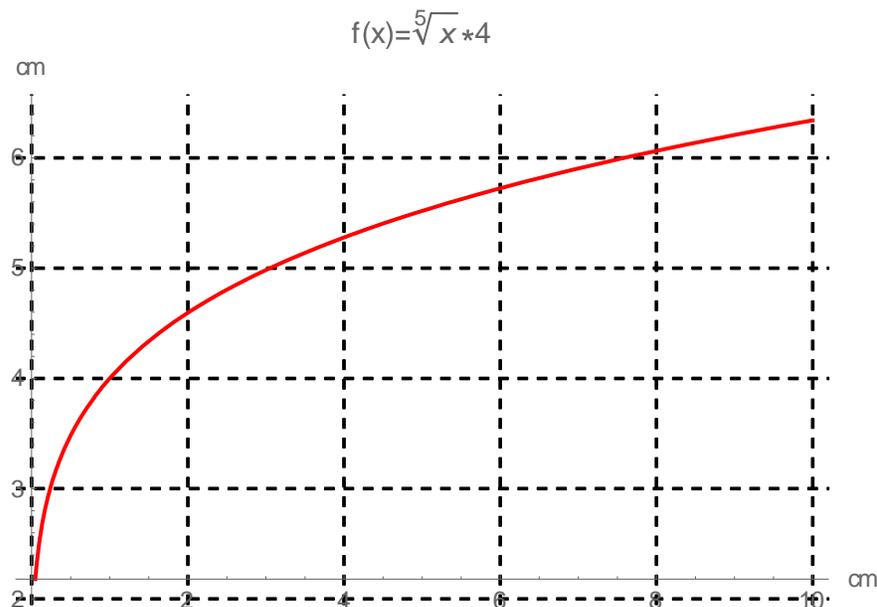


Figura 39. Curva de la función $f(x) = \sqrt[5]{x} * 4$

Se observa en la función de raíz $f(x) = \sqrt[5]{x} * 4$ de la figura 39, que genera una curva en un dominio de 10 cm de ancho y de 6.5 cm de alto con un ángulo de curvatura del colector aceptable e ideal para implementar en el diseño de acuerdo al espacio disponible .

```
ContourPlot[(x - 5)^2 + y^2 == 25, {x, 0, 10}, {y, 0, 10},
[representación de contornos
Axes -> True, GridLines -> Automatic, AxesLabel -> {"cm", "cm"},
[ejes [verd... [parrilla de lín... [automático [etiqueta de ejes
GridLinesStyle -> Directive[Black, Dashed], PlotLabel -> "(x-5)^2+y^2=25"]
[estilo de parrilla de l... [directiva [negro [rayado [etiqueta de representación
```

Figura 40. Ecuación de la función de la circunferencia

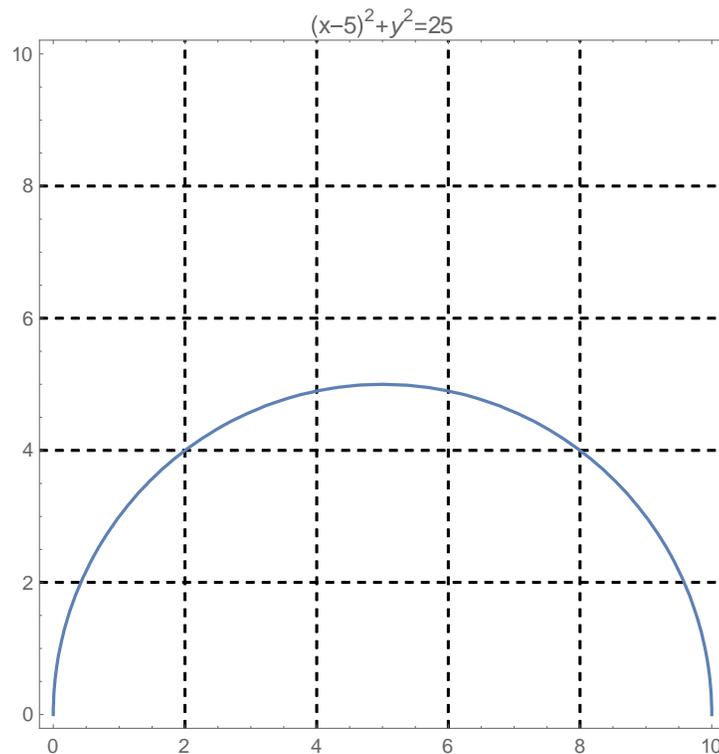


Figura 41. Grafica de la función de la circunferencia $f(x) = (x - 5)^2 + y^2 = 25$

En cuanto a la curva descrita por la ecuación de la función de la circunferencia $f(x) = (x - 5)^2 + y^2 = 25$ (figura 41), se observa que es una curva muy cerrada y en un dominio de 10 cm de ancho con una altura demasiado reducida de 5cm y adicionalmente imposible en nuestro medio de generar una curva perfecta al momento de doblar un tubo.

Se escoge la mejor curva definida por la función $f(x) = \sqrt[5]{x} * 4$ para el modelado del colector del *header Muffler*, ya que cumple las características adecuadas para el espacio periférico del motor G13B, la forma de curva, la dimensión o espacio disponible para el colector y la continuidad que le vaya a dar su trayectoria para la conformación del *header Muffler*.

Diseño 3D de los colectores.

Se modelan los colectores del *header Muffler* con la ayuda de un *software CAD* tomando como base a las curvas obtenidas al resolver las funciones de raíz, así como la función de la circunferencia y luego se procede a darles una revolución para convertirlas en 3D obteniendo las gráficas de la figura 42.

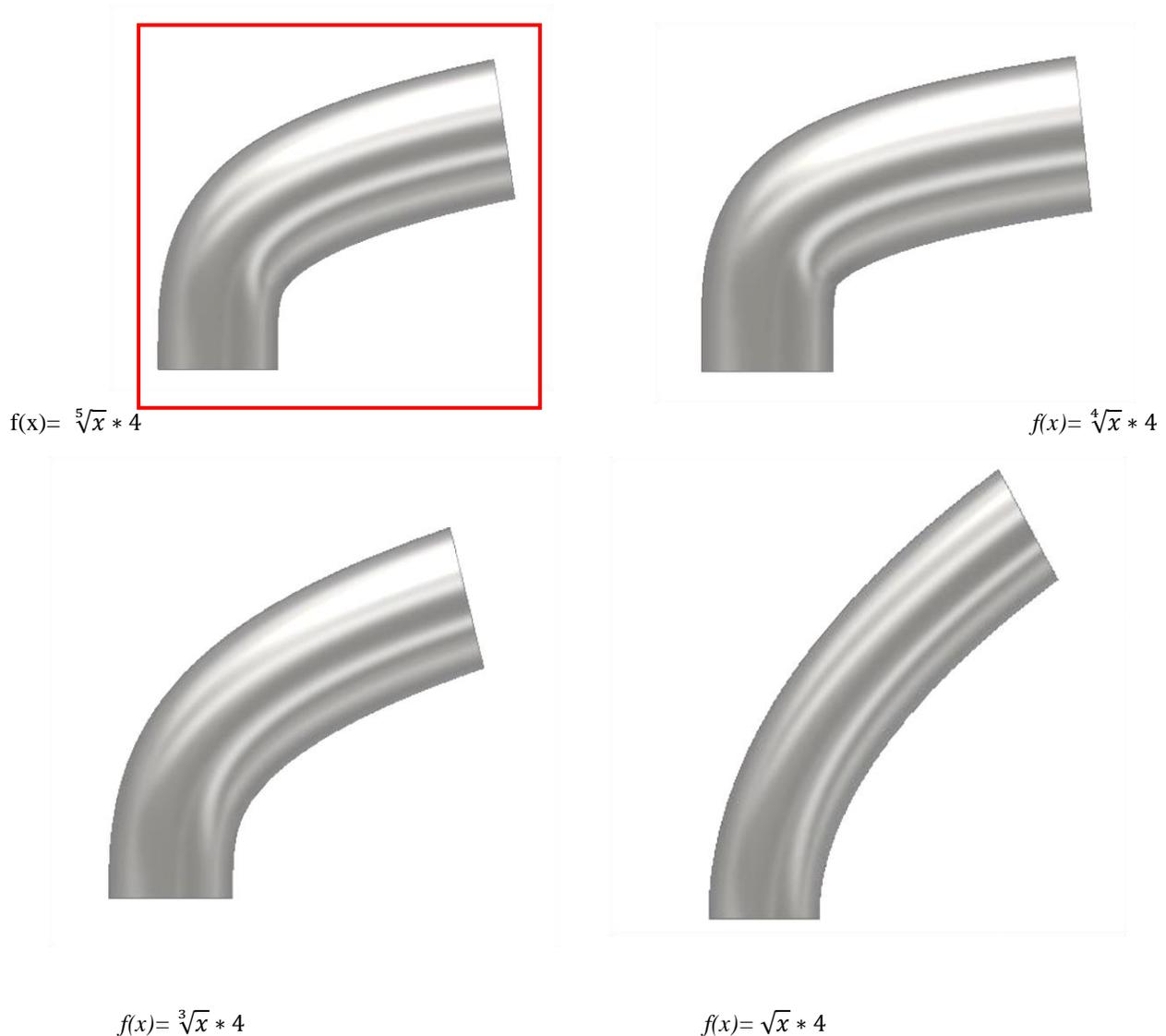


Figura 42. Tipos de colectores 3D modelados en CAD mediante las funciones de raíz y la seleccionada ($f(x) = \sqrt[5]{x} * 4$) para el diseño.

Empleo de las ecuaciones de transporte a los modelos matemáticos

Aplicando el método de volúmenes finitos se resuelven los sistemas de ecuaciones diferenciales parciales, donde representan las variables de estudio citadas anteriormente. Este análisis se resuelve por un finito número de valores que describan en un instante de tiempo, es decir se los discretiza para obtener un sistema de ecuaciones algebraicas que pueden resolverse con mayor facilidad, la discretización del dominio de flujo se representa mediante la figura 43.

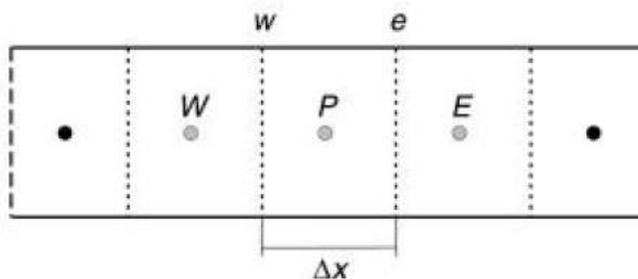


Figura 43. Discretización del dominio de flujo (Cuadrado Ilba, 2008, pág. 23)

En este dominio, cuando el flujo se da en sentido positivo las propiedades de w se acercan hacia el nodo W y las propiedades de e se acercan a P . Cuando el flujo es en sentido contrario, es decir negativo, las propiedades del flujo de w se acercan a P y las de e hacia el nodo E .

Para realizar la determinación del avance del tiempo se aplica la ecuación 16.

$$\Delta t = CFL * \frac{\Delta x}{a+|u|} \quad (16)$$

Donde:

a = velocidad del sonido

u = velocidad del fluido [m/s]

CFL = Criterio de estabilidad (*Courant, Friedrichs y Lewy*) para este caso se recomienda 0.1

Los datos utilizados para la solución se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.

Datos utilizados de las propiedades de frontera

Propiedades	Valor
$eP0$	1.176 kg/m ³
ew	1.206 kg/m ³
$uW0$	1 000 m/s
$PE0$	101 325 Pa
$PW0$	820 000 Pa
TW	2 368.73 K
$TP0$	1 334.37 K
$D1$	0.04 m

Los datos se ingresan al software *Wólfram Mathematica 11*, para su solución, la misma que se puede observar en el anexo 19, y como resultado se obtienen las gráficas de las variables de estudio como densidad, cantidad de movimiento, velocidad, energía y presión del flujo como se ilustran en las figuras siguientes:

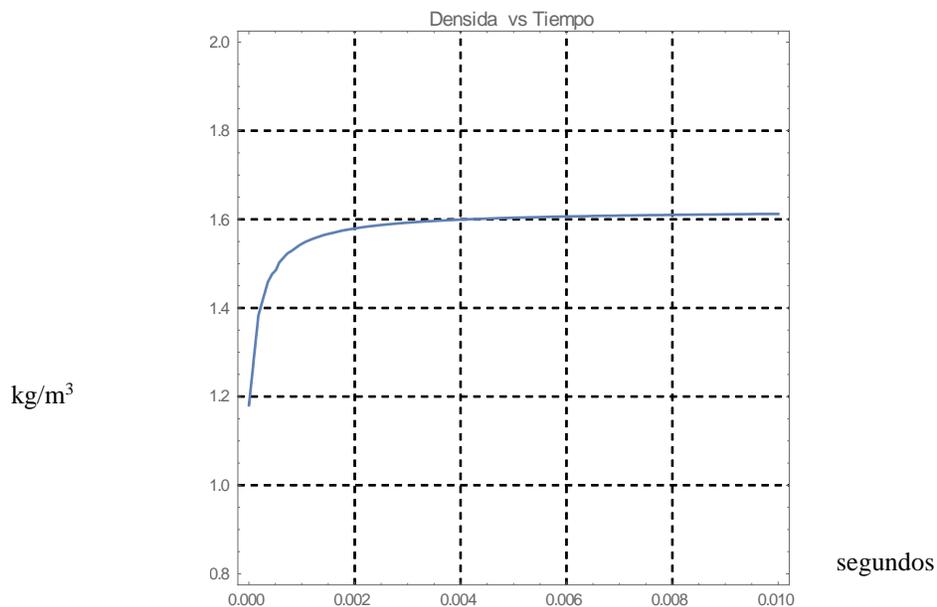


Figura 44. Variable: Densidad del flujo en función del tiempo.

En la figura 44, la solución matemática de las ecuaciones de transporte, grafica la densidad del flujo de gas en función del tiempo, lo cual se interpreta en un rango de 1.2 a 1.62 kg/m^3 en un lapso de 0.010 segundos. Los datos utilizados para realizar en cálculo de las variables de estudio se detallaron en la tabla 2.

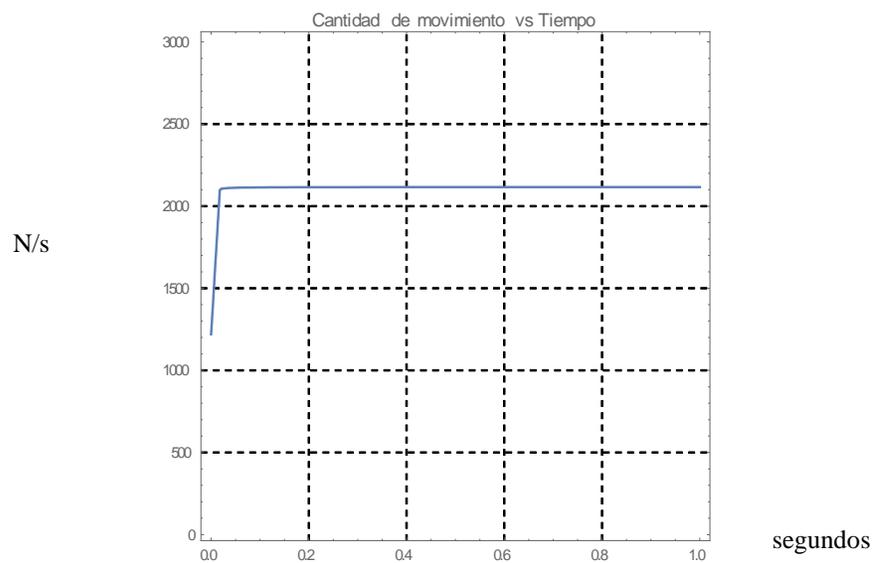


Figura 45. Variable: Cantidad de movimiento del flujo en función del tiempo

La cantidad de movimiento que se grafica en la figura 45 detalla aproximadamente 2120 N/s que se generan en un lapso de 1 segundo.

En el volumen de control en estudio, el cambio de la cantidad de movimiento en el interior debe ser igual a la diferencia entre los flujos de cantidad de movimiento que entran y salen, más la resultante de fuerzas que actúan sobre el fluido (Checa, 2017).

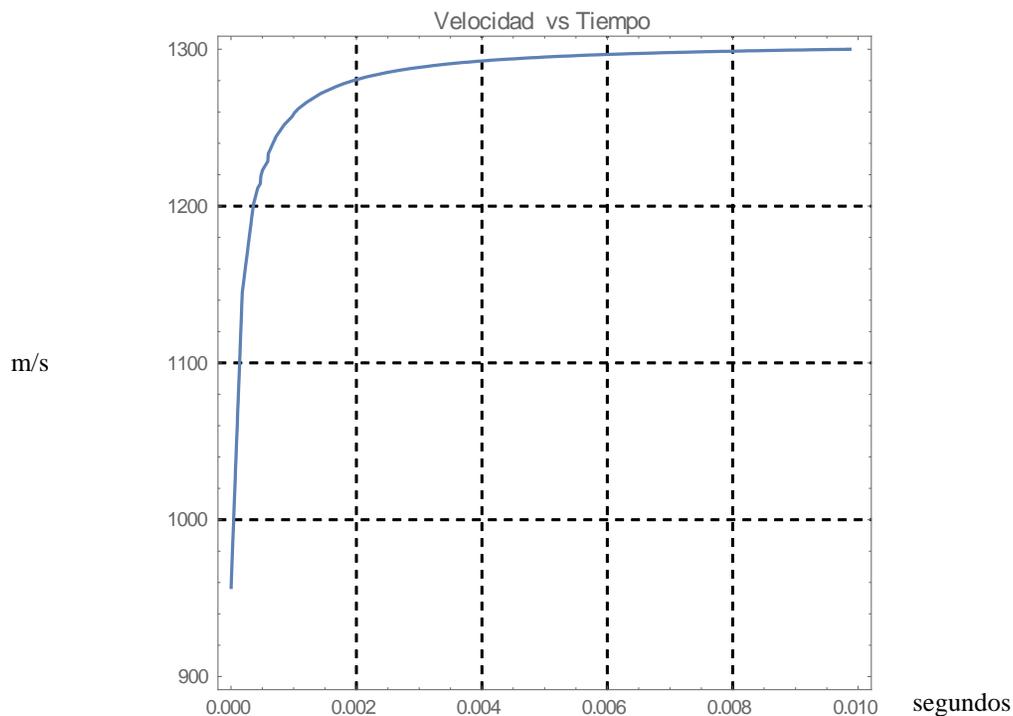


Figura 46. Variable: velocidad de flujo en función del tiempo

La gráfica de la figura 46 representa la velocidad del flujo de gas en función del tiempo, para este caso da una medida aproximada de 1280 m/s en 0.010 segundos.

La velocidad a la que el fluido circula a través del volumen de control demuestra que el flujo sale rápidamente lo cual implica que se libera energía cinética y mejora el rendimiento volumétrico en el proceso de admisión, al ingresar gases frescos al cilindro.

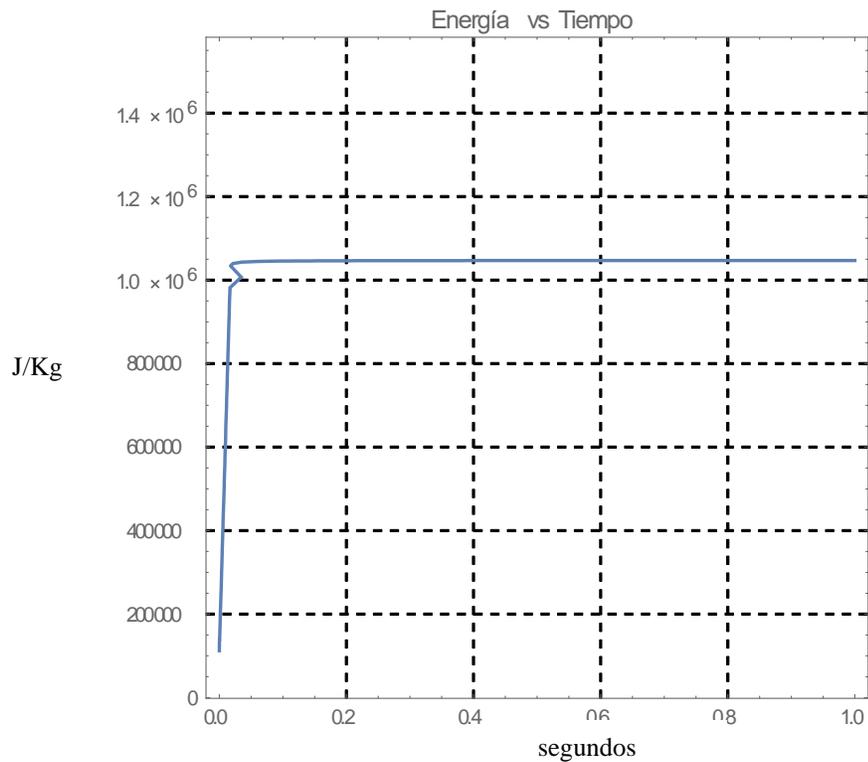


Figura 47. Variable: Energía en función del tiempo

La energía liberada representa el balance en el cambio de energía cinética e interna del fluido en el volumen e control, en la figura 47 se observa que esta es de aproximadamente 1.05×10^6 J/Kg en el lapso de un segundo, esto es que la energía se libera a través del colector de escape.

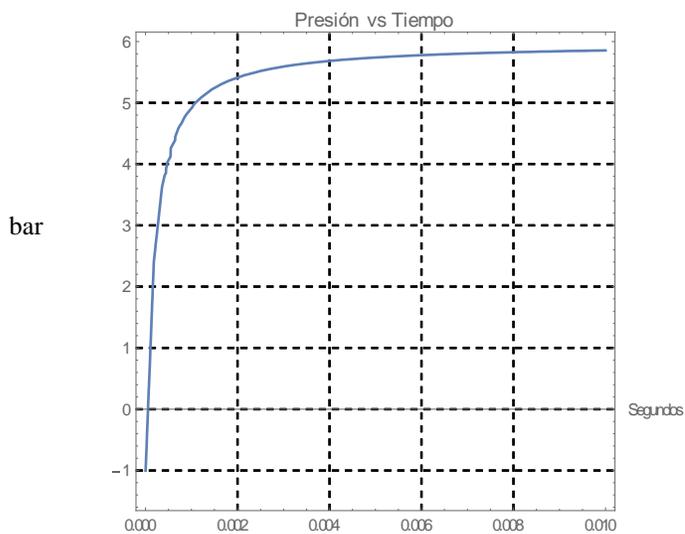


Figura 48. Variable: presión en función del tiempo

La presión del gas emitida a través del volumen de control según se observa en la figura 48 es de aproximadamente 5.8 bares en 0.010 segundos.

Modelado asistido por computadora

Se realiza el modelado de los tres tipos de colectores de escape desde el múltiple original (equipamiento de serie), header Muffler artesanal y el *header Muffler* propuesto en los diferentes softwares CAD en este caso dependiendo de la complejidad se utiliza *Auto CAD Mechanical 2018* y *Siemens NX 11*, se los presenta en las diferentes disposiciones de vistas y perspectivas como se ilustran a continuación:

Múltiple Original.

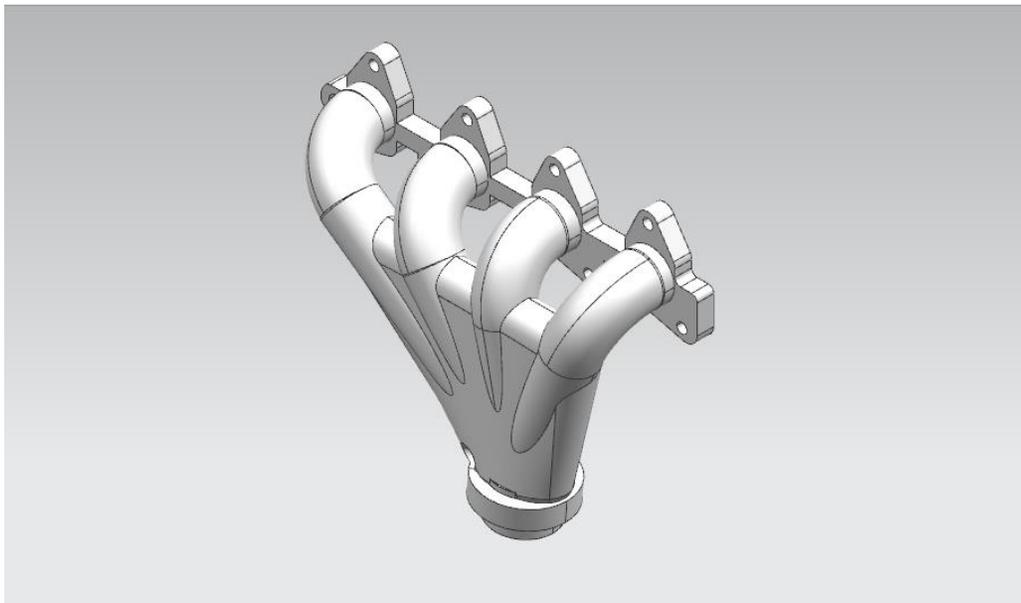


Figura 49. Modelado múltiple original de escape (equipamiento de serie) perspectiva isométrica

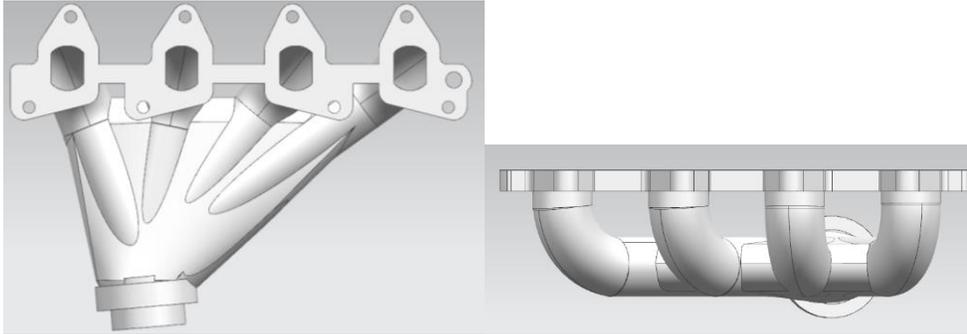


Figura 50. Vistas frontal y superior del modelado múltiple original de escape (equipamiento de Serie)

Se puede apreciar en la figura 50 que el múltiple de escape original, tiene la configuración de convergencia en un punto común de los colectores. La disposición de todas las vistas del colector se encuentran en el anexo 20.

Header Muffler artesanal.

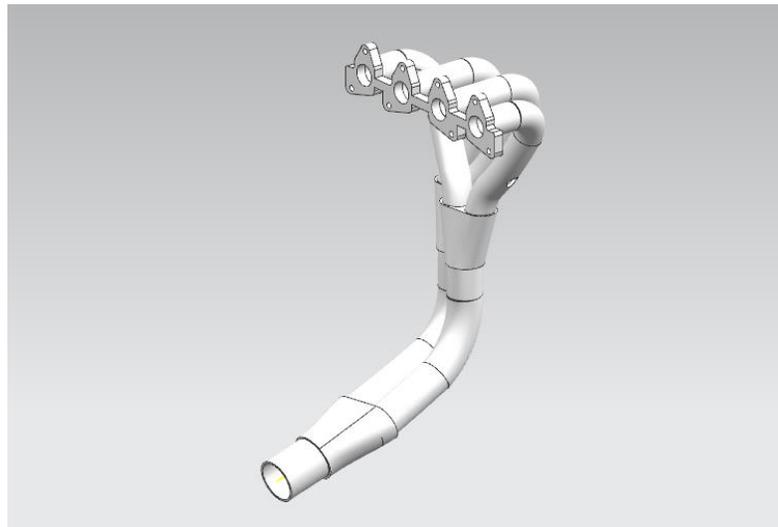


Figura 51. Modelado header Muffler artesanal perspectiva isométrica

El modelado del *header Muffler* construido fue realizado en base a un existente que se puede observar en la figura 52 y 53.



Figura 52. Header Muffler artesanal (real)

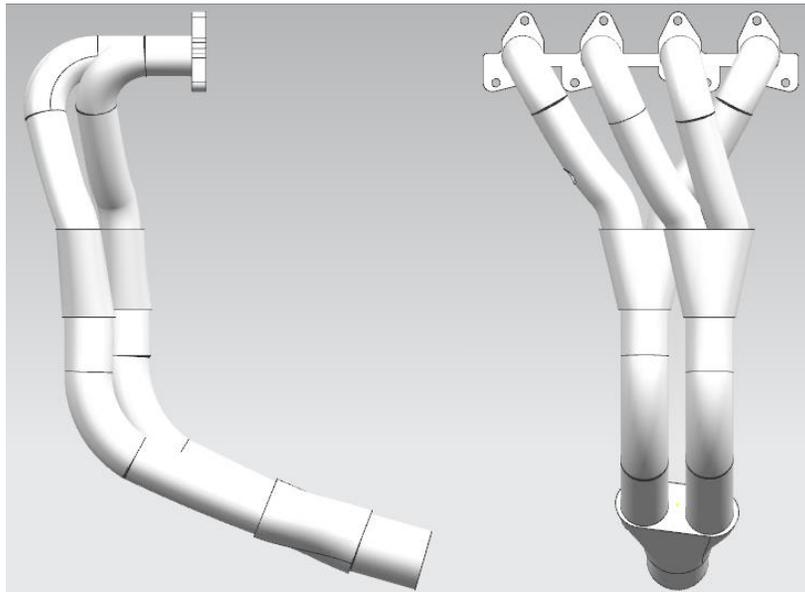


Figura 53. Vistas lateral y frontal del modelado header Muffler Artesanal

Las vistas completas del modelado del *header Muffler artesanal* se las puede observar en el anexo 21.

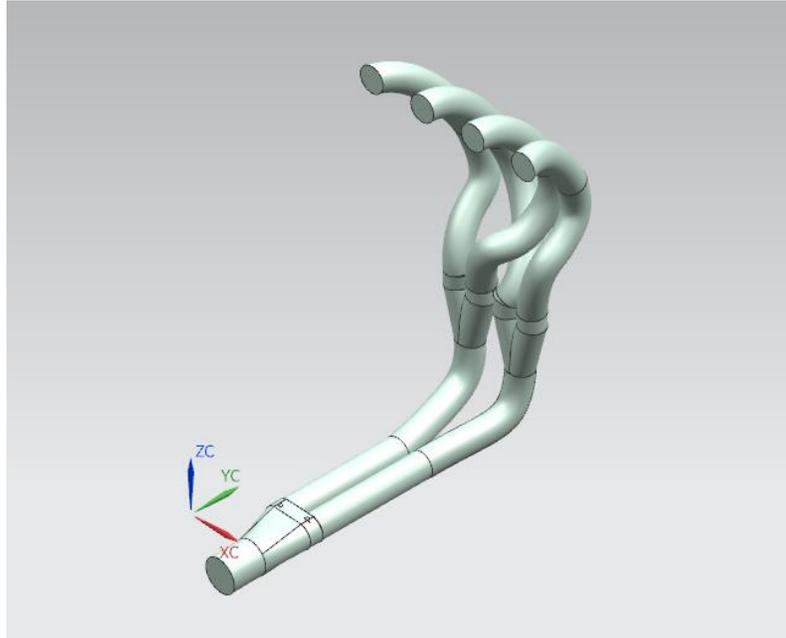
Header Muffler diseñado.

Figura 54. Modelado header Muffler diseñado perspectiva

El *header Muffler* que se propone, se observa en la figura 54, sus colectores fueron diseñados en base a la función de raíz $f(x) = \sqrt[5]{x} * 4$, de la figura 39, la unión de estos colectores y la unión en forma de “Y” se calcula a partir del espacio disponible en la periferia del motor y toman como referencia las dimensiones del múltiple original y la construcción artesanal.

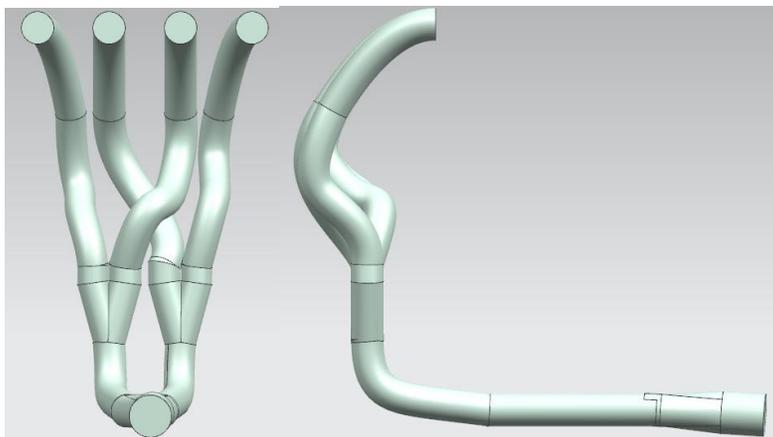


Figura 55. Vista posterior y lateral izquierda del modelado *header Muffler* propuesto

En la figura 55 se observa un par de vistas del modelado del *header Muffler* propuesto, en donde se aprecia también las características de las curvas laterales en base al modelo matemático del colector. Las vistas completas se los puede observar en el anexo 22.

Diseño de la malla por volúmenes finitos (pre procesamiento)

Luego del modelado de los tres tipos de colectores de escape se realiza el mallado del dominio, es decir se lo fragmenta en pequeñas formas ya sean estas triangulares, tetraédricas o hexaédricas, para ello se aplica el mallado en el *software Ansys 18.1 (Free Student Product)* con su aplicación *Fluid Flow (CFX)*, el cual aplica un mallado semi automático por la complejidad de la geometría de los múltiples de escape, como se observa en las figuras 56 – 59.

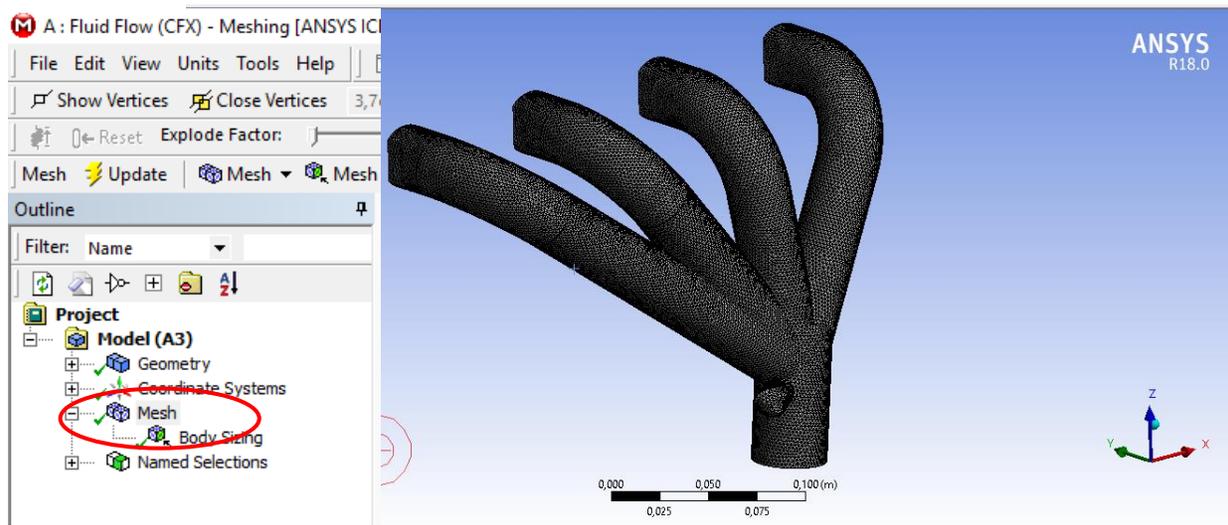


Figura 56. Mallado múltiple original (equipamiento de serie)

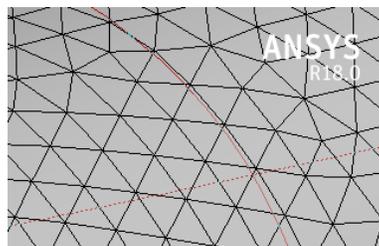


Figura 57. Mallado triangular aplicado al múltiple original.

El reporte de mallado de forma triangular de las figuras 56 y 57 realizado en el software (ANSYS, 2017), con todas sus condiciones de frontera y especificaciones, se lo puede observar en el Anexo 23.

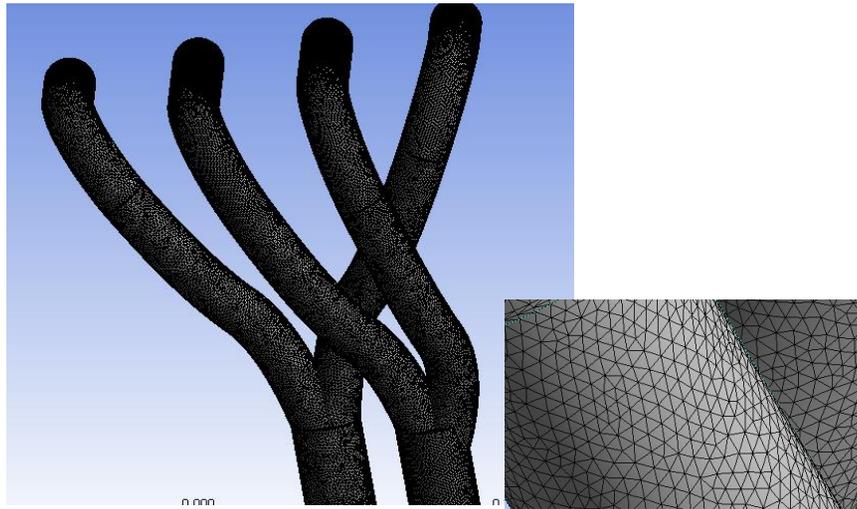


Figura 58. Mallado triangular aplicado al *header Muffler* artesanal.

La figura 58 indica la aplicación de la malla triangular al modelado del *header Muffler* artesanal, el reporte del pre procesamiento y sus detalles se lo puede observar en el anexo 24.

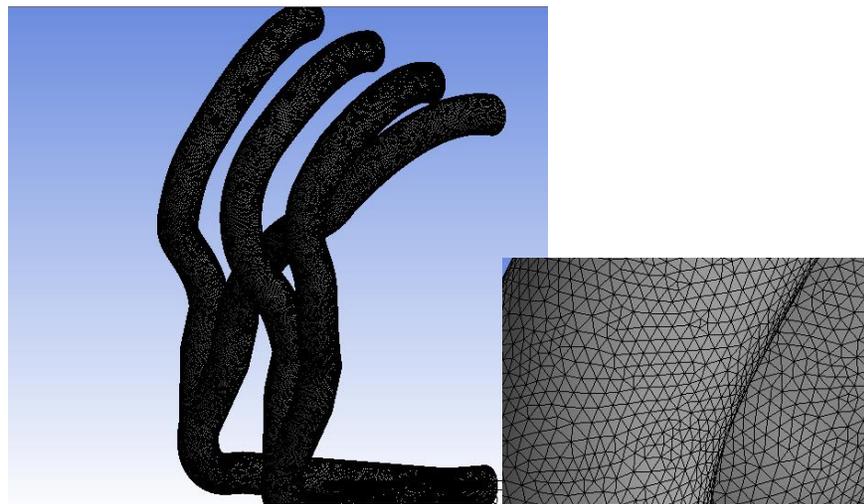


Figura 59. Mallado triangular aplicado al *header Muffler* propuesto.

En la figura 59 se aprecia la aplicación del mallado triangular al modelado del *header Muffler* propuesto, realizado en Ansys, el reporte se lo puede observar en el anexo 25.

Verificación de la malla.

Se compara la geometría de los múltiples de escape con un elemento ideal a través de un *Jacobian Ratio* (puntos de Gauss) que no es más que una medida de un elemento dado. Al generar la malla (*Mesh*) esta medida evalúa la calidad de los tetraedros formados en el volumen de control y el cálculo es menos limitado. Para ello se define por -1 cuando tenemos menor calidad y por 1 cuando la calidad es mayor. En *Ansys* el *Jacobian Ratio* ≤ 0 debe ser obviado. Los diferentes múltiples de escape han sido aproximados al elemento ideal a través del mejoramiento de la malla formada en el volumen de control como se observan en las figuras siguientes:

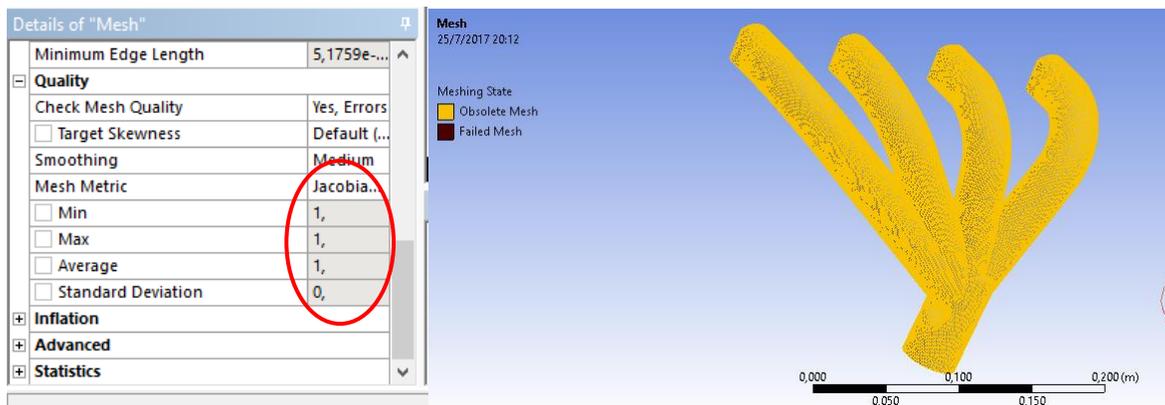


Figura 60. *Jacobian Ratio (Gauss Points) 1*

En la opción *Mesh Metric* de la figura 60, aplicamos *Jacobian Ratio* que para los tres casos resulta 1 en la configuración *Gauss Points*, es decir mejoramos la malla, para que el proceso de simulación sea el mejor.

Condiciones de borde

Las condiciones de borden se definen a través de la elaboración de una relación termodinámica, la misma que se resuelve con los datos del motor G13B de la tabla 3, en el software *Wolfran Mathematica 11*, según el análisis del ciclo ideal Otto que menciona (Blair, 1999, págs. 86-88) de las figuras 61 y 62.

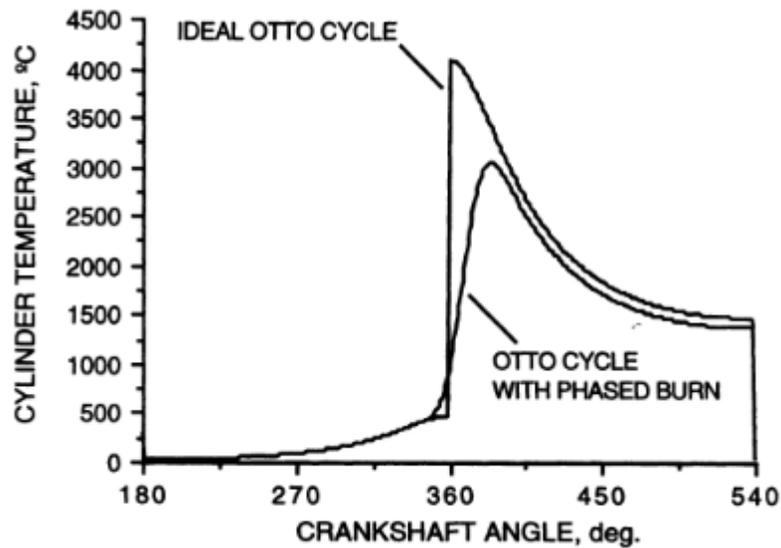


Figura 61. Curva temperatura – ángulo cigüeñal ciclo Otto (Blair, 1999).

En la figura 61 se representa las curvas del ciclo ideal Otto en función de la temperatura generada según el ángulo del cigüeñal como indica el autor (Blair, 1999).

Dentro del mismo ciclo se representa en la figura 62, las curvas de presión en la escala de bares, con estas referencias se determina las presiones, adicionalmente los datos de la tabla 3 para realizar el cálculo de la relación termodinámica del motor G13B en estudio, y obtener la relación termodinámica necesaria para las condiciones de frontera.

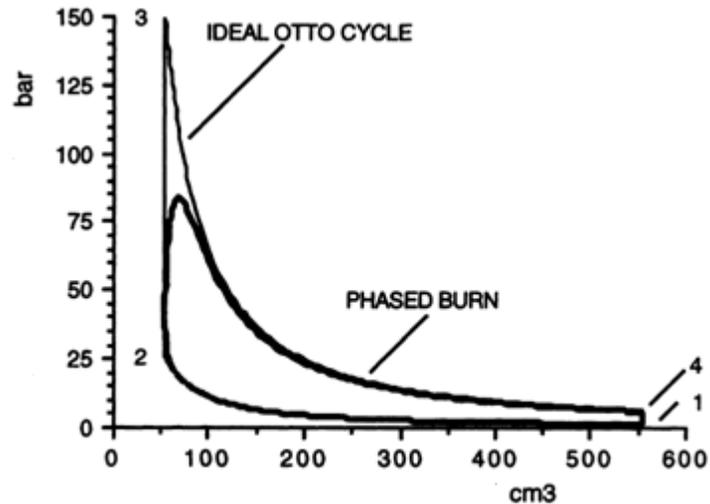


Figura 62. Curvas presión – volumen ciclo Otto (Blair, 1999).

Proceso 1-2.

Mediante la ecuación 17 se determina la presión al final de la compresión.

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma \quad (17)$$

Posteriormente la ecuación 18, de la temperatura al final de la compresión.

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} \quad (18)$$

Donde:

P_1 = Presión ambiente [Pa]

P_2 = Presión al final de compresión [Pa]

V_1 = Volumen total del cilindro [m^3]

V_2 = Volumen de la cámara de compresión [m^3]

T_1 = Temperatura ambiente [K]

T_2 = temperatura al final de compresión [K]

γ = Relación de calores específicos

Proceso 2-3.

La ecuación de presión máxima viene dada por la ecuación 19, de la temperatura máxima del ciclo ecuación 20 y, la energía térmica del combustible, ecuación 21.

$$P3 = P2 \frac{V2 T3}{V3 T2} \quad (19)$$

$$T3 = T2 + \frac{Q}{mCv} \quad (20)$$

$$Q = nc * mf * C \quad (21)$$

Donde:

P3= Presión máxima del ciclo [Pa]

T3=Temperatura máxima del ciclo [K]

nc=Eficiencia de combustión

C= Valor calorífico del combustible [J/Kg]

mf= Masa de combustible [Kg]

m=masa de aire admitida por un cilindro [Kg]

Cv= Calor específico a volumen constante [718J/kg*K]

Proceso 3-4 combustión.

Se determinan las ecuaciones 22, 23 de temperatura final de escape y de presión final de escape respectivamente:

$$T4 = T3 * \left(\frac{V4}{V3}\right)^{\gamma} - \gamma \quad (22)$$

$$P4 = P3 \left(\frac{V4}{V3}\right)^{-\gamma} \quad (23)$$

Donde:

P_4 = Presión al final de escape

$V_4=V_1$

$V_3= V_2$

T_4 =Temperatura al final de escape [K]

Tabla 3.

Datos del motor G13B SOHC

Obtenidos de la ficha técnica del vehículo Chevrolet Forsa 1.3 GL (Chevrolet, 2001)

Características	Dimensión
Relación compresión	7.32:1
Cilindrada	1 298 cm ³
Diámetro del cilindro	74 mm
Carrera	77 mm

Con los datos de la tabla 3, se realiza el cálculo de la relación termodinámica en el *Wolfram Mathematica 11*, este cálculo se lo puede apreciar en el anexo 5. La relación termodinámica nos aporta los siguientes datos para determinar las condiciones de frontera:

Presión de escape: 3.73 Bar

Temperatura de escape: 1 562.55 K o 1 288.85°C

Presión ambiente:1 atm

Temperatura ambiente 300 K o 26.8 °C

Simulación de cada sistema (pre procesamiento)

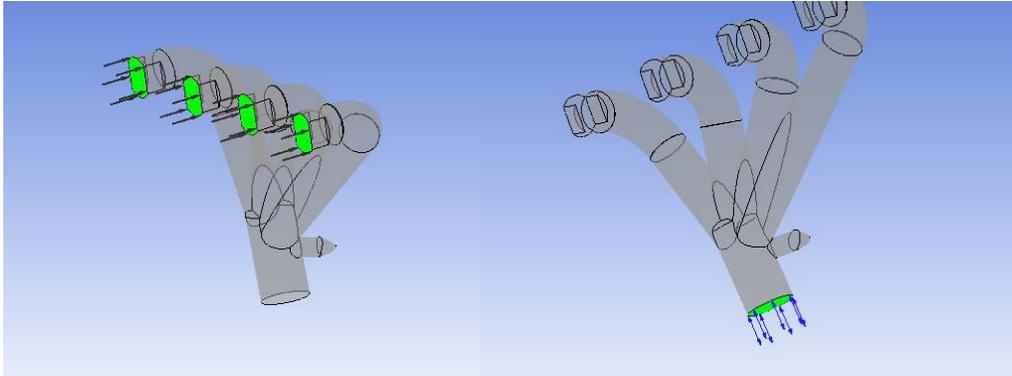


Figura 63. Configuración flujo ingreso y salida del múltiple original

Una vez obtenidos los datos necesarios, se realiza el pre procesamiento de cada múltiple configurando las condiciones de borde en el software (figura 64), para luego realizar la simulación.

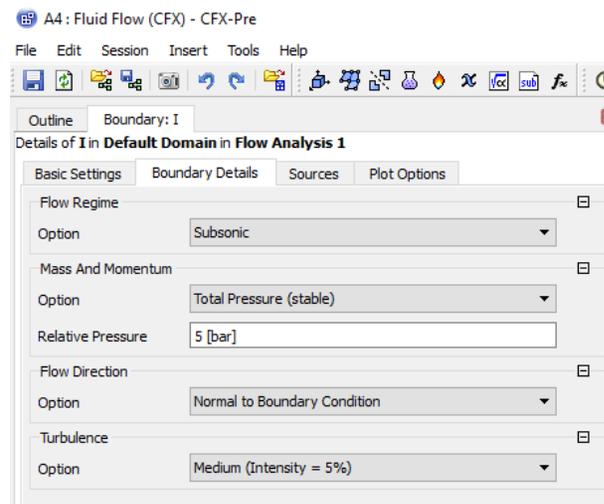


Figura 64. Configuración de las condiciones de borde al ingreso del volumen de control en el software (*Fluid Flow*) (ANSYS, 2017).

Las condiciones de ingreso se visualizan en la figura 64, régimen de flujo, masa y momento, dirección del flujo.

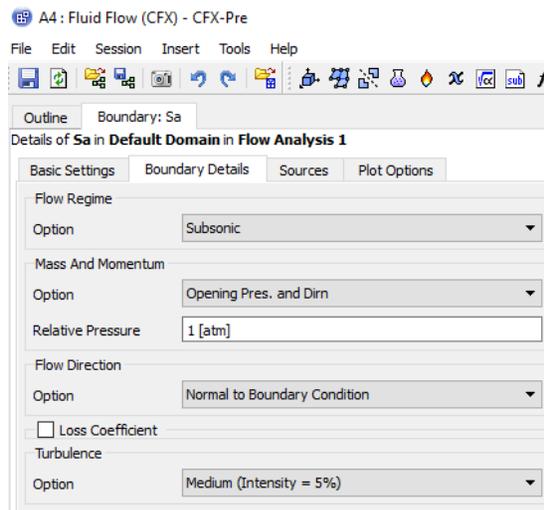


Figura 65. Configuración de las condiciones de borde a la salida del volumen de control en el software (Fluid Flow) (ANSYS, 2017).

En la figura 65 se observa la configuración en el software de la condición de salida del gas.

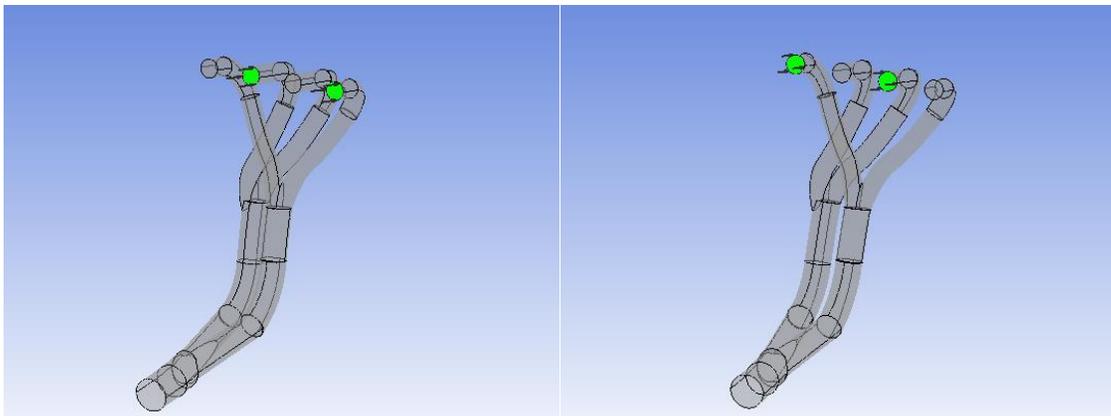


Figura 66. Configuración condiciones de borde de ingreso *header Muffler* artesanal cilindros en orden de encendido 1-3, 4-2.

De la misma manera se procede a configurar las condiciones de ingreso (figura 66) y salida (figura 67) del volumen de control en el modelo *header Muffler* artesanal de acuerdo con el orden de encendido del motor G13B, para que simule en parejas el desfogue de gas.

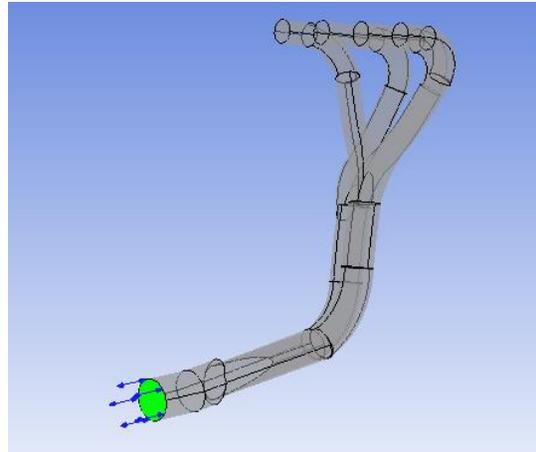


Figura 67. Configuración condiciones de borde de salida *header Muffler artesanal*.

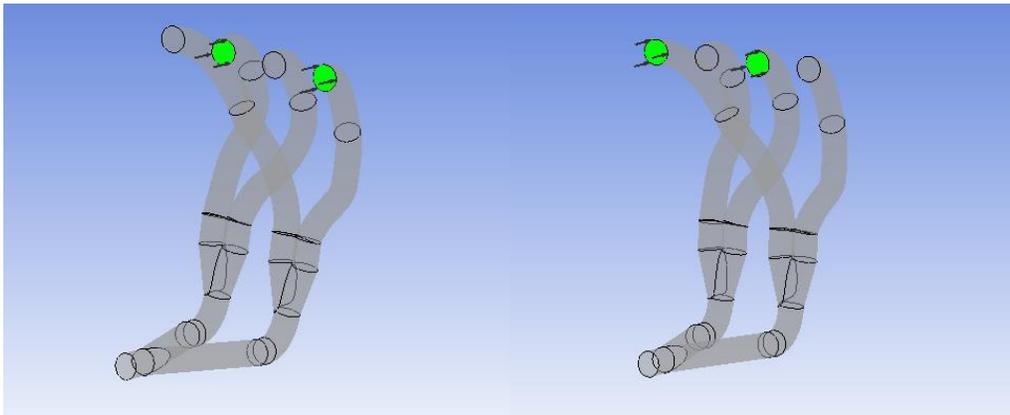


Figura 68. Configuración condiciones de borde de ingreso *header Muffler propuesto*, cilindros en orden de encendido 1-3, 4-2.

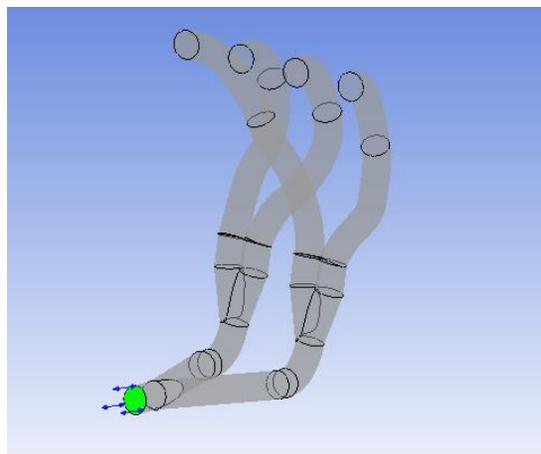


Figura 69. Configuración condiciones de borde de salida *header Muffler propuesto*.

El proceso de configuración de las condiciones de borde para el *header Muffler* propuesto es similar a los modelos anteriores como se indica en la figura 68 (entrada) y 69 (salida).

Post proceso de resultados

Múltiple de escape original.

Cilindros 1-3.

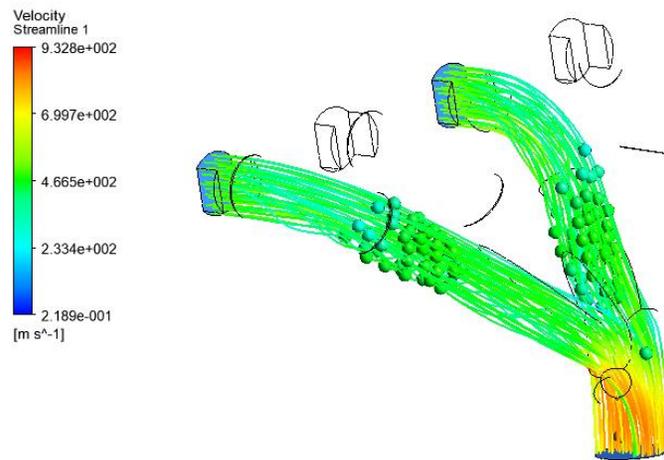


Figura 70. Velocidad Max 932.8 m/s Min 21.89 m/s

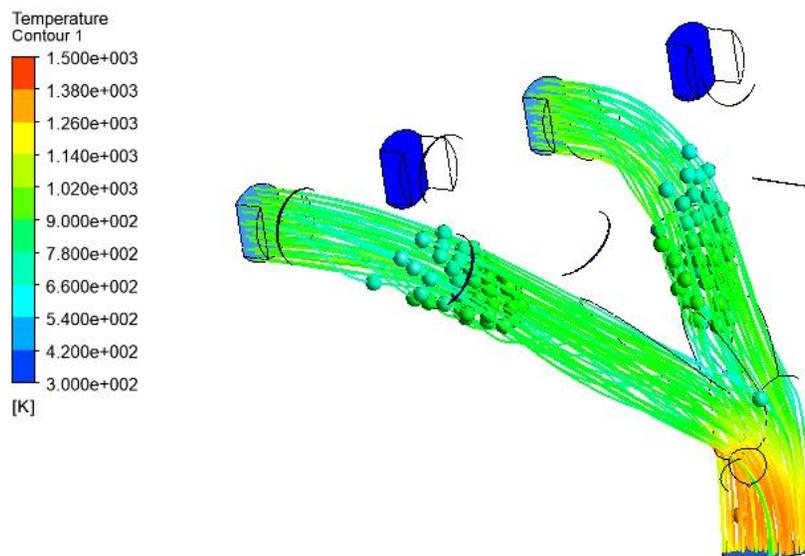


Figura 71. Temperatura Max 1500 K Min 300 K

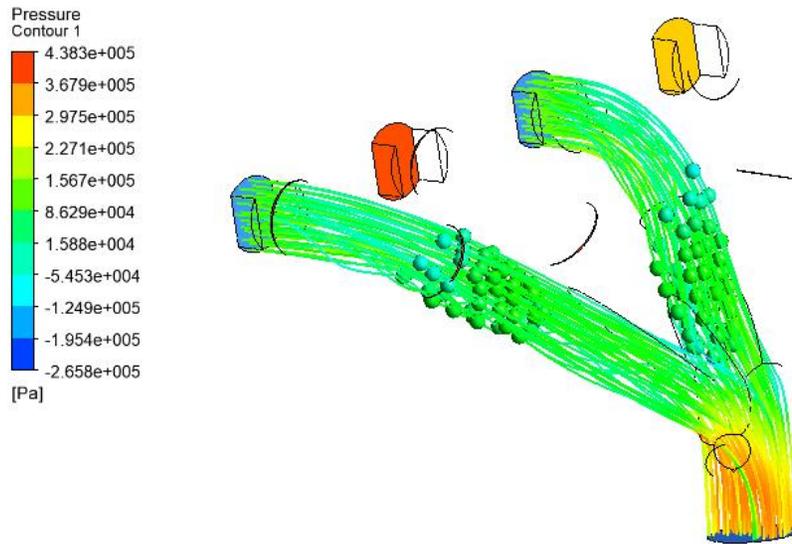


Figura 72. Presión Max 438 300 Pa Min -265 800 Pa

En las figuras 70, 71 y 72 se observa: la velocidad, temperatura, presión máxima que es la de entrada y la mínima que representa la salida del flujo de gas en el múltiple original de acuerdo al orden de encendido de los cilindros 1-3.

Cilindros 4-2.

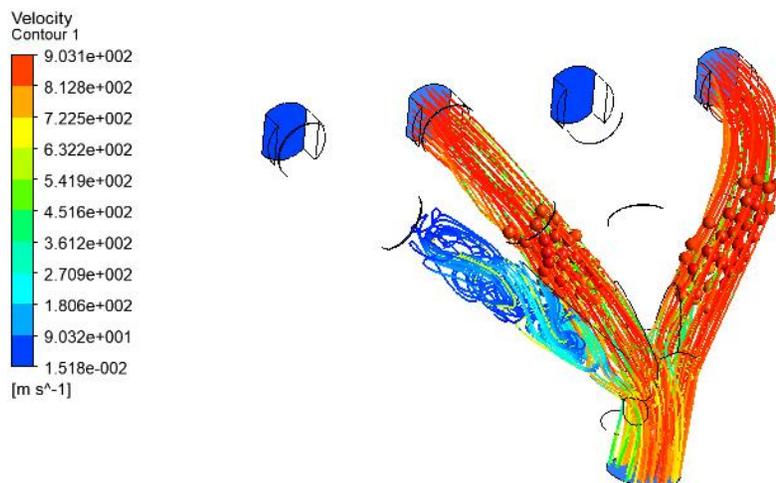


Figura 73. Velocidad Max 903.1 m/s Min 0.015 m/s

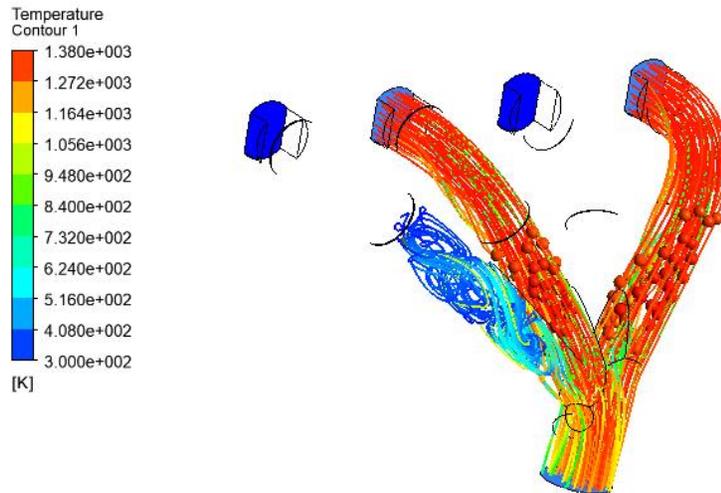


Figura 74. Temperatura Max 1 380 K Min 300 K

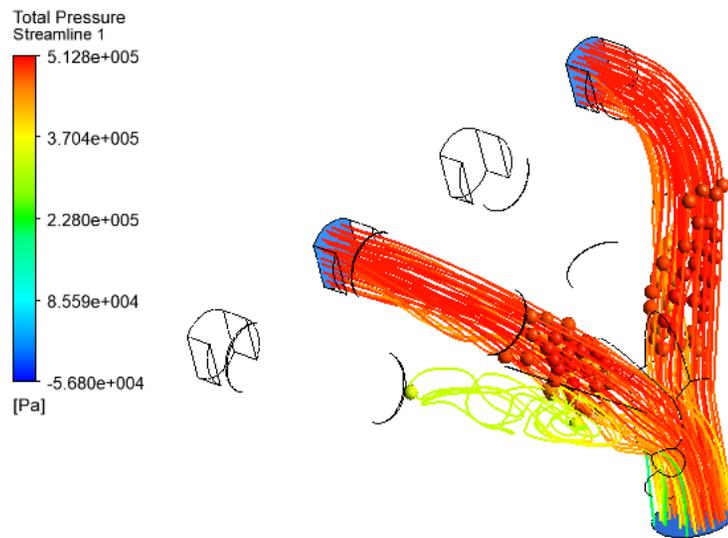


Figura 75. Presión Max 512 800 Pa Min -56 800 Pa

Las figuras 73, 74 y 75 simulan el flujo de gas en los cilindros 4-2 del múltiple original en donde se aprecia la velocidad, temperatura, presión máxima que es la de entrada y la mínima que representa la salida.

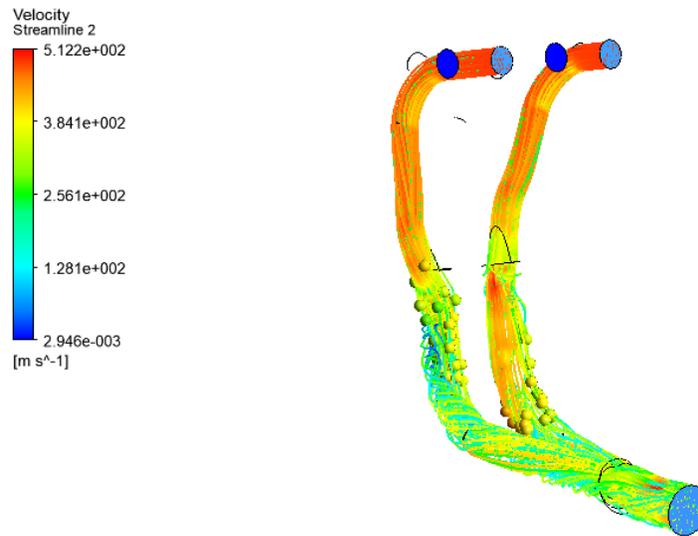
Header Muffler artesanal.**Cilindros 1-3.**

Figura 76. Velocidad Max 512.2 m/s Min 0.00029 m/s

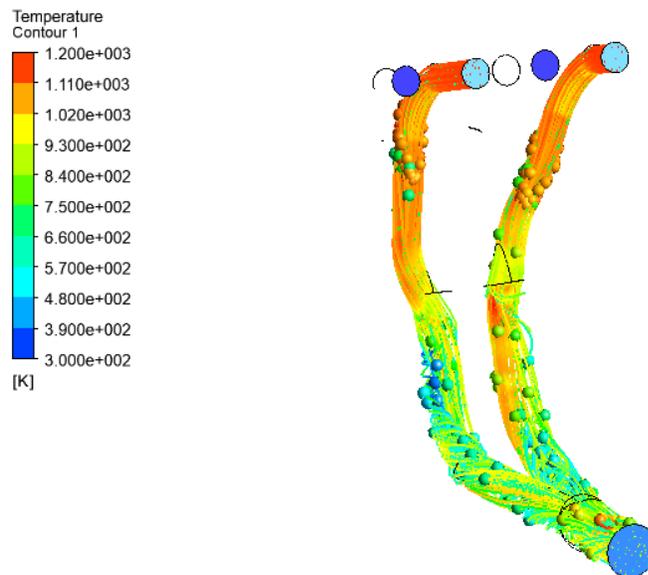


Figura 77. Temperatura Max 1 200 K Min 300 K

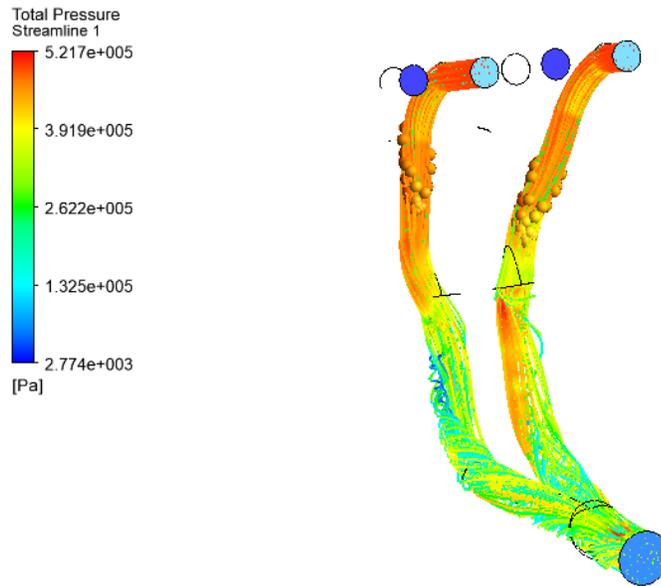


Figura 78. Presión Max 512 700 Pa Min 2 774 Pa

Para el modelo del *header Muffler* artesanal, representados en las figuras 76, 77 y 78 se simula la velocidad, temperatura, presión máxima que es la de entrada y la mínima que representa la salida de los cilindros 1-3.

Cilindros 4-2.

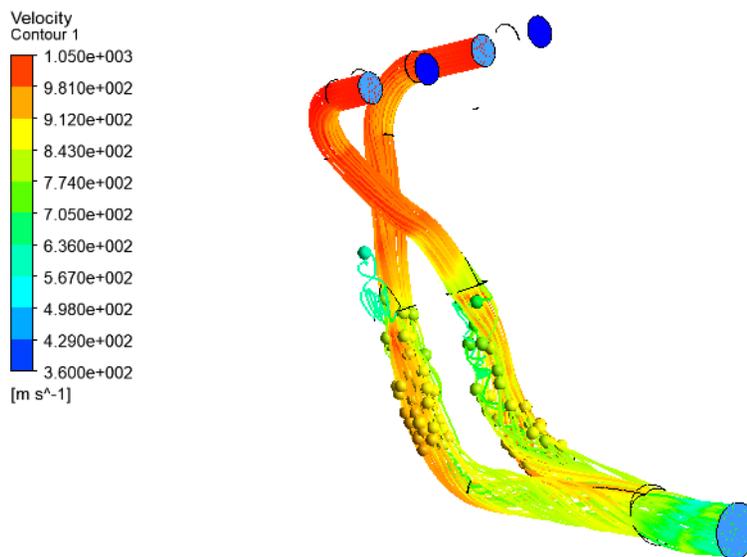


Figura 79. Velocidad Max 1 050 m/s Min 360 m/s

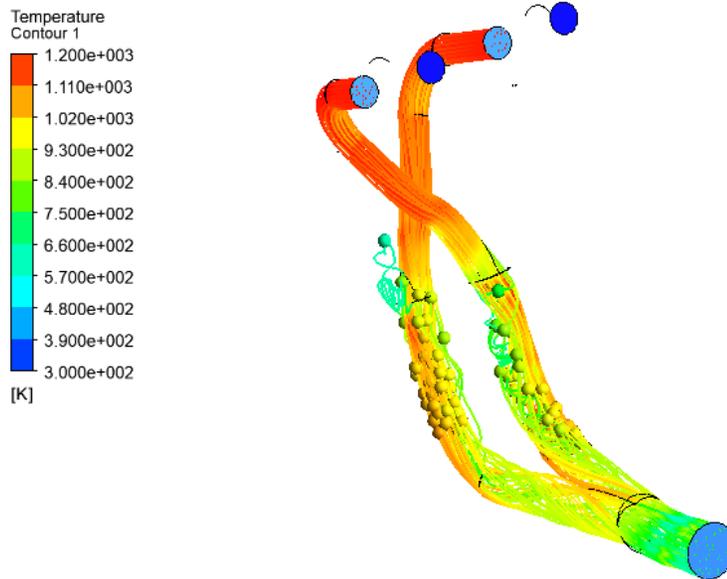


Figura 80. Temperatura Max 1 200 K Min 300 K

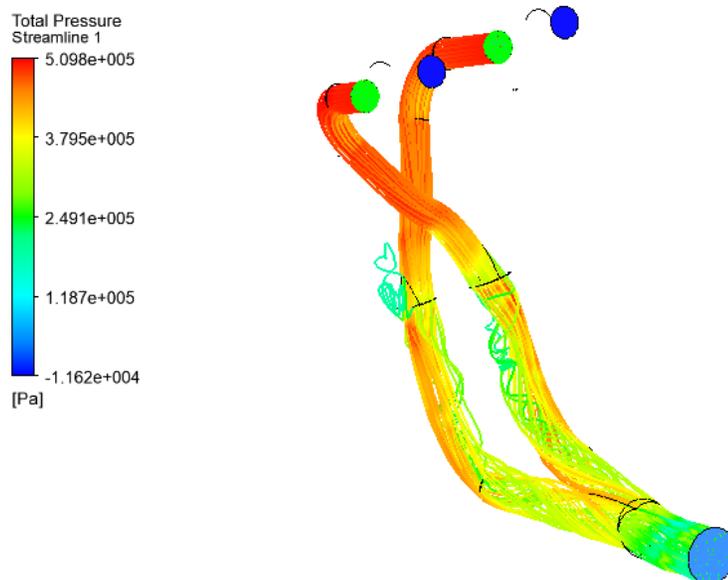


Figura 81. Presión Max 509 800 Pa Min -11 620 Pa

En las simulaciones de las figuras 79, 80 y 81 se refleja 78 la velocidad, temperatura, presión máxima que es la de entrada y la mínima que representa la salida de los cilindros 4-2 del modelo de *header Muffler* artesanal.

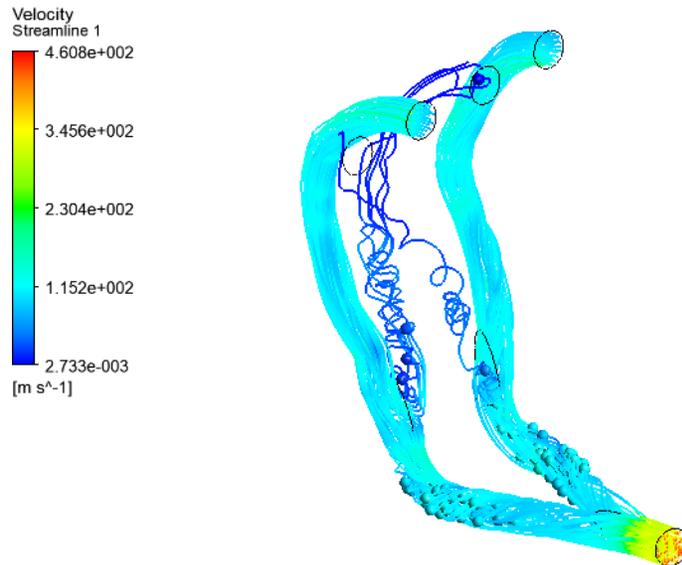
Header Muffler diseñado.**Cilindros 1-3.**

Figura 82. Velocidad Max 460.8 m/s Min 273 m/s

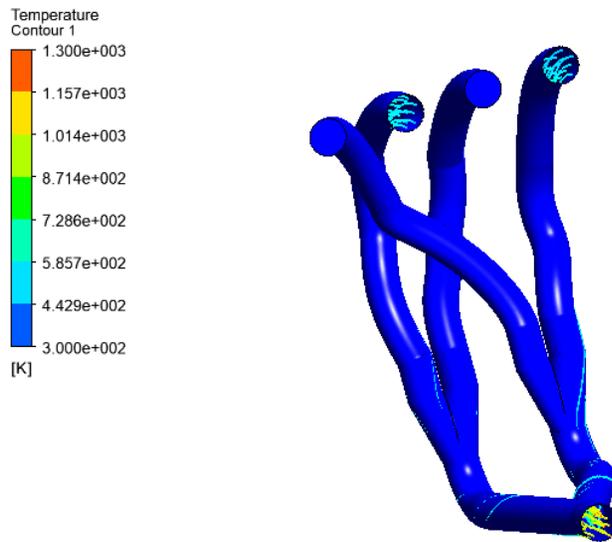


Figura 83. Temperatura Max 1 300 K Min 300 K

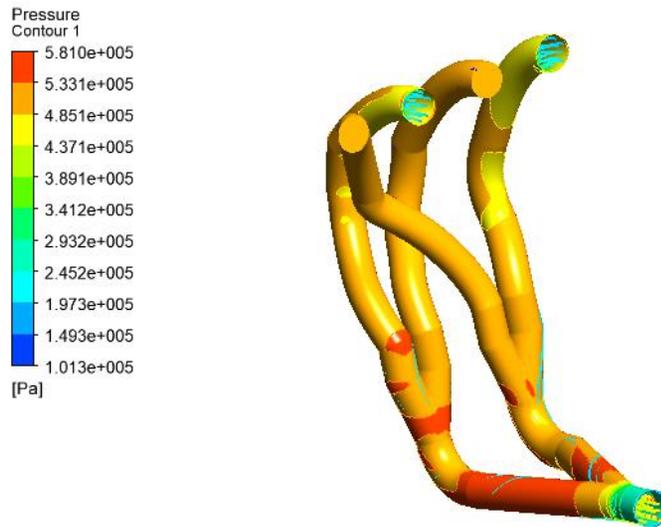


Figura 84. Presión Max 581 000 Pa Min 101 300 Pa

Para las simulaciones del *header Muffler* propuesto, representadas en la figuras 82, 83 y 84 de los cilindros 1-3 se indica la velocidad, temperatura, presión máxima de entrada y la mínima de salida.

Cilindros 4-2.

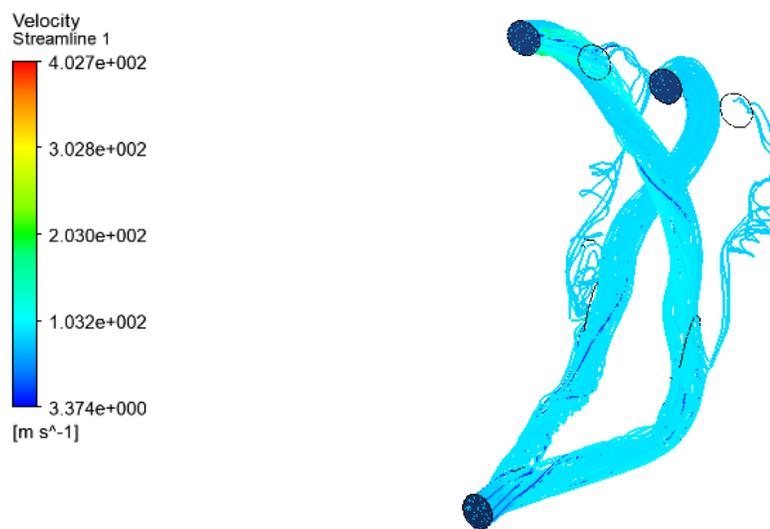


Figura 85. Velocidad Max 402.7 m/s Min 337 m/s

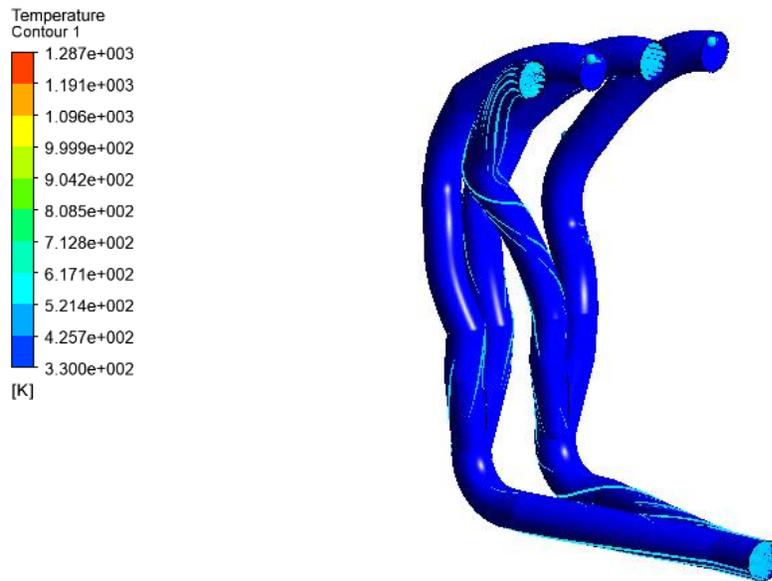


Figura 86. Temperatura Max 1 287 K Min 330 K

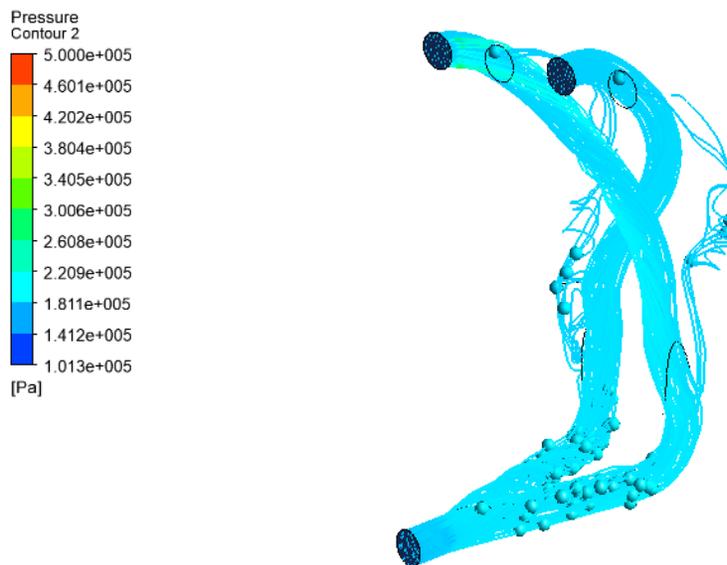


Figura 87. Presión Max 500 000 Pa Min 101 300 Pa

Las figuras 85, 86 y 87 simulan el flujo de gas en los cilindros 4-2 del header Muffler propuesto de la velocidad, temperatura, presión máxima que es la de entrada y la mínima que representa la salida.

Tabla 4.

Valores máximos de los múltiples de escape obtenidos en la simulación

Tipo de múltiple	N° cilindro	Velocidad m/s	Temperatura K	Presión Pa
Original	1-3	932.8	1500	438300
Original	4-2	903.1	1380	512800
Artesanal	1-3	512.2	1200	512700
Artesanal	4-2	1050	1200	509800
Diseñado	1-3	460.8	1300	581000
Diseñado	4-2	402.7	1287	500000

Los valores máximos corresponden al ingreso del flujo, en el volumen de control de los múltiples simulados.

Tabla 5.

Valores mínimos de los múltiples de escape obtenidos en la simulación

Tipo de múltiple	N° cilindro	Velocidad m/s	Temperatura K	Presión Pa
Original	1-3	21.89	300	-265800
Original	4-2	0.015	300	-56800
Artesanal	1-3	0.0029	300	2774
Artesanal	4-2	360	300	-11620
Diseñado	1-3	273	300	101300
Diseñado	4-2	337	330	101300

Los valores mínimos corresponden a la salida del flujo, en el volumen de control de los múltiples simulados.

Resultados de las pruebas en el motor G13B con los diferentes sistemas de escape

En el motor G13B se realiza dos pruebas iniciales en el banco dinamométrico *DYNOCOM Series 5 000*, la primera con el múltiple original (equipamiento de serie), y la segunda con el *header Muffler* de construcción artesanal instalados en el motor como se observa en las figuras 88 y 89.



Figura 88. Motor G13B con el múltiple original de escape (equipamiento de serie)



Figura 89. Motor G13B con *header Muffler* artesanal

Prueba en el banco dinamométrico con el múltiple original instalado.

Se realizan las pruebas en el banco dinamométrico, para este caso el motor G13B lleva instalado el múltiple o colector de escape original (equipamiento de serie) figura 100, que va instalado en el cabezote desde las toberas de escape hasta la unión al tubo flexible que se encuentra detrás del cárter del motor figuras 90 y 91, es decir desde el punto de unión del tubo flexible hacia la salida, se mantiene constante el mismo tubo con su resonador y salida para todas las pruebas.



Figura 90. Múltiple de escape original motor G13B instalado



Figura 91. Tubo y unión del múltiple original

Luego de realizar el procedimiento de anclaje del auto en el banco dinamométrico y, la configuración del software, se procede a realizar las pruebas al motor G13B del vehículo, realizando los disparos o test en un régimen desde las 2400 hasta las 5000 RPM, realizando el cambio de marchas, para ello se hace uso del control portátil *handheld* y presionando el botón “GO” para iniciar la medición como se observa en la figura 26 , una vez que se alcanzan las RPM máximas, visualizadas en la lámpara estroboscópica digital (figura 25), se vuelve a presionar el botón “GO” para finalizar la medición.

El proceso de pruebas se visualiza en el monitor en dos tipos de ventanas. La ventana 1 de la figura 93, indica la velocidad a la que está girando el tren delantero del vehículo sobre los rodillos y el proceso de aceleración. Una vez que se finalizan las mediciones presionando “GO”, aparece la ventana 2 como se indica en la figura 94, que es donde se muestran las gráficas de potencia, torque y consumo de cada una de ellas.



Figura 92. Vehículo durante la obtención de datos

En la figura 92 se observa el vehículo Chevrolet Forsa II durante las pruebas en el banco dinamométrico de rodillos *Dynocom Serieies 5000* en los talleres SEREX de la ciudad de Gualaceo.



Figura 93. Ventana 1 del software que indica el régimen de aceleración y RPM

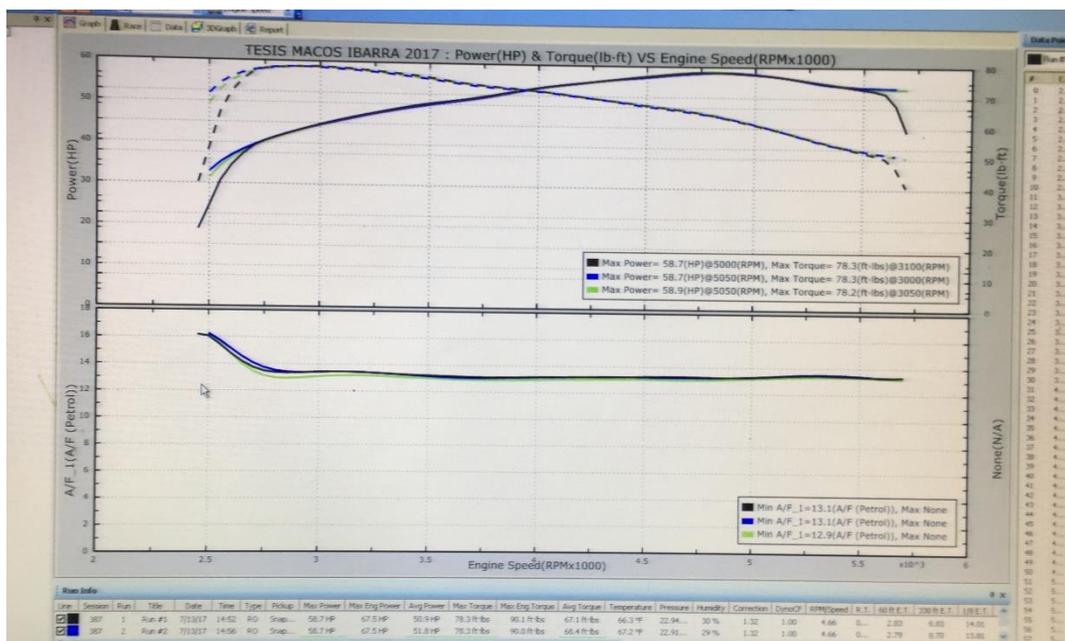


Figura 94. Ventana 2 del software que representa las gráficas de potencia, torque y consumo específico

Se realiza cuatro mediciones por cada tipo de colector de escape instalado en el motor, recalando que la última medición es realizada con un ventilador encendido frente al vehículo como se observa en las figuras 95 y 96, esto con la finalidad de mejorar el flujo de aire al ingreso del motor, lo cual mejora el rendimiento volumétrico del motor y por lo tanto la potencia.

Después de realizadas las mediciones, se graban los resultados en formato PDF con los datos del usuario, para su posterior comparación.



Figura 95. Banco dinamométrico con el ventilador frontal



Figura 96. Ventilador frente al vehículo

Los resultados obtenidos en las mediciones con el múltiple o colector de escape original (equipamiento de serie) se observan en el reporte de resultados del anexo 6.

La gráfica del anexo 6, señala el comparativo de dos mediciones las más representativas, obteniendo en la primera medición 58.8 HP a 5000 RPM y un torque de 78.1 ft * lbs a 2900 RPM y, para la segunda medición con el ventilador encendido 60.5 HP a 5000 RPM y un torque de 80.4 ft*lbs a 3050 RPM.

Prueba en el banco dinamométrico con el *header Muffler* artesanal instalado.

Para esta prueba el motor G13B como indica la figura 97 lleva instalado el *header Muffler* de construcción artesanal, de igual manera desde el cabezote, hasta la unión del tubo flexible detrás del cárter del motor, por lo tanto, el tubo desde allí hasta la salida sigue siendo el mismo que el de la prueba anterior.

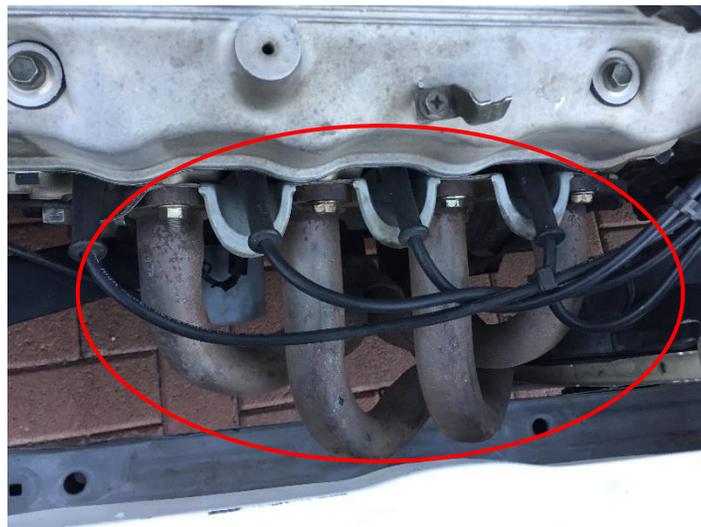


Figura 97. Motor G13B con el *header Muffler* de construcción artesanal instalado.

Los resultados obtenidos en las mediciones con el *header Muffler* de construcción artesanal se observan en el reporte del anexo 7.

La gráfica del anexo 7, señala el comparativo de dos mediciones las más representativas, obteniendo en la primera medición 58.7 HP a 5000 RPM y un torque de 78.3 ft * lbs a 2900 RPM

y, para la segunda medición con el ventilador encendido 60.1 HP a 4850 RPM y un torque de 79.9 ft*lbs a 3150 RPM. Estos datos serán convertidos a KW y N*m para su análisis.

Construcción de los colectores de escape de alto rendimiento del *header Muffler* diseñado

La construcción del *header Muffler* se realiza en los talleres “TecnoScape”, empresa filial de “Indima” en la ciudad de Cuenca, se representa brevemente el proceso en las figuras siguientes.



Figura 98. Vehículo Chevrolet Forsa II en el taller de TecnoScape para la construcción del *header Muffler*

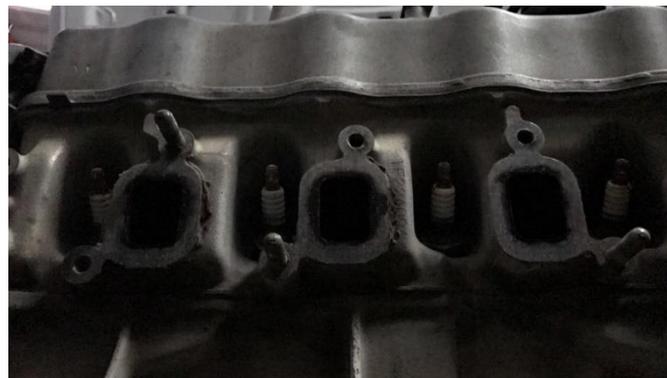


Figura 99. Verificación de medidas en el cabezote y periferia del motor G13B



Figura 100. Tubo de 1 ½ Pulg. doblado en la sección del colector



Figura 101. Placa de sujeción y headers 1-3 soldados

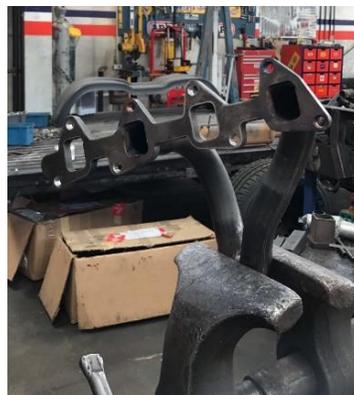


Figura 102. Placa de sujeción y headers 1-3 soldados vista posterior



Figura 103. Header Muffler en verificación de medidas montado en el cabezote



Figura 104. Acople del header 1-3 y 4-2 a la palca de sujeción



Figura 105. Colectores del header Muffler soldados a la palca de sujeción



Figura 106. Acople del *header Muffler* hacia la unión en forma de “Y”



Figura 107. “Y” de unión del *header Muffler* hacia el tubo principal



Figura 108. Soldadura de la “y” de unión del *header Muffler*



Figura 109. Proceso de pintura del header Muffler



Figura 110. Proceso de secado del header Muffler

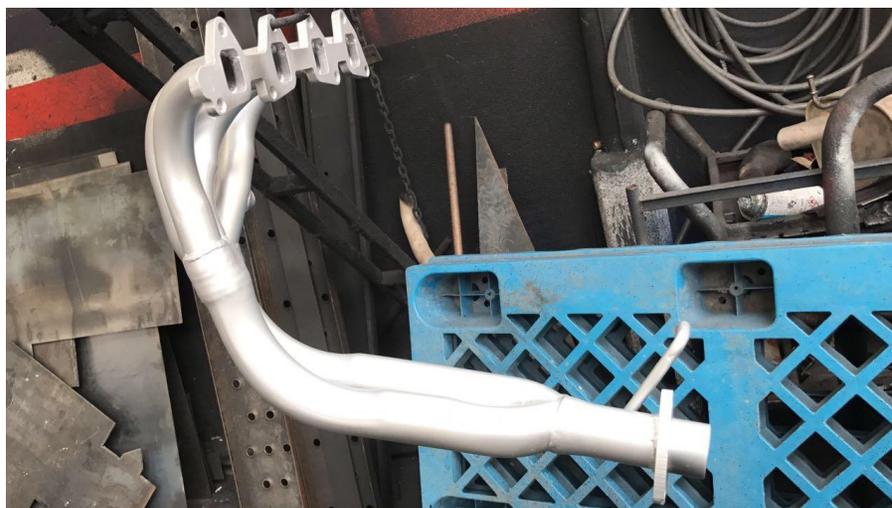


Figura 111. Header Muffler terminado y listo para el montaje

Las figuras 98-111 detallan gráficamente el proceso de fabricación del header Muffler, la información completa en detalle con uso de medidas y herramientas se la detalla en el anexo 9.

El material utilizado en la construcción del *header Muffler* es tubo de acero ST37 de diámetro $D = 1\frac{1}{2}$ " (header) y $2\frac{1}{2}$ " (tubo principal) respectivamente. Las especificaciones del material se detallan en el anexo 8 que indican que corresponde a un acero con norma de calidad ASTM 500 Gr A, B o C y su equivalente nacional es la NTE INEN 2415, los espesores desde 1.5 a 6 mm (figura 126) en tubos de 6 m de dimensión.

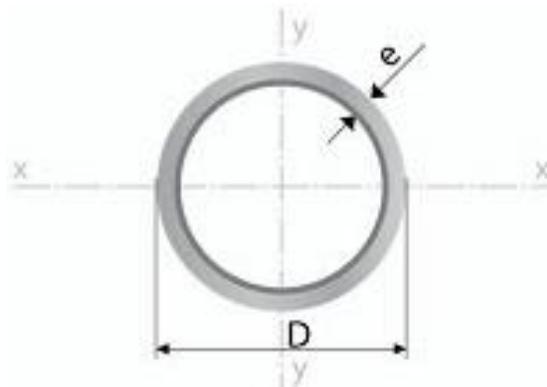


Figura 112. Diámetro D y espesor e del tubo de acero ST37 (IPAC, 2016)

Las aplicaciones entre otras para las que se utiliza este tipo de tubo son: en la industria automotriz y de autopartes tales como la carrocería, guardachoques, tubos de escape, remolques y rodados.

El tipo de suelda aplicada en la construcción es de tipo MIG/MAG con el cual se unen las juntas de los tubos a través de cordones de suelda.

La suelda de tipo MIG/MAG de la figura 113, establece un arco eléctrico entre el electrodo, el cual dispone una forma de hilo continuo y el tubo a soldar, el arco como el baño de soldadura se lleva a cabo mediante la aplicación de un gas ya sea de tipo activo (MAG) o inerte

(MIG) (Ingemecánica, 2015). Fundamentos de la soldadura MIG/MAG, tutorial N°53.

Recuperado de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>.

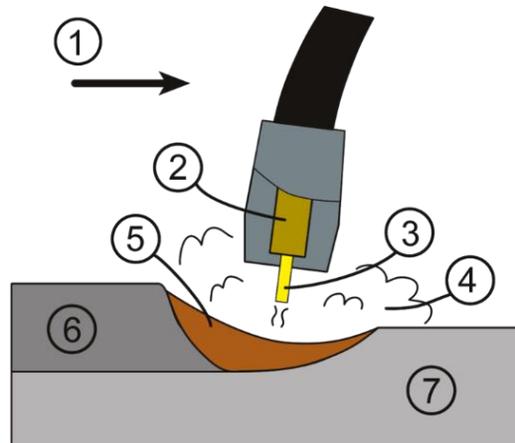


Figura 113. Solda tipo MIG/MAG: 1. Dirección de la soldadura 2. Tubo de contacto 3. Hilo 4. Atmósfera de gas protector 5. Baño de fusión 6. Cordón de soldadura 7. Metal de base (Wikipedia, 2014)

Las ventajas de este tipo de suelda con relación al proceso de electrodo revestido ya que se eliminan los tiempos muertos por cambio de electrodos consumidos, aumentando la productividad en un 80 a 90 %.

La hoja de proceso de construcción del *header Muffler* se encuentra detallada en el anexo 9.

Prueba en el banco dinamométrico con el *header Muffler* artesanal instalado.

En la tercera prueba en el motor G13B como se aprecia en la figura 128, lleva instalado el *header Muffler* diseñado, luego de que se realizó su construcción y al igual que los dos casos anteriores va instalado desde el cabezote, hasta la unión del tubo flexible detrás del cárter del motor, por lo tanto, el tubo desde allí hasta la salida es el mismo que el de las pruebas anteriores.



Figura 114. Motor G13B con el *header Muffler* diseñado, construido e instalado

Los resultados obtenidos en las mediciones con el *header Muffler* propuesto se observan en el reporte de resultados del anexo 10.

Adicionalmente se comparan en una gráfica similar, los resultados entre los diferentes diseños de múltiples de escape, es decir entre el múltiple original (equipamiento de serie), el *header Muffler* de construcción artesanal y el *header Muffler* diseñado; con la finalidad de observar el rendimiento del motor en la misma gráfica con las diferentes autopartes.

Se ilustra en dos gráficas comparativas, la primera del reporte del anexo 11, con los tres tipos de múltiples pero las pruebas en el banco se realiza sin el ventilador encendido y, la segunda gráfica comparativa del reporte que se encuentra en el anexo 12, indica las curvas de torque, potencia y consumo medidas en el banco dinamométrico con el ventilador encendido, el mismo que cumple una doble función: la primera de enfriar el motor y mantenerlo a temperatura óptima de funcionamiento y la segunda, la de simular el flujo de aire que ingresa al motor, mejorando y, optimizando el rendimiento volumétrico. Como consecuencia la potencia del motor también es mejorada, lo cual se evidencia en los resultados.

De todas las mediciones realizadas en el banco dinamométrico se realiza una tabla de mediciones y resultados que se ilustran en la tabla 6.

Tabla 6.

Resultados de las mediciones en el banco dinamométrico

Tipo de Múltiple	N° medición	Condición	Potencia HP	RPM	Torque ft*lb	RPM	Relación A/F
Original	1	Sin ventilador	58.9	5 100	77.5	3 050	1:12.4
Original	2	Sin ventilador	60.5	5 000	80.4	3 050	1:12.5
Original	3	Sin ventilador	58.9	5 050	78.2	3 050	1:12.9
Original	4	Con ventilador	60.1	4 850	79.9	3 150	1:13.2
Artesanal	1	Sin ventilador	58.7	5 000	78.3	3 100	1:13.1
Artesanal	2	Sin ventilador	58.7	5 050	78.3	3 000	1:13.1
Artesanal	3	Sin ventilador	58.9	5 050	78.2	3 050	1:12.9
Artesanal	4	Con ventilador	60.1	4 850	79.9	3 150	1:13.2

Diseñado	1	Sin ventilador	59.9	5 150	79.3	3 000	1:12.9
Diseñado	2	Sin ventilador	61.4	5 050	80.3	3 000	1:13
Diseñado	3	Con ventilador	62	5 150	83.6	3 000	1:13.3
Diseñado	4	Sin ventilador	60.4	4 900	82.2	3 000	1:13.2
Diseñado	5	Con ventilador	61.8	5 100	83.6	3 050	1:13.2

Los resultados están indicados como los más representativos de las cuatro mediciones realizadas, los reportes de resultados obtenidos en el banco dinamométrico *Dynocom Series* 5000 están publicados en los anexos 11 y 12.

Resultados de las pruebas de medición del ruido en la salida del escape motor G13B con los diferentes sistemas de escape

Se realiza la medición del ruido con el motor a 4500 RPM en aceleración, con la distancia y ángulo establecido por el reglamento de la FEDAK obteniendo los siguientes resultados.

Prueba de medición del ruido en la salida del escape con el múltiple original (equipamiento de serie).

Las pruebas se realizan según el procedimiento como se indica en las figuras 29, 30 y 31. Los resultados obtenidos de las tres mediciones se detallan a continuación en la tabla 7.

Tabla 7.

Resultados de la medición de ruido

Tipo de múltiple de escape	N°	Escala [dB]	RPM
Original (equipamiento de serie)	1	79.1	4 500
Original (equipamiento de serie)	2	79.4	4 527
Original (equipamiento de serie)	3	78.3	4 489
Header Muffler artesanal	1	99.8	4 480
Header Muffler artesanal	2	100.3	4 500
Header Muffler artesanal	3	103.4	4 840
Header Muffler diseñado	1	101.6	4 450
Header Muffler diseñado	2	102.1	4 500
Header Muffler diseñado	3	103	4 620

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realiza un comparativo en las siguientes figuras 115 a 120, con los datos obtenidos en la simulación en software CFD (*Ansys Free Student*) de los tres tipos de múltiples de escape y, en sus diferentes ciclos de funcionamiento del motor de acuerdo con el orden de encendido, comparando los valores de comportamiento de las variables de estudio como se indica en las tablas 4 y 5, que influyen sobre cada tipo de geometría de la autoparte.

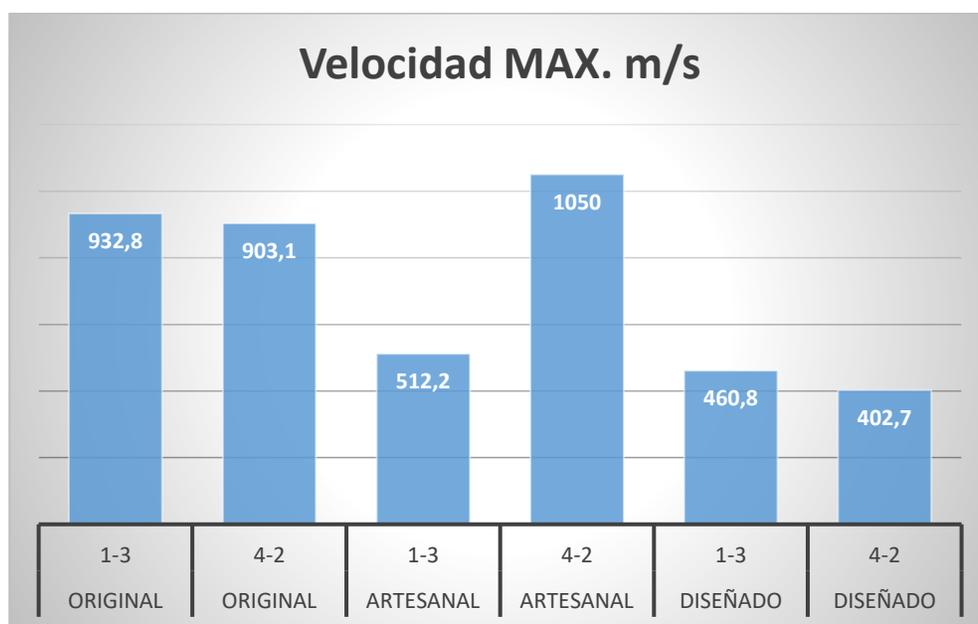


Figura 115. Velocidad Máxima de flujo.

La figura 115 se realiza una gráfica estadística que señala la comparación de la velocidad máxima de ingreso en (m/s) al volumen de control, comparada entre el ciclo alternativo de los cilindros y de los diferentes múltiples de escape simulados.

De la misma manera la figura 116, realiza un comparativo entre la velocidad mínima del flujo, es decir la de salida del volumen de control, con relación a los diferentes múltiples simulados con sus respectivas escalas.

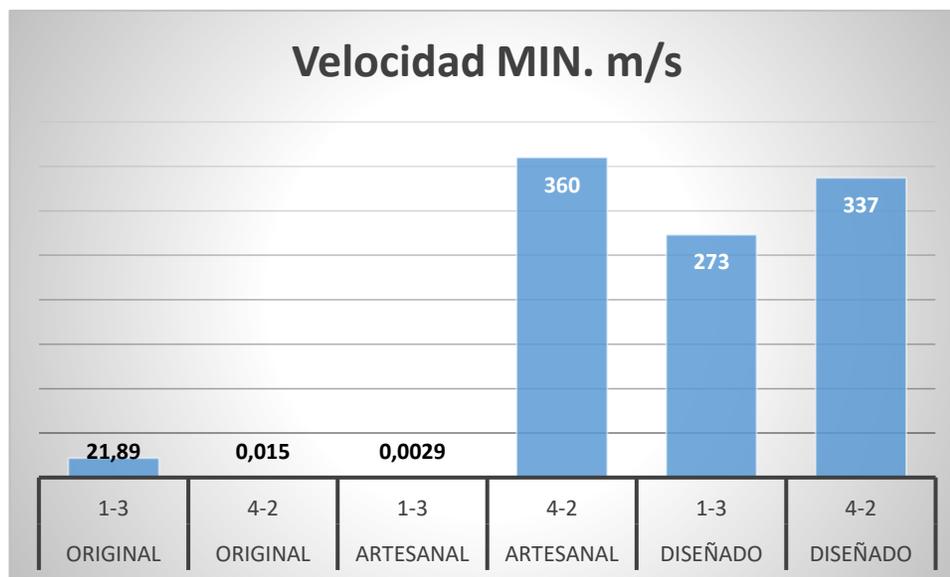


Figura 116 Velocidad mínima de flujo

La velocidad de flujo máxima o de entrada del *header Muffler* diseñado como se ilustra en la figura 115, establece un desfogue del gas de escape más progresivo en relación al múltiple original y artesanal, sin embargo podemos observar que su velocidad de desfogue no es superior a la del múltiple original, pero si es más eficiente que la del header artesanal ya que como se aprecia es completamente irregular entre cilindros, ya que las condiciones de turbulencia en dependencia de la geometría de los colectores debe contribuir a elevar la turbulencia con una velocidad acelerada de la salida de gases quemados (Lema Cristian, 2011). Por lo tanto, el diseño escogido cumple las condiciones de mejoramiento, sin ser el ideal o tener la velocidad de flujo superior, llegando a ser un diseño eficiente en el flujo másico ya que, este proceso cumple con la ley de la conservación de la masa, tomando en cuenta que “un alto flujo másico dentro del diseño favorece al proceso de RC, es decir la evacuación de los gases quemados será rápida y por lo tanto esto elevará el ingreso de aire fresco al interior del cilindro, lo cual significa un aumento en

el rendimiento volumétrico en los cilindros y por lo tanto un incremento de potencia” (Eloy Calle, 2014, págs. 80-81).

Se evidencian por una parte que el múltiple original, restringe la salida de los gases de escape al desfugarlos a través de los colectores hacia un mismo punto común, por ello la similitud de velocidades.

Por otra parte, el *header Muffler* artesanal revela que las curvas de los colectores no fueron bien definidas y, existe choque del flujo de gas por la diferencia de ángulo, lo cual implica que la velocidad de flujo entre la disposición de cilindros sea heterogénea.

En la velocidad mínima de flujo o de salida, el *header Muffler* diseñado es más constante, evitando contrapresiones por su diseño de colectores bien resuelto. No así en la deficiencia del múltiple original que tiene velocidades mínimas irregulares, el *header Muffler* artesanal más evidentes y como nos menciona (Semblantes Yadira, 2015, pág. 85) la variación de la geometría produce estos efectos, a consecuencia del principio de “Bernoulli” que dice que a mayor velocidad menor presión y viceversa, por lo que se tiene un diseño ideal de sección constante en su trayectoria lo cual corrobora que la velocidad sea constante.

“El principio de Bernoulli dice que la suma de energías potencial y cinética, en los varios puntos del sistema, es constante, si el flujo es constante. Cuando el diámetro de un tubo se modifica, la velocidad también se modifica” (Gaviria, 2015). Adicionalmente el teorema de Bernoulli hacer relación a los efectos de presión, velocidad y gravedad.

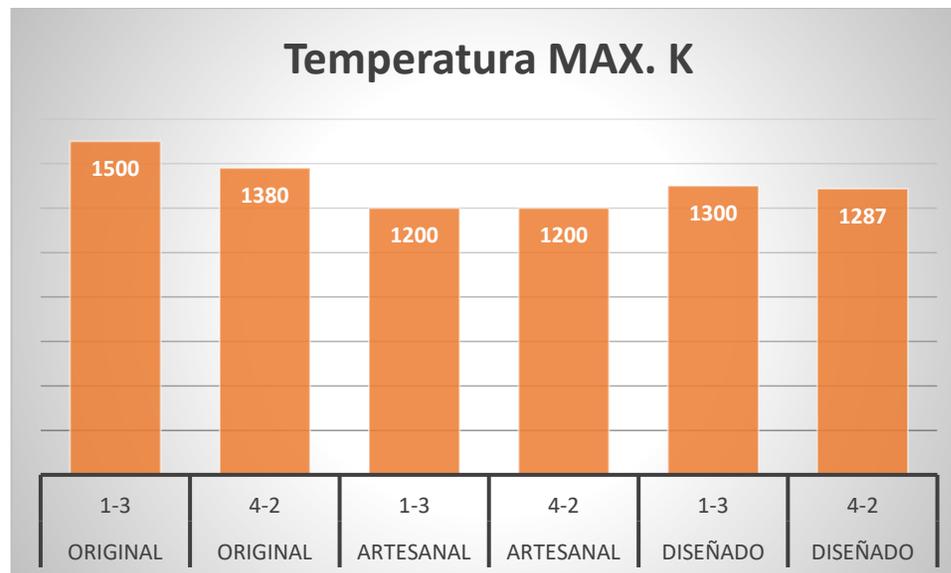


Figura 117. Temperatura máxima de flujo

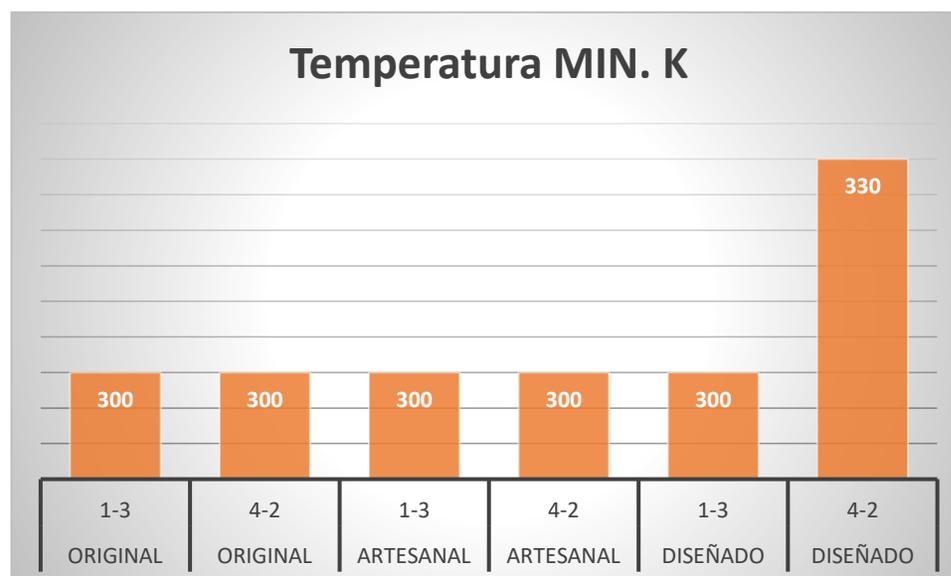


Figura 118. Temperatura mínima de flujo

Las figuras 117 y 118 relacionan las temperaturas de ingreso (máxima) y de salida (mínima) en los volúmenes de control de los diferentes modelos de múltiple, en la gráfica estadística se puede comparar la capacidad de evacuación del calor de estos. La temperatura máxima del *header Muffler* diseñado con relación al múltiple original, se puede observar que

mejora, lo cual indica que el calor de los gases de escape no se queda acumulado en el cabezote, permitiendo el ingreso de mezcla fresca al cilindro y mejorando el rendimiento volumétrico del cilindro.

No así en relación con el *header Muffler* artesanal que mantiene una temperatura máxima constante que sería su única ventaja, sin embargo, el diseño propuesto si bien es cierto no dispone de una evacuación de temperatura máxima, está próximo a estos valores.

Las temperaturas mínimas de los tres tipos de múltiples de escape son similares, ya que el calor a un régimen de ralentí se disipa al ambiente, teniendo la ventaja de que la disposición de esta autoparte es en la parte frontal y posterior del ventilador del radiador.

A continuación en la figuras 119 y 120, se compara las presiones generadas por el gas de escape en los modelos simulados de múltiples, donde se observa el comportamiento de esta variable en los volúmenes de control.

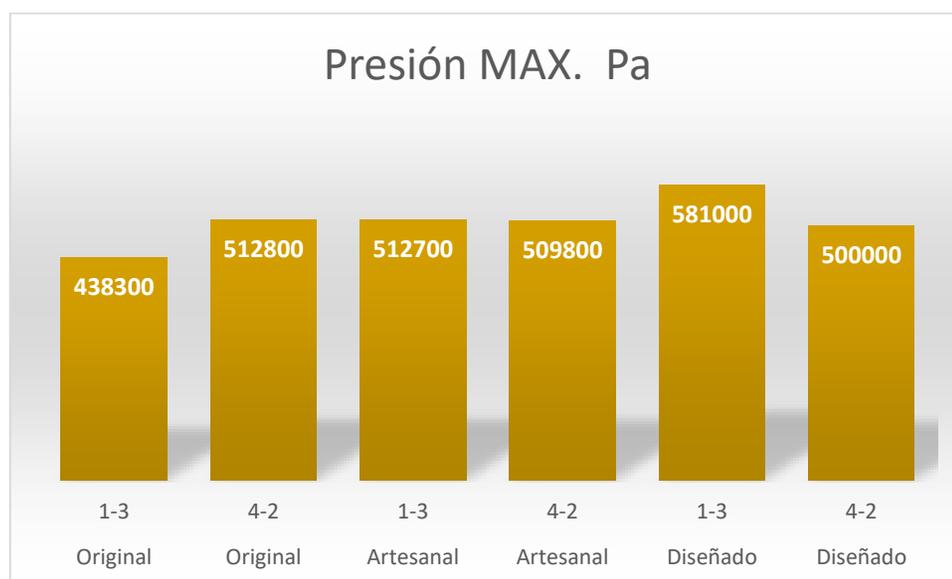


Figura 119. Presión máxima de flujo

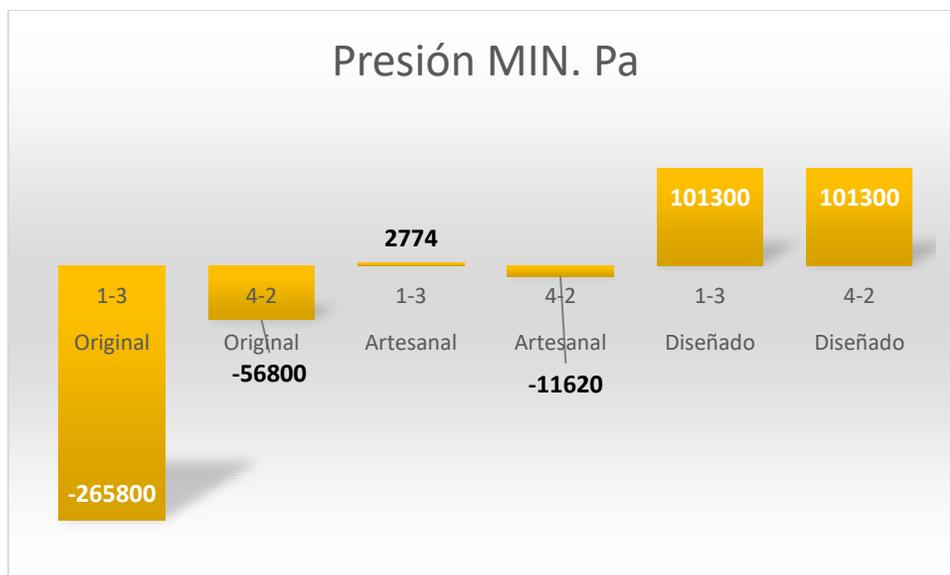


Figura 120. Presión mínima de flujo

Con relación a las presiones del gas de escape que fluyen a través de los múltiples, se podría acotar que en el *header Muffler* diseñado se presentan similares.

La presión mínima como se observa es constante debido al tipo de geometría, la cual tiene por objetivo desfogar la presión de gas luego del ciclo de trabajo con una velocidad promedio para que no genere contrapresiones como se aprecia en el múltiple original y artesanal, dando como consecuencia que el gas se regrese hacia el cilindro.

Como experiencia durante las pruebas en ruta, si se evidencia estas contrapresiones con el *header Muffler* artesanal ya que luego de dejar de acelerar a un régimen de 5000 rpm se genera un vacío y el motor pierde “ritmo”, es decir se genera contrapresiones. Con el diseño nuevo esto no sucede.

En el análisis de potencia, torque y relación aire/combustible luego de haber realizado las pruebas en el banco dinamométrico con los tres tipos de múltiples de escape y, con los resultados

detallados en la tabla 6, se determinaron las siguientes comparaciones, sacando un promedio y convirtiendo los valores a KW y N*m de las figuras 121 - 125.

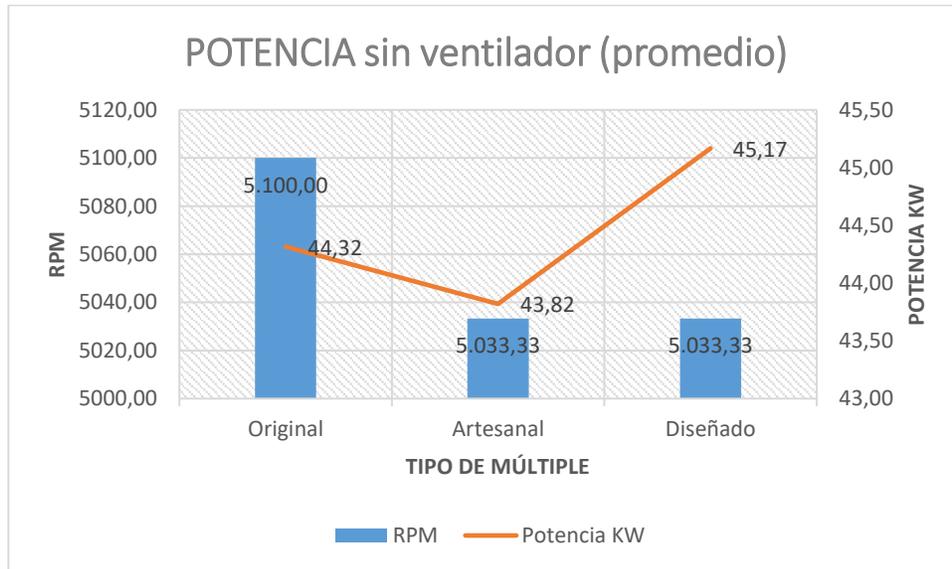


Figura 121. Comparación de la potencia en promedio sin ventilador.

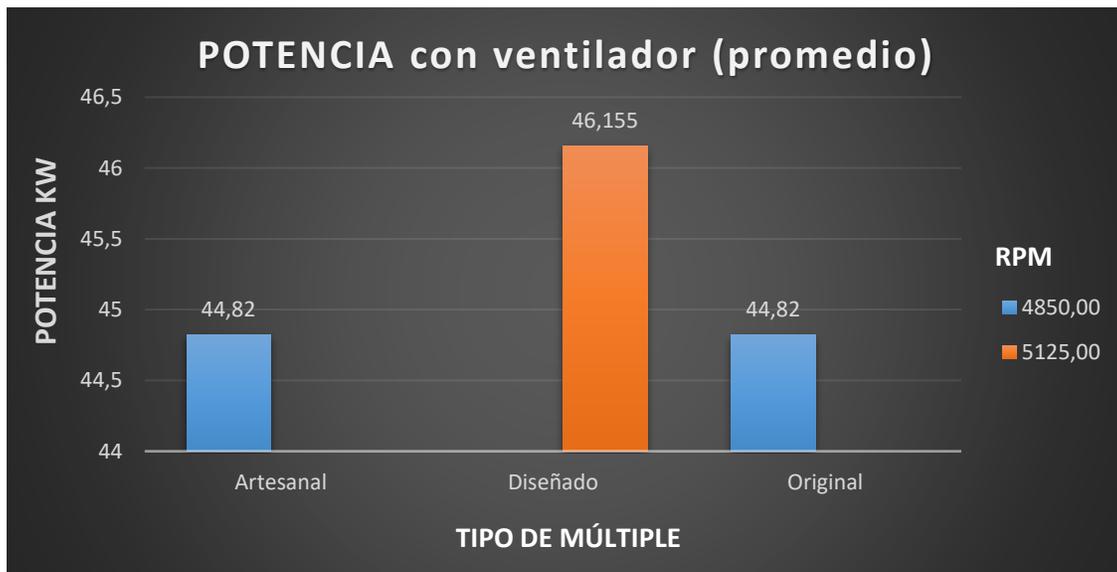


Figura 122. Comparación de la potencia en promedio con ventilador

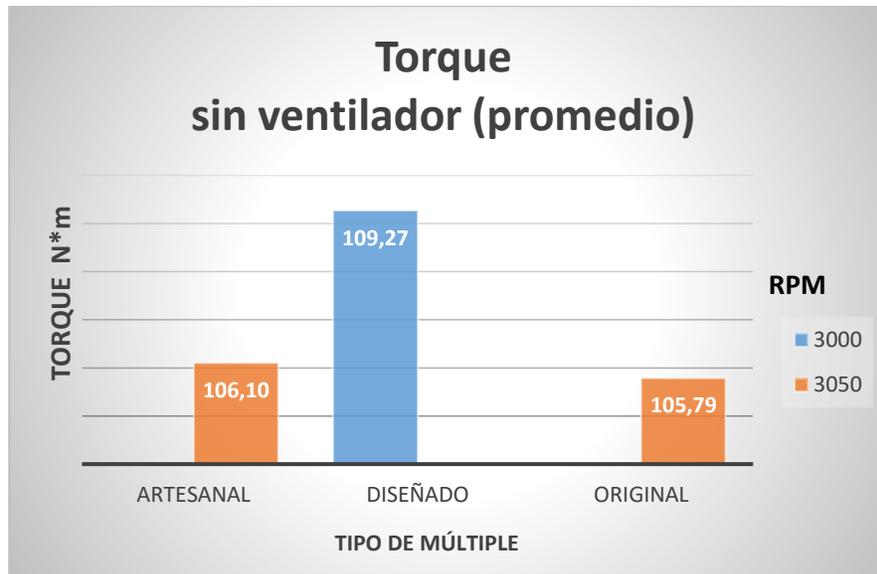


Figura 123. Comparación del torque en promedio sin ventilador.

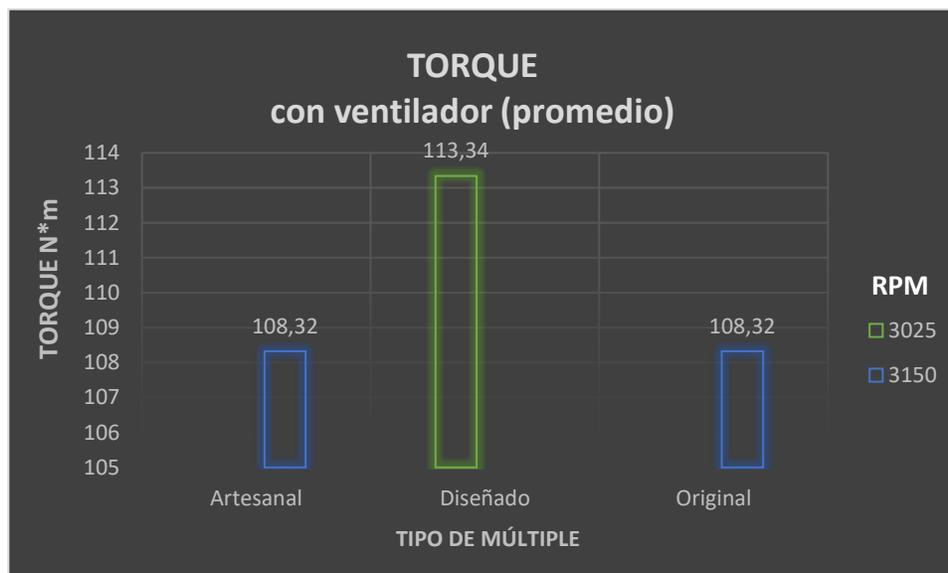


Figura 124. Comparación del torque en promedio con ventilador

El torque representado en las figuras 123 y 124 se analiza en promedio en dos etapas, la primera sin ventilador y la segunda con ventilador que simula el flujo de aire que circula alrededor del vehículo y además mejora el rendimiento volumétrico del motor.

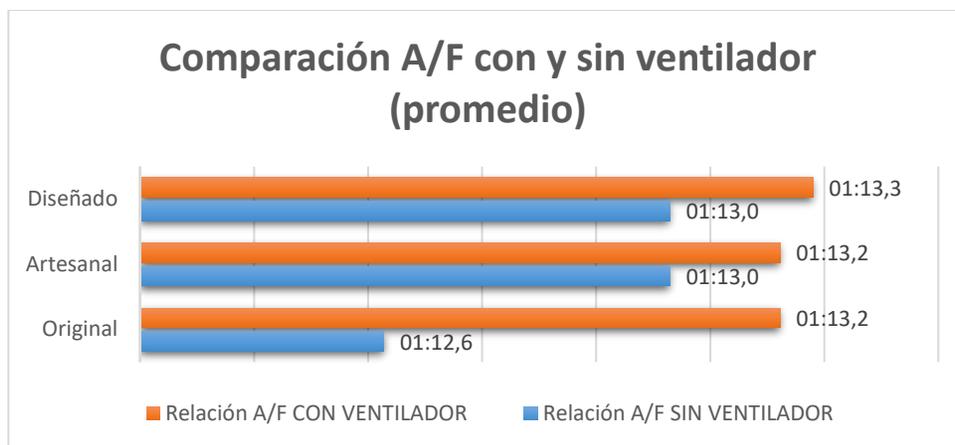


Figura 125. Relación aire/combustible en promedio con y sin ventilador

La comparación de la relación aire/combustible o relación estequiométrica (figura 125) se evidencia con un notorio consumo excesivo con relación al múltiple original, sin embargo, la razón es lógica; como lo había justificado al inicio de este estudio, los vehículos de calle necesitan consumir lo justo y contaminar el ambiente lo menos posible, no así un vehículo de competencia que requiere la mayor cantidad de combustible posible para que el motor de su mejor rendimiento y sea potente. Por lo que es justificado que la relación aire/combustible se incremente de 1:12 en un múltiple original 1:13 con la implementación del *header Muffler* diseñado; siempre tomando en cuenta de que esta medida es solo con la implementación del *header Muffler* en el motor.

El consumo de combustible será relativamente mayor, si al motor de competición se le modifican otros elementos como pistones, sistema de inyección programable, *throttle* entre otros; e inclusive en el tema de la inyección de combustible programable se puede variar este parámetro para conseguir que el motor aumente su rendimiento, sin embargo estas modificaciones son motivo de análisis de otro tipo de estudio, pero es de suma importancia tenerlos en cuenta en la preparación de motores para competición (Coello, 2006).

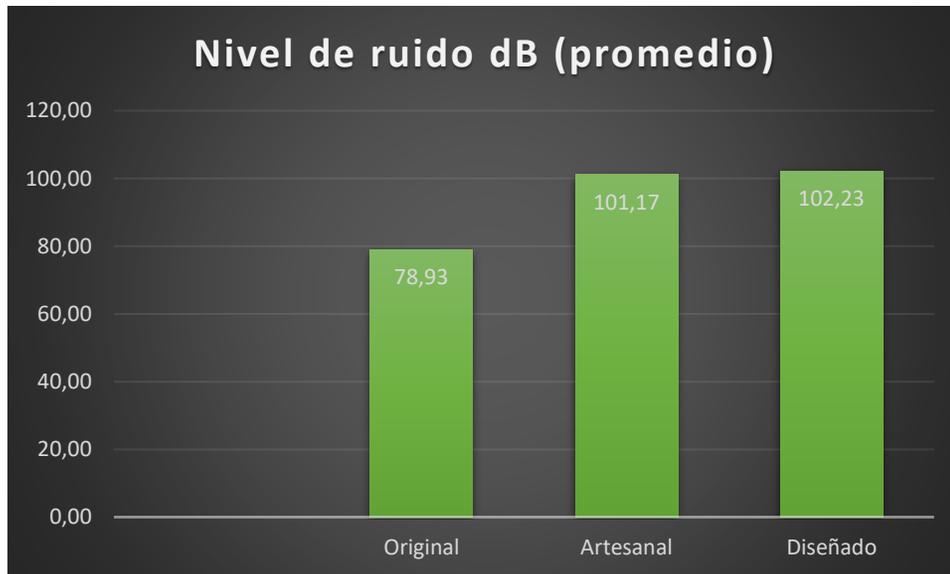


Figura 126. Nivel de ruido generado (promedio)

La figura 126, representa el comparativo de la medición de ruido entre los tres tipos de múltiples de escape instalados en el motor G13B en un régimen de giro de 4500 RPM.

Luego de realizar las mediciones de ruido generado por los tres tipos de múltiples de escape instalados en el vehículo y, de acuerdo a la reglamentación nacional, se obtienen resultados positivos, ya que el ruido generado tanto por: el múltiple original que dicho sea de paso genera el menor ruido con 78.93 dB, el *header Muffler* artesanal con 101.17 dB y el *header Muffler* propuesto 102.23 dB en promedio; lo cual da como desenlace que ninguno de estos sobrepasó lo que estipula dicho reglamento que son 120 dB. Es decir que se diseñó un múltiple de escape eficiente en potencia y bajo en ruido.

Conclusiones

El diseño y la construcción del *header Muffler* es un aporte a la ingeniería y al trucaje de vehículos para competencia, permitiendo entender y desarrollar nuevas técnicas y métodos de análisis desde el diseño de autopartes destinadas a la mejora de la potencia del motor.

En conclusión, el nuevo diseño de los colectores del *header Muffler* que se implementó en el motor G13B del Chevrolet Forsa II, generan un mejor desfogue del gas de escape y al simular el flujo de aire con el ventilador, pudimos notar que el rendimiento volumétrico fue notablemente superior, lo cual mejoró las prestaciones mecánicas del motor.

A través de la mejora de la geometría de los colectores de escape y del conjunto del *header Muffler* en general, con un adecuado análisis del modelo matemático y solución de cálculos, se ha logrado mejorar las prestaciones del motor G13B.

El incremento de potencia y torque en aspectos cuantitativos es principalmente importante ya que se obtuvo una mejora de aproximadamente 5.62% de potencia y 7.87% del torque comparados entre los tres tipos de múltiples implementados en el motor.

Con la utilización de la herramienta CFD, se obtuvo un aporte sorprendente en la determinación del comportamiento del flujo de gases de escape producto de la combustión. de los diferentes múltiples a través del modelado y simulado, datos que nos proporcionaron como y de que forma circulan los mismos al interior de las geometrías y mejorar el flujo.

La mejora del flujo se logra gracias al modelo matemático ideal que se eligió para el diseño y construcción, el mismo que complementado con el análisis de flujo en CFD, nos da como resultado la mejora de esta autoparte.

Dentro de estas simulaciones se pudo obtener los datos de las variables de estudio como presión, velocidad y temperatura del flujo, aplicando la solución de MEF en el software y, observando en las gráficas generadas por el software como y en qué condiciones se comportan estas variables para realizar la evaluación de cada geometría y establecer los comparativos respectivos en busca de una mejora del diseño.

Con relación a la velocidad se concluye que para el diseño propuesto se tiene una velocidad máxima promedio que es progresiva al ingreso del volumen de control, y es ideal a la salida del mismo, ya que lo que se pretende es que la energía se libere lo más rápido posible.

En cuanto a la temperatura, otra variable de suma importancia se obtuvieron datos importantes en cuanto a la evacuación del calor de aproximadamente 60°C comparando entre el múltiple original y el *header Muffler* propuesto.

Por lo tanto: se cumplió con la meta principal, de incrementar la potencia con la sola modificación de este elemento, lo cual se demostró en las mediciones, así se observa que con el múltiple original se obtiene 58.9 a 60.1 HP (43.92 a 44.82 KW), algo similar ocurre con el *header Muffler* artesanal que proporciona entre 58.7 a 60.1 HP (43.77 a 44.82 KW). Luego de mejorar la geometría de los colectores de escape y el diseño propuesto del *header Muffler*, se observa que la mejora de las prestaciones e incremento de potencia en el motor G13B es notable arrojando como resultado un rango de 60.4 a 62 HP (45.04 a 46.23 KW), y si se compara con el múltiple original se observa un incremento de 3.3 HP (2.46 KW), lo cual no deja de ser relevante ya que solo se ha modificado la geometría de una autoparte, y para un auto de competencia es de vital importancia sacarle el máximo rendimiento a su motor con la modificación de varias autopartes.

De la misma manera el par motor (torque) ha sido mejorado en aproximadamente $8 \text{ N}\cdot\text{m}$ lo cual no pasa por desapercibido ya que, para un auto de competencia es muy importante tener un gran torque a más de velocidad, puesto que se mejora las prestaciones del vehículo para que este pueda tomar la salida de una curva con mayor fuerza y gane segundos, aprovechando esta ventaja mecánica mejorada.

En parámetros de ruido y contaminación ambiental acústica, se diría que el diseño propuesto cumple con el reglamento técnico al no superar los niveles máximos permitidos, es decir no excede los 120 dB, por lo tanto, está dentro de la norma y es amigable con el ambiente.

En términos generales a cerca del presente estudio se podría indicar que en el país apenas y se realizan este tipo de análisis para el diseño ideal de un *header Muffler*, que incremente el rendimiento, puesto que el 80 % de los vehículos de competición disponen un *header* de escape confeccionado artesanalmente, un 8 % lo importa ya fabricado en titanio para vehículos específicos como los de la categoría N, y apenas un 2 % se dedica al análisis y diseño ingenieril de este dispositivo. Por lo que estamos seguros de que este es un gran aporte a las competencias de autos, preparadores e ingeniería automotriz dedicada a la preparación de autos de competencia.

Recomendaciones

Al realizar el escogimiento del modelo matemático para diseñar la geometría del colector, se recomienda verificar todos y cada uno de los parámetros de medidas alrededor del motor, para no tener la dificultad de tener que cambiar el diseño durante la construcción, ya que en el modelado es un diseño y análisis teórico y ya en la práctica siempre surgen imprevistos.

Para complementar el diseño propuesto, se recomendaría pulir y abrir las toberas de escape, con la finalidad de que la turbulencia generada y la fricción de los gases sobre el material rugoso del cabezote, mejoren el flujo y la energía cinética que se libere de manera ideal.

Obtener las licencias de softwares completas, con todas las aplicaciones que se pretendan utilizar en las simulaciones, además de un ordenador con gran capacidad de recursos computacionales, los mismos que eviten contratiempos y demoras tanto en la solución como en la simulación, ya que el tiempo es un factor primordial en este tipo de estudios.

Al momento de la construcción del prototipo se debe tener muy en cuenta la trayectoria del tubo principal y sus sujeciones ya que podrían afectar al diseño en su forma, lo cual implique que este quede mal acoplado al vehículo, generando golpes, altas temperaturas y demás situaciones.

Dentro de las dificultades halladas en el proceso, se puede decir que el país aún no cuenta con maquinaria adecuada como una máquina de hidro conformado, materiales especiales como tubos de titanio para que la concepción del diseño de header sea 100 % ideal, y las curvas sean uniformes, los tubos sean de una sola sección o se los pueda fabricar por partes que luego sean ensambladas.

Finalmente, como parte de la ingeniería y diseño de autopartes y, pese a las limitantes existentes en nuestro país, vemos que es posible diseñar, analizar, comparar virtual y físicamente para luego construir ciertas autopartes de altas prestaciones para un vehículo de competición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSYS. (2017).

Autodata 3.4. (2015). Datos Técnicos Suzuki Swift 1.3.

Autor. (2017). Fotografías de archivo personal. *Fotografías Competencias Automovilísticas Locales Regionales y Nacionales*. Azogues, Cañar, Ecuador.

Benajes J, N. E. (2011). *Clasificación de los MCI*. Barcelona España: Editorial Reverté.

Bermúdez V, T. B. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona España: Editorial Reverté.

Bisane R, K. D. (2014). Experimental investigation & CFD analysis of an single. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 03(06), 50-55. Obtenido de, 50-55.

BLADIMIR, E. M. (Abril de 2017). Talleres de escape Wiki. (M. Ibarra, Entrevistador)

Blair. (1999). Design and Simulation of Four-Stroke Engines. United States of America. *SAE*, 86-88.

Bosch. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Germany: Robert Bosch GmbH.

Cabrera, J. (2016). Diseño del sistema de escape de un motor de combustión de 4 tiempos para la competición MotoStudent. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Cámara Artesanal. (2017). <http://camaraartesanaldequito.com>. Obtenido de <http://camaraartesanaldequito.com/talleres-matni-fabricacion-de-tubos-de-escape/>

Ceac. (1995).

Checa, A. (2017). Investigación de la eficiencia mecánica al realizar modificaciones geométricas al colector de escape en el motor Volkswagen 1.8 litros . Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Chevrolet. (2001). *Chevrolet.com.ec*. Obtenido de Chevrolet.com.ec

Coello, E. (2006). *Preparación de Motores de Competencia*. América.

Cuadrado Ilba, J. R. (2008). Flujo Compresible en múltiples de Motores. En J. R. Ilba Geonine Cuadrado Peña, *Flujo Compresible en múltiples de Motores*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

documents.MX. (21 de Agosto de 2015). <https://documents.mx>. Obtenido de <https://documents.mx/entertainment-humor/rally-ecuador-vuelta-a-la-republica-ecuador.html>

Dynocom. (2014). Obtenido de www.dynocom.net/catalog/detail.asp?iPro=145

El Comercio. (8 de Agosto de 2014). Los Automóviles de Rally tiene la Marca Miranda. *Deportes El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/deportes/automoviles-rally-marca-familia-miranda.html>

- Eloy Calle, D. R. (2014). Diseño y construcción del múltiple de escape para el Motor Yamaha FZR600 de la fórmula SAE. Cuenca, Azuay, Ecuador: Tesis Pre grado Universidad Politécnica Salesiana.
- ESSS. (2016). <http://www.esss.com.br/blog/es/2016/06/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>.
Obtenido de <http://www.esss.com.br>
- Estadio. (2000). Vuelta a la República. *Ruedas de Estadio*.
- Estadio. (2002). Copa Chevrolet Forsa. *Ruedas de Estadio*.
- FEDAK. (Febrero de 2017). *Rreglamento técnico Campeonato Nacional de Circuitos*. Obtenido de fedak-ec.org.
- Galindo J, H. J. (2011). *Modelado de motores*. Barcelona España: Editorial Reverté.
- Gaviria, J. (2015). <http://mecanicadefluidoscod5131587.blogspot.com/2015/11/teorema-de-bernoulli.html>.
- Guillieri, S. (2000). *PREPARACION DE MOTORES DE SERIE PARA COMPETICION*.
- Hawort. (2005). A review of turbulent combustion modelling for multidimensional In-Cylinder CFD. *SAE PAper 2005-01-0993*.
- Heywood, J. (1988). Internal Combustion engine fundamentals. McGraw Hill.
<http://losuyoseriaaprobar.blogspot.com/2016/03/tema-4-motores.html>. (s.f.).
http://www.ryme.com/banco_de_potencia_BDNET4WD.html. (s.f.).
- INEN. (1983-04). NTE INEN 960. Ecuador.
- Ingemecánica. (2015). <http://ingemecanica.com>. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>
- IPAC. (2016). Obtenido de www.ipac-acero.com/producto-detalle.php?id=8
- kraz01. (20 de Mayo de 2010). <http://clubcorcelvenezuela.activoforo.com/u5>.
- Lema Cristian, T. G. (2011). Diseño de los colectores de Admisión y escape con análisis comparativo para un motor estándar G10 de un Suzuki Forsa. Cuenca, Azuay: Tesis Pre Grado Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca.
- Mantilla Juan, F. C. (2009). Simulación del flujo de gas en ductos de escape de motores de combustion interna. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 115.
- Moreno Manuel, E. D. (2009). Modificación de un vehiculo SUZUKI FORSA 1 para la competencia de Rally, que ha futuro representante a la Universidad Internacional Del Ecuador. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Passaniti, J. (2007). *Manual técnicas de competición*. Buenos Aires : Ediciones técnicas RT.
- Pearson, W., & Winterbone, P. (2000). Theory of engine manifold design. Weave action methods for IC engines. *Professional engineering publishing*.

- Pellegrini, M. (2004). <http://www.pellegriniracing.com.ar>. Obtenido de <http://www.pellegriniracing.com.ar/cursos/preparacion-de-motores.html>
- Rajesh Bisane, D. K. (2014). EXPERIMENTAL INVESTIGATION & CFD ANALYSIS OF AN SINGLE. *International Journal of Research in Engineering and Technology*.
- Rodríguez P, N. J. (2011). *Curvas características y aplicaciones*. Barcelona España: Editorial Reverté.
- Salazar, C. (Marzo de 2016). ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DINAMÓMETRO DE CHASIS MODELO X TRACCIÓN DOS RUEDAS DEL FABRICANTE DYNOCOM EN UN TALLER AUTOMOTRIZ. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- Semblantes Y, L. A. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECÁMARA DE ESCAPE "TUNED PIPE" PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS SUZUKI AX 100. *Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga*.
- Semblantes Yadira, C. E. (2015). Diseño y construcción de una recámara de escape "Tuned Pipe" para la optimización del rendimiento de un motor de dos tiempos Suzuki AX100. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Slideshare. (2012). *es.Slideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/dialmi/e-motores-diapositivas-04-caracteristicas-de-los-motores-reducido>
- Torregosa A, G. B. (2011). *Flujo en conductos de admisión y escape*. Barcelona España: Editorial Reverté.
- Wikipedia. (2014). Obtenido de es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_MIG/MAG#/media/File:GMAW_weld_area.png
- Wikipedia. (2017). <https://es.wikipedia.org>. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Suzuki_Swift#Segunda_generaci.C3.B3n_.281989-1997.29
- Winternone D, P. R. (2000). Theory of engine manifold design. WAVEactions methods for IC engines. *Profesional engineering publishing*, 11-21.

ANEXOS

Anexo 1

www.ansys.com/es-ES/products/academic/ansys-student

ANSYS

Careers Académicos Customer Portal Resource Library ES Seguir +12K

Productos Soluciones Servicios Soporte Acerca de ANSYS search

ANSYS Student

CONTACTO

HOME / PRODUCTOS / ACADÉMICOS / FREE STUDENT PRODUCT DOWNLOADS

Free Student Product Downloads

ANSYS Student products are introductory software packages for engineering students interested in learning the fundamentals of simulation while gaining exposure to our state-of-the-art simulation workflows.

The renewable twelve-month product license is free and can be downloaded and used by students anywhere in the world. We offer two student products:

ANSYS AIM Student - Our next generation academic simulation experience. Has integrated geometry modeling based on ANSYS SpaceClaim technology, structural, fluids and electromagnetics solvers.

- **Choose ANSYS AIM Student if:** You are new to simulation and seek an intuitive, cutting edge simulation tool. Many professors are switching to ANSYS AIM - Join the revolution, dare to be different.

ANSYS Student - ANSYS Workbench based bundle of ANSYS Mechanical, ANSYS CFD, ANSYS Autodyn, ANSYS SpaceClaim, and ANSYS DesignXplore.

- **Choose ANSYS Student if:** You are not keen on change and are already familiar with the ANSYS Workbench platform from your college courses. ANSYS Student is used by hundreds of thousands students globally. ANSYS Student is a safe bet if your professor is already using it for your course.

Installation Steps for Prior Releases of Student Products:

Download installation instructions for release 17.2 and earlier releases of the ANSYS Student products [HERE](#).

Problem Size Limits:

	AIM Student	ANSYS Student
Structural Physics	100K nodes/elements	22K nodes/elements
Fluid physics	1 Million cells	512K cells/nodes
Electromagnetics	50,000 elements	N/A

STUDENT PRODUCT SUPPORT:

Self-guided technical support for the ANSYS Student products is provided through the Support Resources. The support includes installation videos, FAQs for troubleshooting help and several introductory tutorials that show you how to perform basic simulations. Please note that we do not provide online or face-to-face technical support for the ANSYS Student products.

ARTICLES

TESTIMONIALS

VIDEO

CONTACTO

Fuente: <http://www.ansys.com/es-ES/products/academic/ansys-student>

Anexo 2





REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITO 2017

1.- VEHICULOS ADMITIDOS Y CATEGORIAS

1.1.- Se admiten los vehículos de fabricación en serie. Se permitirán las evoluciones en lo referente a los motores que equipen estos vehículos, siempre y cuando mantengan la marca de origen del vehículo que están equipando y mantengan la ubicación en el cofre del motor en la misma posición original del vehículo, es decir si es transversal tendrá que seguir siendo transversal y si es longitudinal tendrá que seguir siendo longitudinal, permitiéndose variar la inclinación del mismo, no se permiten autos con motor central y todos deben conservarlo en su disposición de origen delantero y trasero.

2.- CATEGORIAS TURISMO

Las clases o categorías serán:

- TC LIGHT DE 0 a 1250cc.
- TC 1600 DE 1251cc a 1650cc
- TC 2000 DE 1651cc a 2050cc
- TC OPEN 2050cc en adelante

3.- PUNTUACIONES

Ord.	Cuatro vehículos	Tres vehículos	Dos vehículos	Un vehículo
1ro	25	18	12	0
2do	18	13	9	
3ro	15	11		
4to	12			
5to	10			
6to	8			
7mo	6			
8vo	4			
9no	2			
10mo	1			

- El número mínimo para que en una clase opte por el 100% de la puntuación es de cuatro vehículos
- El ganador de la general en cada valida recibirá un (1) punto de bonificación al final de la competencia, que servirá para la acumulación de puntos en el campeonato.



- Para puntuar en cada manga, quienes no hayan recibido bandera de llegada deberán haber cubierto el 75% de la manga.
- No se permite Fusión de Categorías ni tampoco que un vehículo de menor cilindrada participe en una clase o categoría superior.

4.- MOTOR

La preparación del motor es libre debiendo respetarse únicamente la cilindrada del mismo, la que bajo ningún concepto podrá sobrepasar, siendo pena de las sanciones respectivas.

4.1.-Cilindrada: Volumen desplazado por los pistones del motor, desde el punto muerto superior (PMS) hasta el punto muerto inferior (PMI). Y se define por la siguiente formula:

$$\text{Cilindrada} = \text{Diámetro del pistón}^2 * (TT/9) * \text{Carrera de pistón} * \text{Nº de cilindros}$$

Se permite encamisar o agrandar las camisas o cambiar el cigüeñal para llegar a la cilindrada deseada dentro de los límites de la categoría.

4.2.- La sobre alimentación: Están permitidos los motores con Turbo la cilindrada se obtiene al multiplicar su cilindra nominal x 1.4 y a su peso correspondiente se adicionan 50kg hasta la categoría de 2050 cc y el turbo debe contar con restrictor en el cuerpo admisión del turbo de 33mm colocados según la norma en el cuerpo de admisión.

En la categoría TC Open no colocara el restrictor en el cuerpo de admisión y se le adicionaran 150kg a su peso correspondiente de la categoría

4.3. Condiciones generales:

Lubricación.- Se permite el uso de cárter seco, el recuperador de aceite es obligatorio en caso de no tener retorno al cárter. Se permite el uso de bombas exteriores de aceite

Bloque.- Esta permitido encamisar el bloque, el tipo de la camisa es libre y esta permito pulir el bloque para mejorar la lubricación y refrigeración.

Bielas.- Se permiten únicamente de material ferroso magnético.

Cigüeñal.- Es libre, de material magnético.

Culata.- Será de preparación libre en todos sus componentes, siempre y cuando sea de la misma marca del motor

Volante.- Libre de modificación en material magnético.

Refrigeración.- Libre, a condición de que el radiador este instalado en el lugar de origen.

Encendido.- Libre



Alimentación: Libre

Aire de admisión.- No es permitido agregar ningún componente al aire de admisión del motor tales como: agua, hidrogeno, óxido nitroso o cualquier otro elemento que altere la composición química del aire natural.

Sistema de escape.- Libre en su preparación. El ruido generado por el vehículo no podrá exceder los 120 db medidos a 4500 rpm, medidos a una distancia de 50 cm y en un ángulo de 45° del punto de salida del escape

5.- COMBUSTIBLE

La gasolina será libre siempre y cuando sean de uso comercial, pero se prohíbe el uso de OXIDO NITROSO, METANOL o similares.

6.- SUSPENSIONES Y FRENOS.

6.1. Suspensión y frenos serán libres mientras mantengan el diseño de funcionamiento similar al que en origen equipa el modelo del vehículo.

6.2. Se permite utilizar rótulas tipo uniball y se puede modificar los anclajes únicamente para efectos de variar la geometría de la suspensión, manteniendo el diseño básico original

6.3. Los discos de freno y mordaza serán libres pero deberán mantener el número de 1 por rueda.

6.4. Barras estabilizadoras libres

6.5. Amortiguadores libres, pero no pueden modificar el principio de funcionamiento de la suspensión, por ejemplo deben mantener el funcionamiento McPherson en el tren delantero o trasero si esta es la configuración de origen del vehículo y así para los otros mecanismos o principios

7.- CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIÓN.

- La caja cambios: y transmisión serán libres en sus relaciones de piñones, conos, corona y marca, pero deberán mantener la posición operativa al modelo original del vehículo.

- Entendiéndose por tracción delantera mantenerse y tracción posterior, mantenerse.

- Autoblocante libre.

- Diferenciales Quick Change Libres

- Está permitido el uso de cajas secuenciales con un recargo de 30kg. En categoría TC OPEN no penalizan por el uso de las mismas

- Embrague: Incluido su mecanismo será libre.

8.- CARROCERIA



8.1.- Para los vehículos de producción se permiten reemplazar los vidrios por material transparente de lexan o similar únicamente. Queda prohibida la utilización de micas acrílicas.

No se permite reemplazar el parabrisas delantero.

8.2.- La puertas podrán ser reemplazadas por puertas de material liviano pero sin afectar en su estructura para efectos de seguridad y diseño original.

8.3.- Se permite modificar o cambiar los guardafangos, capot y tapa baúl por otros materiales más livianos pero manteniendo el anclaje original en el caso del capot y tapa posterior. Además deberá tener los seguros adicionales que fijen en cuatro puntos el capot y tapa baúl.

8.4.- Los alerones y difusores son libres siempre y cuando no superen el ancho total del vehículo y estén perfectamente asegurados a la carrocería. Deberán cubrir el ancho de las ruedas hasta el borde externo, el spoiler delantero no deberá sobresalir más de 15 cm de la parte frontal y lateral del guardachoque

8.5.- Es terminantemente prohibido la utilización de telas o mallas para reemplazar los elementos sólidos del vehículo, tales como puertas, capó y compuertas posteriores.

8.6.- Se prohíbe la utilización de vidrios polarizados tipo espejo de cualquier color, por cuanto con el sol generan puntos de luz que afectan la visibilidad de los demás competidores

8.7.-No están permitidos los vehículos convertibles o de techos parcialmente desmontables.

8.8.-Tanque de combustible: Si la posición está dentro del habitáculo el tanque debe ser homologado para competencia debidamente aislado con material no inflamable. Deberá tener un desfogue en la parte exterior del vehículo.

Los conductos de combustible, agua y lubricación, si pasan por el habitáculo deben ir canalizados, no pueden tener uniones dentro de la cabina y deben estar en perfecto estado, fijos a la carrocería con abrazaderas y no deben presentar fuga.

8.9.-Sistema eléctrico: distribuidor, bobina, batería, alternador, computadora, cables de bujía y bujías son libres. En caso de encontrarse la batería en el habitáculo esta deberá estar debidamente sujeta e aislada para evitar derramamientos o cortocircuitos.

8.10.-Pesos: los pesos deberán estar emperrados al piso de los vehículos perfectamente fijados y no se permitirán pesos sueltos o amarrados. Los vehículos no podrán salir a prácticas controladas, clasificaciones y competencia si no cuentan con la aprobación del peso respectivo. Es obligatorio el uso de tornillería de acero de grado 8 como mínimo en todos los elementos de seguridad.

8.11. Espejos: deberá tener un mínimo de tres espejos, un interior y dos exteriores.



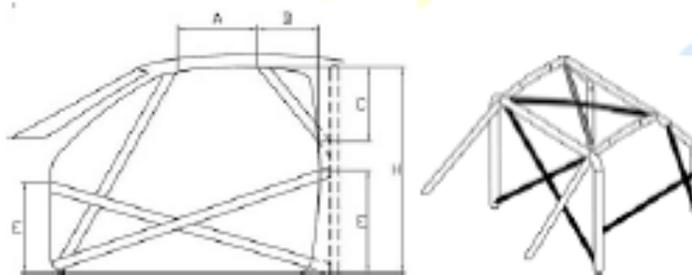
8.12. **Volante o timón:** no se permiten volantes con partes de madera si el vehículo tuviere un sistema de extracción rápida del volante este sistema debe ser homologado por FIA o la autoridad deportiva equivalente en los Estados Unidos.

8.13.- Los costados de las ruedas no podrán sobresalir de los guardafangos .

9.-ELEMENTOS SEGURIDAD OBLIGATORIOS

Es responsabilidad del Club organizador que cada vehículo inscrito tenga para la revisión mecánica obligatoriamente lo siguiente:

1. **Switch Máster (Corta Corriente)** que al ser desconectado apague el motor y corte la corriente de la batería. En posición claramente identificable donde el piloto sentado y amarrado pueda accionarlo fácilmente.
2. **Rollbar** con tubo estructural de un diámetro no menor a 1 7/8 de pulgada, tipo jaula de 6 puntos mínimo anclados al piso, con protección lateral en las puertas en forma de X



3. **Cinturones de competencia** tipo amés doble sobre los hombros.
4. Todo vehículo deberá tener una red de protección a la altura de la ventana del piloto, misma que deberá estar tejida por tiras de material no inflamable.
5. **Butaca** mono volumen de competencia con especificaciones de homologación, debe estar firmemente anclada a la carrocería
6. Eliminado el seguro del volante y de puertas.
7. **Extintor de incendios** mínimo de 2kg, debidamente fijado y de fácil acceso al piloto; además deberá contar con un extintor adicional en pits de mínimo 5 kg.
8. **Llantas** en buen estado
9. **Seguros de capot.** Se prohíbe la utilización de correas o pulpos elásticos
10. **Limpia parabrisas** en perfecto estado de funcionamiento.
11. **Luces de iluminación, indicación y stop** en perfecto funcionamiento.
12. **Casco** con norma Snell 2005, 2010, SAFI o FIA. No se acepta norma DOT por ser de calle.
13. **Buzo, Zapatos, Balaclava y Guantes** Anti flama con norma FIA, SFI o SNELL como mínimo.
14. **SE RECOMIENDA** para el campeonato del 2018 para los pilotos de todas las categorías, el uso del HANS DEVICE, Neck Brace o cualquier



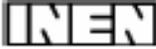
- dispositivo similar sólido debidamente homologado para la protección del cuello y cervicales.
15. Para todas las pruebas, vehículos deberán tener un enganche en la parte delantera para ser remolcados, serán claramente visibles y se pintarán de color amarillo, rojo o naranja.
 16. Es obligatorio el uso de tomillería de acero de grado 8 como mínimo en todos los elementos de seguridad.

El desconocimiento del presente reglamento no exime de responsabilidad al piloto y/o a los miembros de su equipo.

Lo no establecido en el presente Reglamento General, los Reglamentos Técnicos, Particulares, sus anexos, será resuelto por los Comisarios Deportivos y Técnicos, conforme al Código Deportivo Internacional de la FIA y sus anexos.



Anexo 3

		CDU: 629-113.621.43.001-4 MC 04.01-301
Norma Técnica Ecuatoriana	VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR	INEN 960 1983-04
1. OBJETO		
<p>1.1 Esta norma establece el método general de ensayo para motores de vehículos automotores, para evaluación de su rendimiento, con el propósito de la elaboración posterior de curvas de potencia y consumo específico de combustible a carga completa, como funciones de la velocidad de la máquina.</p>		
2. ALCANCE		
<p>2.1 Esta norma se aplica a máquinas de combustión interna usadas en vehículos automotores (excluyendo motocicletas y tractores) que trafican usualmente las calles y/o carreteras, que estén incluidos dentro de las categorías siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - motores de combustión interna a pistón de movimiento alternativo (encendido por bujías o por inyección de combustible), excluyendo los de pistón libre; - motores de émbolo rotativo. <p>Estos motores podrán estar provistos de un dispositivo de sobrecarga mecánica o de turboalimentadores.</p>		
3. DEFINICIONES		
<p>3.1 Potencia neta. La potencia obtenida en el eje motor o en su equivalente, a la velocidad especificada por el fabricante, estando el motor equipado con los dispositivos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento en su aplicación particular.</p>		
<p>3.2 Dispositivos auxiliares. Los equipos y dispositivos enuncados en la Tabla 1.</p>		
<p>3.3 Equipo estándar de producción. Cualquier equipo que es provisto normalmente por el fabricante, para aplicación particular del motor.</p>		
4. DISPOSICIONES GENERALES		
<p>4.1 Exactitud de las mediciones</p>		
<p>4.1.1 Momento. El diámetro debe ser tal, que el primer cuadrante de la escala no se use. Debe tener una exactitud dentro de $\pm 0,05\%$ del valor máximo de la escala.</p>		
<p>4.1.2 Velocidad. La velocidad del motor debe ser leída de preferencia con un cuenta - revoluciones y con un cronómetro sincronizado automáticamente. La exactitud de los valores medidos debe ser de $\pm 0,05\%$.</p>		
(Continúa)		

NTE INEN 980

1983-04

TABLA 1. Dispositivos Auxiliares

	DISPOSITIVOS	NOTAS
1	Sistema de admisión Múltiple de admisión Filtro de aire Silenciador de admisión Sistema de control de emisiones Sistema de limitación de velocidad	
2	Sistema de calefacción del múltiple de admisión	Colocado en la posición más favorable posible
3	Sistema de escape: Purificador Múltiple de escape Toberas Silenciador Tubo de escape Freno de escape	Si es posible armar el sistema de escape para el ensayo, se debe reemplazar por otro equivalente en restricciones con la aprobación del fabricante Si existe un freno de escape, la válvula puede ser retrada o colocada en posición de abierta totalmente
4	Bomba de combustible	La presión de alimentación del combustible puede ser ajustada, en caso de necesidad, para producir circunstancias especiales de aplicación del motor.
5	Carburador	
6	Equipo de inspección (diesel) Primer filtro Segundo filtro Bomba Cañería de alta presión Inyector Válvula de admisión de aire Regulador	La válvula de admisión de aire es el control neumático de la bomba de inyección
7	Equipo de enfriamiento del líquido refrigerante Tapa del motor Radiador	El radiador, el ventilador, la bomba de agua y el termostato, deben colocarse en el banco de pruebas en las mismas posiciones relativas que ocupan en el vehículo. La circulación de agua debe ser activada solamente por la bomba. El enfriamiento puede ser producido por el radiador o por circuito externo, siempre que la pérdida de la presión en este circuito permanezca sustranciamente la misma que la del motor

(Continua)

NTE INEN 060

1983-04

Continuación de la tabla 1

7	<p>Ventilador Tapa del ventilador</p> <p>Tapa del ventilador Bomba de agua Termostato</p>	<p>Si hay un ventilador desconectado, la potencia neta debe determinarse primeramente con el ventilador desconectado y luego conectado</p> <p>Cuando el ventilador no se puede instalar en el cambo de pruebas, la potencia absorbida por el ventilador debe determinarse por las mismas velocidades utilizadas para las mediciones del motor. Esta potencia debe restarse de la potencia corregida, para obtener la potencia neta.</p>
8	<p>Equipo de enfriamiento de aire Tapa del ventilador Ventilador</p> <p>Ventilador auxiliar del banco de pruebas Dispositivo de regulación de temperatura</p>	<p>(Las notas del numero 7 aplicables al ventilador, se aplican también para enfriamiento por aire)</p> <p>Si fuese necesario</p>
9	Equipo eléctrico	La potencia del generador debe limitarse a la necesaria para el funcionamiento de accesorios que son indispensables para el motor. No debe cargarse la batería durante el ensayo.
10	<p>Equipo de sobrealimentación. Compresor movido por motor, o por gases de escape</p> <p>Intercambiador del calor</p> <p>Bomba o ventilador de refrigeración Regulación del flujo de refrigerante Ventilador auxiliar del banco de pruebas</p>	<p>La temperatura de aire en el múltiple de admisión debe ser la especificada por el fabricante, en el caso de haberla.</p> <p>Si fuese necesario</p>
11	Dispositivo anti-contaminantes	

(Continua)

NTE INEN 060

1983-04

4.1.3 Consumo de combustible. Exactitud de $\pm 1\%$

4.1.4 Temperatura del aire de admisión. Exactitud de $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.1.5 Presión barométrica. $\pm 70\text{ Pa}$ (0,70 mbar).

4.1.6 Presión en el ducto de escape. $\pm 25\text{ Pa}$ (0,25 mbar).

4.2 Ensayos

4.2.1 Dispositivos auxiliares

4.2.1.1 Durante el ensayo, los dispositivos auxiliares especificados en la Tabla 1 deben instalarse en lo posible en la misma posición que en la aplicación en el motor. Deberán retirarse los equipos auxiliares del vehículo que no son necesarios para el funcionamiento del motor, como por ejemplo:

- Compresor de aire para frenos,
- Compresor de suspensión
- Sistema de aire acondicionado

En los casos en que se deban retirar accesorios, la potencia absorbida por los mismos, deberá determinarse y añadirse a la potencia medida del motor.

4.2.2 Dispositivos auxiliares para arranque de motores a diesel

4.2.2.1 Tratándose de motores a diesel, deben considerarse los dos casos siguientes:

- a) *Arranque eléctrico.* El generador está instalado y suministra, cuando sea necesario, la energía para los auxiliares indispensables para el funcionamiento del motor.
- b) *Arranque no eléctrico.* Si existe cualquier otro dispositivo auxiliar eléctricamente movido, indispensable para el funcionamiento del motor, se instalará el generador para suministrar la energía de estos accesorios. De lo contrario, deberán retirarse. En cualquier caso, el sistema para producir y acumular la energía necesaria para el arranque, debe estar instalado y funcionar cuando no se aplica al motor.

4.3 Condiciones de ajuste

4.3.1 Las condiciones de ajuste durante el ensayo, para la determinación de la potencia neta, se indican en la Tabla 2.

TABLA 2. Condiciones de ajuste

1	Ajuste al carburador	De acuerdo a las especificaciones del fabricante, utilizados sin ninguna alteración posterior para la aplicación particular
2	Ajuste al sistema de inyección a la bomba	
3	Inyección o regulador de la inyección	
4	Ajuste del regulador	

(Continua)

4.4 Condiciones de ensayo

4.4.1 El ensayo de potencia neta consistirá en marcha a plena admisión para motores de bujías, y a plena carga de la bomba de inyección para motores a diesel. El motor estará equipado según la Tabla 1.

4.4.2 Los datos de rendimiento deben obtenerse bajo condiciones estables de funcionamiento, con un adecuado suministro de aire fresco. Los motores deberán arrancarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Las cámaras de combustión de motores a bujías podrán contener depósitos, pero en cantidades limitadas. Las condiciones de ensayo, tales como la temperatura en la tobera de admisión, deberán seleccionarse lo más aproximadamente a las condiciones de referencia, para minimizar la magnitud del factor de corrección.

4.4.3 La temperatura del aire de admisión al motor (aire ambiental) debe medirse dentro de 0,15 m máximo en la entrada al filtro de aire y, si esto no existe, dentro de 0,15 m de la tobera de admisión. El termómetro o la cupla - térmica debe protegerse de radiación del calor y debe localizarse directamente en el torrente de aire. Debe también protegerse de gotas de combustible. Una cantidad suficiente de medidas en sitios distintos, deberá ser un promedio representativo de la temperatura.

4.4.4 No se deben tomar datos, a menos que el momento, velocidad y temperatura, hayan sido mantenidos constantes por lo menos durante un minuto.

4.4.5 La velocidad del motor durante una prueba o lectura, no debe desviarse de la velocidad seleccionada, en más de $\pm 1\%$ o en ± 10 rev/min.

4.4.6 La fuerza de frenado observada, consumo de combustible y temperatura de aire de admisión, deben anotarse simultáneamente y, en cada caso, deben ser los promedios de dos valores estables que no varían más del 2% por la fuerza de frenado y consumo de combustible.

4.4.7 Para la medición del consumo de combustible con un contador automático de tiempo, el tiempo mínimo de medición no debe ser inferior a 30 s; para medición manual, no menor a 60 s.

4.4.8 La temperatura de salida del refrigerante en motores enfriados por líquidos, debe controlarse y mantenerse a $80 \pm 5^\circ\text{C}$, a menos que el fabricante especifique otra cosa. Para motores refrigerados por aire, la temperatura debe mantenerse con tolerancia de 20°C respecto al valor indicado por el fabricante.

4.4.9 La temperatura del combustible en la entrada de la bomba o en el carburador, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.10 La temperatura del aceite lubricante medida en el (carburador) depósito de aceite o en la salida del sistema de enfriamiento de aceite, de existir, debe mantenerse dentro de los límites especificados por el fabricante.

4.4.11 La temperatura del gas de escape debe medirse en un punto del tubo de escape adyacente al final del múltiple de escape. Esta temperatura debe mantenerse entre los límites establecidos por el fabricante.

(Continua)

4.4.12 Para motores a diesel, el combustible utilizado no debe contener aditivos para la suspensión del humo. En caso de disputa, el ensayo deberá hacerse con combustible clasificado bajo la sigla CEC - RF - 03-T-69.

5. FACTORES DE CORRECCION

5.1 Definición del factor K_a

5.1.1 Es el factor por el cual debe multiplicarse la potencia observada, para determinar la potencia del motor bajo las condiciones atmosféricas de referencia.

5.2 Condiciones atmosféricas de referencia

5.2.1 Temperatura: 25°C (298 K).

5.2.2 Presión total: 100 KPa (1 000 mbar). Siendo la humedad despreciable. (Ver nota 1).

5.3 Limitaciones en el uso de la fórmula de corrección

5.3.1 La fórmula de corrección es sólo aplicable donde el factor de corrección está entre 0,96 y 1,04. Si se exceden estos límites, debe darse el valor corregido, y las condiciones de ensayo (temperatura y presión) deben establecerse en forma precisa en el reporte de ensayo.

5.4 Determinación de factores de corrección

5.4.1 Motores de ignición por bujías (carburador o inyección) factor K_a . Dentro de los límites definidos en 7.3, el factor de corrección se obtiene aplicando la fórmula:

$$K_a = \left(\frac{100}{p} \right) \left(\frac{T}{298} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

T - Temperatura absoluta, en grados kelvin en la entrada de aire.

P - presión atmosférica total, en kilopascales

Esta fórmula es aplicada a la potencia de frenado observada, sin tomar en cuenta la eficiencia mecánica del motor.

5.4.2 Motores a diesel - factor K_d

5.4.2.1 Factor de corrección para motores a diesel de cuatro tiempos de aspiración natural y para motores a diesel de dos tiempos. El factor de corrección, que se aplica sólo a suministro constante de combustible, se calcula por medio de la fórmula:

NOTA 1. Dentro del intervalo 10 a 35°C, los efectos de la humedad en el factor de corrección pueden ser despreciados

(Continua)

NTE INEN 980

1983-04

$$k_c = \left(\frac{100}{p}\right)^{0,65} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{0,5} \dots\dots\dots(2)$$

La siguiente fórmula, que es aproximadamente equivalente, también puede utilizarse:

$$k_c = 1 + \frac{A}{100}$$

Donde:

$$A = 0,65 (100-p) + 0,17 (T-298)$$

Si el factor de corrección excede 1,04 o es menor que 0,96, o si el suministro de combustible, medido durante el funcionamiento del motor, es menor que 50 mm³ por litro de volúmenes de barrido, o más que 75 mm³, la corrección puede hacerse aplicando el factor de corrección K_c, por el valor de este coeficiente; las condiciones de temperatura y presión durante el ensayo y el suministro específico de combustible en mm³ por litro, deben hacerse constar en el reporte.

5.4.2.2 Factor de corrección para motores a diesel cargados a presión

5.4.2.2.1 Motor con sobre - alimentación por turbina de escape. Un factor de corrección que es igual a 1 se aplicará cuando la densidad del aire ambiental no varíe más de ± 5% de la densidad bajo las condiciones de referencia. Cuando la densidad del aire esté fuera de estos límites, no se aplicará corrección alguna, pero se reportarán las condiciones de ensayo.

5.4.2.3 Motores con sobrealimentación mecánica. Para el factor de corrección de motores de sobrecarga mecánica, se aplicará la fórmula para motores de aspiración natural, previa comprobación de que la relación está entre los límites especificados para esos motores.

$$relación = \frac{\text{suministro de combustible}}{\text{Volumen de barrido} \left(\frac{p^2}{p_1}\right) \left(\frac{T_1}{T_2}\right)}$$

Donde:

- p1 - Presión ambiental.
- p2 - Presión en el múltiple de admisión.
- T1 - Temperatura ambiental en K.
- T2 - Temperatura en la entrada del múltiple de admisión.

6. MEDICION DEL VALOR DEL HUMO

6.1 El valor de la emisión del humo deberá medirse y registrarse en cada lugar de ensayo. El opacímetro usado y su instalación deben estar diseñados de acuerdo con ISO 3173.

(Continua)

NTE INEN 080

1083-04

7 Reporte de ensayo. (ver nota 2).

7.1 Datos del motor

7.1.1 Motores de movimiento alternativo

Fabricación: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Ø del cilindro: _____ Carrera: _____ Volumen de un cilindro: _____
 Cilindrada total: _____ Ignición: bujías Inyección:
 orden de encendido: _____
 Relación de compresión: _____ Ciclo 2 – 4 tiempos
 Aditivos de sobrecarga: _____ Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.1.2 Motores rotativos trocoidales

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Epitrocoidal: Hipotrocoidal:
 Envoltorio: Interna: Externa:
 Número de cámaras herméticas entre el rotor y el estator, esto es, número de dispositivos de sello periférico por rotor y estator: _____
 Excentricidad: _____ Radio generador: _____
 Espesor de operación: _____ Volumen de barrido de una cámara: _____
 Número de rotores: _____ Ignición: bujías: compresión: _____
 Orden de encendido: _____
 Relación de compresión: _____ Ciclos: 2 – 4
 Dispositivo de sobrecarga: _____ Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.2 Suministro de combustible

Bomba: _____ Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Prefiltro: sí no Filtro: sí no

7.3 Carburador

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Número: _____ Especificaciones detalladas: _____

7.4 Bombas o dispositivos de inyección

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Pulsación estática: _____ Dispositivo de avance: _____
 Código del fabricante: _____

NOTA 2. Escribir nada cuando no corresponda.

(Continúa)

NTE INEN 960

1983-04

7.5 Boquillas de inyección y soportes de boquillas

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Presión: _____ Tubos de inyección de alta presión: _____ longitud diámetro interior: _____

7.6 Regulador

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Velocidad de accionamiento: _____ rev/mínimo

Velocidad máxima sin carga: _____ rev/mínimo

7.7 Distribuidor de encendido

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Pulsación estática: _____ Dispositivo de avance: _____

Reguladora: _____ rev/mínimo (según especificación del fabricante)

Rango máximo del dispositivo de avance: _____

Espacio entre platinos del distribuidor: _____

7.8 Bujías

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Cantidad por cilindro: _____ Espacio entre electrodos: _____

7.9 Bobina de encendido

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Cantidad: _____

7.10

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Cantidad: _____

7.11 Supresor de interferencia

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.12 Sistema de admisión

Múltiple de admisión: _____ Descripción: _____

Filtro de aire: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Silenciador de entrada: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

Depresión máxima a flujo máximo en la admisión, recomendada por el fabricante: KPa _____

(Continua)

NTE INEN 060

1983-04

7.13 Transmisión de válvulas

Tipo: _____ Breve descripción: _____
 Ajuste de válvulas: _____ Calibración: _____
 Espacio libre: _____

7.14

Breve descripción: _____
 Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.15 Dispositivo de calentamiento por inducción

Tipo: _____ Breve descripción: _____

7.16 Sistema de escape

Tubos y otros componentes normalizados sí
 no

Descripción breve: _____
 Tebo: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Silenciador: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.17 Sistema de refrigeración

7.17.1 Sistema de refrigeración por líquidos

Clase de líquido: _____
 Bomba: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____ Relación de transmisión: _____
 Termostato: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____ Ajuste: _____
 Radiador: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Válvula de presión: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Ventilador: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____
 Transmisión del ventilador: _____ Relación de transmisión: _____
 Protector de ventilador: sí no

7.17.2 Sistema de refrigeración por aire

Ventilador: Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____ Rel. trans.: _____
 Ductos de aire normalizados sí no
 Ventilador auxiliar para banco de pruebas: sí no
 Sistema de regulación de temperatura: sí no Descripción: _____

(Continúa)

NTE INEN 980

1983-04

7.18 Refrigeración de aceite: sí no

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.19 Equipo eléctrico

Generador:

Alternador:

Fabricante: _____ Tipo: _____ No. de serie: _____

7.20 Equipo de anti - contaminación - Breve descripción: _____

7.21 Otros equipos: (enumerar, con descripción si es necesario).

7.22 Condiciones específicas del ensayo

Presión barométrica: _____ K Pa

(Continua)

NTE INEN 980

1983-04

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no necesita de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ISO 1585. *Road vehicles. Engine test code. Net power.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974.

ISO 3173. *Road vehicles. Aparatus for measurement of de opacity of eshaust gas from diesel engines operating under steady state conditions.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1974

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: VEHICULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN	Código:
NTE INEN 960	DE LA POTENCIA NETA DEL MOTOR	MC 04.01-301

ORIGINAL:

Fecha de iniciación del estudio: 1977-06-24

REVISIÓN:

Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo

Oficialización con el Carácter de

Por Acuerdo No. de

Publicado en el Registro Oficial No. de

Fecha de iniciación del estudio:

 Fechas de consulta pública: de 1981-03-16 a 1981-04-30

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de especial importancia en el campo de la industria Automotriz.

No hubo Subcomité Técnico, por considerarlo así la Dirección General

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

 Otros trámites:

 El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1983-04-21

Oficializada como: Opcional

Por Acuerdo Ministerial No. 73 de 1984-02-07

Registro Oficial No. 697 de 1984-03-07

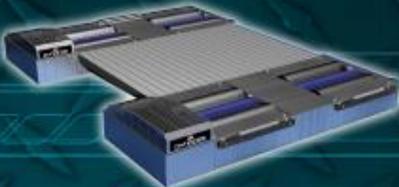
Anexo 4

- In early 2000 Dynocom Industries was formed as a division of its parent company which has been successfully operating since 1975. At Dynocom industries we saw a need to make an affordable chassis dynamometer system with all the options utilizing the latest technologies (wireless, 3D, USB, etc). Historically the automotive industry has been slow to adopt cutting edge data acquisition controls. Coming from the high-tech sector where speed-to-market is critical we took the same ideologies and transformed them into Dynocom Industries. Utilizing Dynocom's parent company (Chemical/Manufacturing) know-how, Dynocom evolved into the fastest growing dynamometer company in the world. From our two years in Beta testing to our 7th year in business we have doubled in size every year (both in square footage and in personnel).
- We pride ourselves on our commitment to customer service; we survey our existing customers every six months for their feedback on our systems. We have set up a free user forum on our web site which is available 24 hours a day, 7 days a week. We strive to provide the best quality (now industry leader with 2 year warranty) and the best service. Contact our sales department for a list of customers you can contact for references. We understand that a dynamometer purchase is a substantial investment and we are proud to support our customers and their business for the years to come.
- On September 1st, 2006 Dynocom Industries opened our United States Headquarters in Fort Worth, Texas. Texas is the perfect location with the DFW hub and easy access for our international and domestic customers. This location is great step forward for Dynocom Industries. We need to be where our customers are and Fort Worth, Texas as our American headquarters is a perfect place to be. With the opening of our new Training and Technical Center, new and existing customers can visit us easily. Now with offices in Japan, New Zealand, Australia and South East Asia our products have global support and recognition. Call or visit www.dynocom.net for the latest news, products updates and technical bulletins.

OTHER DYNOCOM MODELS



DC-POD



AWD 5000



AWD 7500



1500 SERIES



AWD SERIES



DYNOCOM INDUSTRIES INC.

Toll Free US/Canada: 1 (866) 436-DYNO • International 1 (817) 284-8844 • www.dynocom.net

PRICE. PERFORMANCE. PERIOD.

THE DYNOCOM ADVANTAGE



Stand-Alone Data Acquisition System

Dynocom designed its data acquisition system (DAS) with accuracy and reliability in mind. The control unit, the DC-Controller controls all dynamometer operation. Customers can actually run their dyno without the need for a PC. Unlike other companies who use off the shelf DAS, Dynocom's DAS is designed specifically for use with Dynocom Dynamometers. This provides the most seamless operation and performance. All the DAS is computed by the processors (3) in the DC-Controller rather than the processor on the PC.

FRENELSA eddy brake info

Dynocom integrates only the highest quality parts - the 5000 Series utilizes only FRENELSA eddy brakes which are recognized as the world's highest quality. Be wary of competitor units that use the cheapest available rollers which are only a fraction of the cost of our eddy brakes and are of significantly lower quality. Less expensive eddy brakes also have significantly less load-bearing capacity. The quality of the eddy brakes will be a reflection of how much trouble-free life your dyno is likely to provide.



Differential Analog Inputs

Dynocom systems come standard with differential analog inputs for sensors. Competitors only offer single ended inputs. Differential inputs are more noise immune and offer more accurate data faster. This allows the user to connect additional sensors (such as EGT, MAP, etc.) to the DC-Controller and plot these readings along with standard readings such as horsepower, torque and air/fuel ratio.



Patent Pending Taper Shaft Design

Dynocom's patent pending CNC taper shaft allows for the highest load and speed - a first in the dyno industry. It eliminates drag race and immediate torque to the roller is no longer a problem even from a dead stop with high torque.



Dolly/Caster Kit

Ideal for portability when equipped with the caster/dolly kit.



5000 Series Integrated Air-Bag Lift, Lock, Vertical Tie Down & Assist Option

This optional kit helps to lift the vehicle and lock the rolls in place for easy loading and unloading. Furthermore, the integrated assembly incorporates a vertical tie down bar and cutouts to strap the safe more consistently between the rollers for higher repeatability between dyno drums.



5000 SERIES - FEATURES OVERVIEW

The 5000 Series dynamometer is the world's most affordable chassis dynamometer and proudly made in the USA. Equipped standard with a FRENELSA eddy brake. But don't let its price fool you; the 5000 Series dynamometer is capable of supporting speeds up to 175+ MPH and 5000+ ft lbs of torque. The maximum axle weight is 6,500 lbs and the track width range is 36"-96". The 5000 Series was designed for a variety of different testing scenarios -- FWD/RWD Cars, Sport Compacts, Diesel Trucks, Motorcycles and ATVs.

The 5000 Series also has ALL ROLLERS CNC Machine cut knurl for superior traction. Most competitors only knurl the drive roller, leaving the idler roller bare. This causes higher horsepower vehicles to try to "climb" out of the bed and up onto the roller. The CNC knurling allows for superior traction and more repeatable testing.

With the stainless steel coverings and zinc plated knurled rollers, this dyno is equipped to handle all of your company's needs. Ideal for portability when equipped with the caster/dolly kit. It is equipped with an eddy brake and you are able to perform acceleration, stop, sweep and steady-state tests. • View in real-time torque/horsepower output, at steady and changing speeds, to instantly evaluate changes you've made to the engine's fuel or timing maps. • Troubleshoot drivability issues. • Run track 1/4 mile or circle track lap simulations with reaction times that you determine in the software parameters. • Bi-Directional roller for testing of both RWD and FWD vehicles. The 5000 Series is fully upgradeable in the field, it can be coupled with any other Dynocom Chassis Dynamometer for All-Wheel-Drive Testing. The 5000 series also comes standard with safety stabilizer rollers.

OPTIONS:

- Aluminum Ramps
- Caster Kit with Trailer Dolly (Portability)
- Air Brake and Lift Assist Kit
- Above Ground Kit

- PRICE INCLUDES:
- Chassis Dynamometer with Frenelsa Eddy Brake
 - Software with manual
 - Dynocom DC-Controller
 - 4 Differential Analog Inputs
 - DC-JBox- For IVD, AWD And AWD Upgrades
 - Atmospheric Module (Humidity, Barometric Pressure And Temperature)
 - One year mechanical warranty
 - Free Technical Support
 - One Year Free Software Updates
 - Dynocom Racing Banner
 - 2 x Dynocom Racing T Shirts
 - Training at our USA or EU locations
 - Tool Kit
 - 6 x Ratchet Straps
 - 4 x Axle Straps
 - 2 x Check Blocks



SPECIFICATIONS

Max Speed	175+ MPH
Max Vehicle Weight	12,000 lbs
Max Axle Weight	6,000 lbs
Roller Diameter	8.5" inches
Roller Length	35" inches
Track Maximum	86" inches
Track Minimum	14" inches
Equivalent Linear Maximum Operations Amps	Approx. 550 lbs 20 AMPs @ 220 VAC
Physical Dimensions	
Width	35.5" inches
Height	12" inches
Height w/eddy brake	17.5" inches
Length	116" inches
Weight	2200 lbs

• The 5000 series is fully upgradeable in the field, it can be coupled with any other Dynocom Chassis Dynamometer (DCPODs, 7500, 15,000 Series) for All-Wheel-Drive Testing

Toll Free US/Canada: 1 (866) 436-DYNO
International: (817) 284-8844 • Fax: (817) 284-8847
www.dynocom.net

Anexo 5

```

In[19]: Patm = 70 000;
        Tatm = 293;
        R = 287;
        Rc = 7.32;
        Y = 1.333;
        Cv = 718;
        V1 = 3.25 * 10^-4;
        m1 = (Patm * V1) / (R * Tatm);
        AFR = 14.7;
        mtf = (m1 / AFR);
        nc = 0.8;
        Cc = 325 * 10^5;
        Q = nc * mtf * Cc;
        P2 = Patm * (1 / Rc)^-Y;
        T2 = Tatm * (1 / Rc)^(1-Y);
        T3 = T2 + (Q / (m1 * Cv));
        P3 = P2 * (T3 / T2);
        T4 = T3 * (Rc)^(1-Y);
        P4 = P3 * (Rc)^-Y;

        Print [maire = m1, Kg]
        [escribe]
        Print [mComb = mtf, Kg]
        [escribe]
        Print [EComb = Q, Joules]
        [escribe]
        Print [P20 = P2, Pa]
        [escribe]
        Print [P20 = P2 / 100 000, Bar]
        [escribe]
        Print [T20 = T2, K]
        [escribe]
        Print [T30 = T3, K]
        [escribe]
        Print [P30 = P3, Pa]
        [escribe]
        Print [P30 = P3 / 100 000, Bar]
        [escribe]
        Print [T40 = T4, K]
        [escribe]
        Print [P40 = P4, Pa]
        [escribe]
        Print [P40 = P4 / 100 000, Bar]
        [escribe]

Out[19]: 373 305.

```

-2- | Cálculo presión y temperatura escape Tasking, Marcos Barr

$m_{aire} = 0.00027054 \text{Kg}$
 $m_{Comb} = 0.000184041 \text{Kg}$
 $E_{Comb} = 478.507 \text{Joules}$
 $P_{20} = 994.240. \text{Pa}$
 $P_{20} = 9.94248 \text{Bar}$
 $T_{20} = 568.525 \text{K}$
 $T_{30} = 3031.91 \text{K}$
 $P_{30} = 5.30221 \times 10^6 \text{Pa}$
 $P_{30} = 53.0221 \text{Bar}$
 $T_{40} = 1562.55 \text{K}$
 $P_{40} = 373.305. \text{Pa}$
 $P_{40} = 3.73305 \text{Bar}$

Anexo 6



Session Report



MARCOS IBARRA

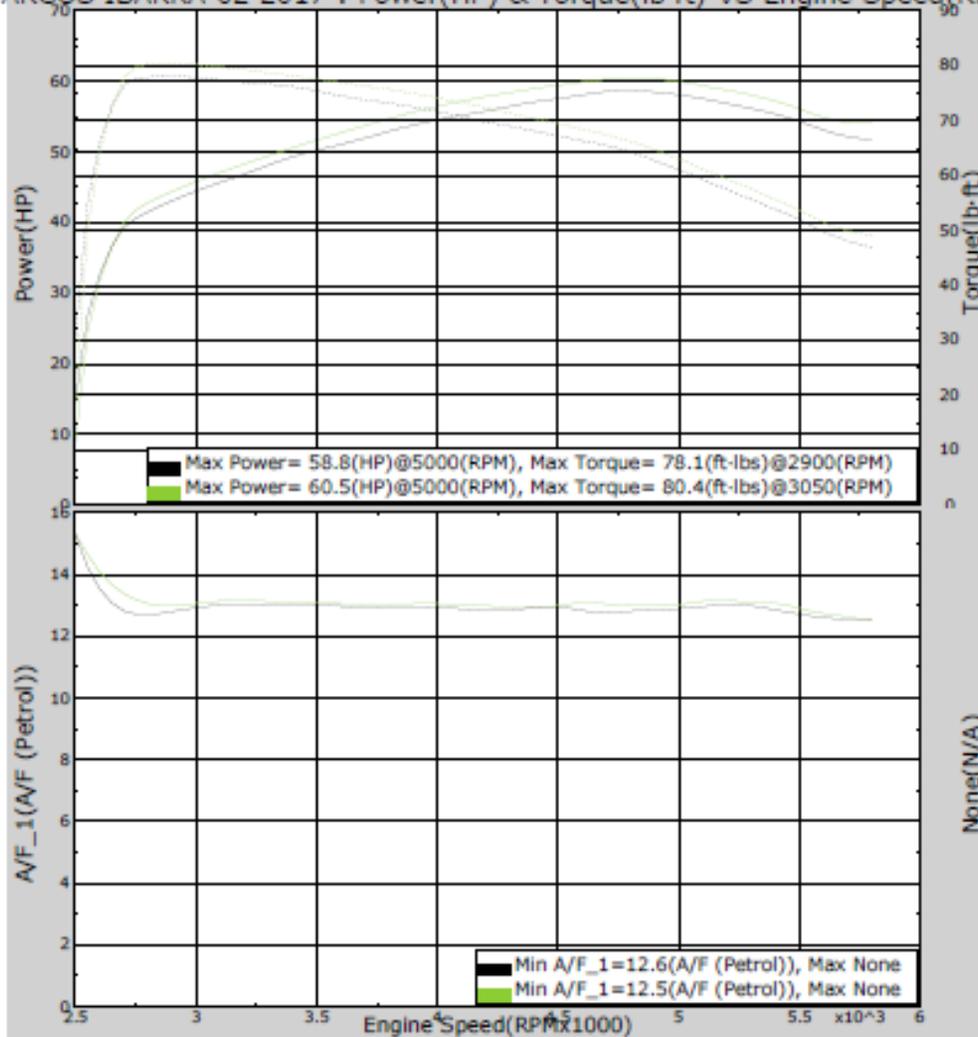
H: 0987309717 W: E:
2002 Suzuki FORSA II

SerExRacing

Calle Cuenca 4-50 y Antonio Delgado
Quilacao - Ecuador
serexracing@hotmail.com
Phone: (593) 7 2256-820
Fax: (593) 9 97161-896

RESULTS

IS MARCOS IBARRA 02_2017 : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1000)



Color	Eng Run	Title	Date	Time	Max HP	Eng HP	Air HP	Max Torque	Eng Torque	Air Torque	CF	Description
Black	301_1	Run #1	7/17/17	15:11	58.6 HP	27.5 HP	51.3 HP	78.1 ft-lbs	39.3 ft-lbs	66.5 ft-lbs	1.33	
Green	301_3	Run #3	7/17/17	15:18	60.5 HP	29.6 HP	52.8 HP	80.4 ft-lbs	42.5 ft-lbs	68.3 ft-lbs	1.33	

Anexo 7



Session Report



MARCOS IBARRA

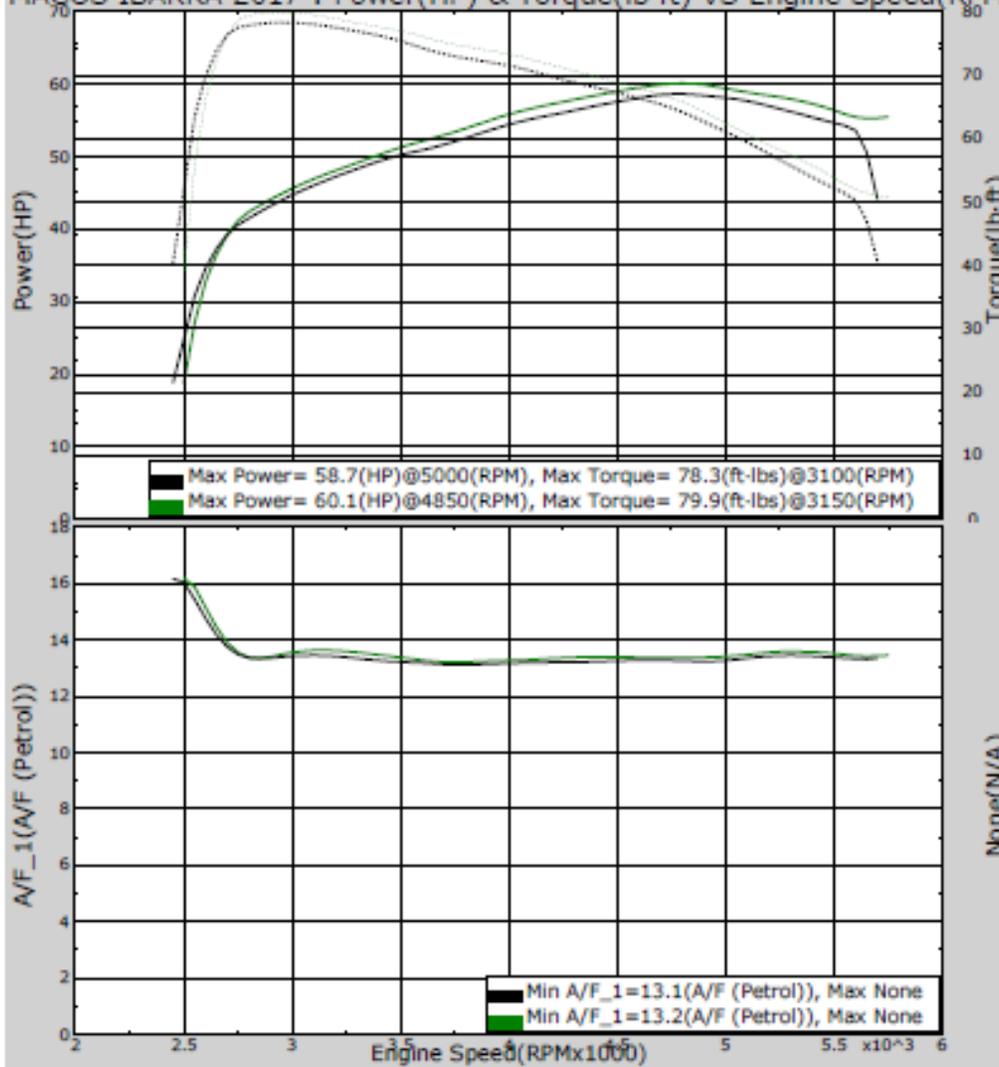
H: 0087309717 W: E:
2002 Suzuki FORSA II

SerExRacing

Calle Cuenca 4-50 y Antonio Delgado
Guilacoto - Ecuador
serexracing@hotmail.com
Phone: (503) 7 2256-820
Fax: (503) 9 97161-896

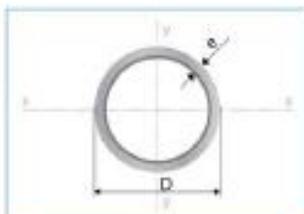
RESULTS

SIS MACOS IBARRA 2017 : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx100)



Color	Seq	Run	Title	Date	Time	Max HP	Eng RPM	Air. HP	Max Torque	Eng Torque	Air. Torque	CF	Description
Black	387	1	Run #1	7/13/17	14:50	58.7 HP	5025 RPM	50.9 HP	78.3 # lbs	90.1 # lbs	67.1 # lbs	1.32	
Green	387	4	Run #4	7/13/17	14:50	60.1 HP	4850 RPM	52.6 HP	79.9 # lbs	91.9 # lbs	68.5 # lbs	1.32	

Anexo 8



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

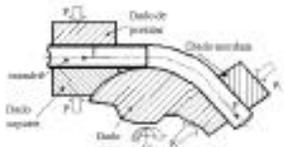
- Aplicaciones**
- Automotriz y de autopartes: carrocerías, guardachoques, tubos de escape, remolques y rodados.
 - Agroganadera: maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos.
 - Señalización y visibilidad: alumbrado, soportas para señalética.
 - Aparatos de gimnasia y fitness.
 - Construcción: rejas, portones, columnas, andamios.
 - Estructuras: portantes, galpones, invernaderos y naves industriales.

- Beneficios**
- Duradero: Al construir con acero, asegura que su producto tenga una vida útil, superior a los materiales de construcción convencionales.
 - Económico: Se optimiza el uso del material produciéndose ahorro en obras, por facilidad y rapidez de uso y armado ahorra en tiempo y personal.
 - Ecológico: Con el uso de acero, se minimiza la utilización de madera y su desecho, por lo que contribuye al medio ambiente.

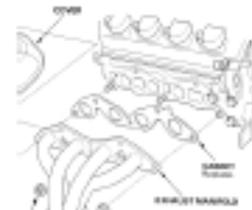
Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas			
Díámetro Exterior	Espesor			Flexión			
D	e	A	P	I	W	i	
pu/g.	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	
3/4	16,10	1,40	0,78	0,61	0,30	0,32	0,63
		1,50	0,83	0,65	0,32	0,34	0,62
		1,80	0,98	0,77	0,37	0,39	0,61
		2,00	1,07	0,84	0,39	0,41	0,61
7/8	22,20	1,40	0,92	0,72	0,50	0,45	0,74
		1,50	0,98	0,77	0,52	0,47	0,73
		1,80	1,16	0,91	0,61	0,55	0,72
		2,00	1,27	1,00	0,66	0,59	0,72
1	25,40	1,40	1,06	0,83	0,76	0,60	0,85
		1,50	1,13	0,88	0,81	0,64	0,85
		1,80	1,33	1,05	0,93	0,74	0,84
		2,00	1,47	1,15	1,01	0,80	0,83
1 1/4	31,60	1,40	1,33	1,05	1,54	0,97	1,07
		1,50	1,43	1,12	1,63	1,03	1,07
		1,80	1,69	1,33	1,91	1,20	1,06
		2,00	1,87	1,47	2,08	1,31	1,05
1 1/2	38,10	1,40	1,61	1,27	2,72	1,43	1,30
		1,50	1,72	1,35	2,89	1,52	1,30
		1,80	2,05	1,61	3,39	1,78	1,28
		2,00	2,27	1,78	3,71	1,95	1,28
1 3/4	44,50	1,40	1,89	1,49	4,39	1,98	1,32
		1,50	2,02	1,59	4,67	2,10	1,32
		1,80	2,41	1,89	5,49	2,47	1,31
		2,00	2,67	2,05	6,02	2,71	1,30
1 7/8	47,60	1,40	2,03	1,60	5,44	2,28	1,64
		1,50	2,17	1,71	5,79	2,43	1,63
		1,80	2,59	2,03	6,61	2,69	1,62
		2,00	2,87	2,22	7,47	3,14	1,61
2	50,80	1,40	2,17	1,71	6,63	2,61	1,75
		1,50	2,32	1,82	7,06	2,78	1,74
		1,80	2,77	2,18	8,33	3,28	1,73
		2,00	3,07	2,41	9,14	3,60	1,73
2 3/8	60,30	1,40	3,00	2,41	12,60	5,09	1,69
		1,50	3,16	2,54	13,22	5,39	1,68
		1,80	3,81	3,07	16,16	6,40	1,67
		2,00	4,18	3,33	17,60	7,07	1,66
2 1/2	63,50	1,40	3,16	2,54	13,22	5,39	1,69
		1,50	3,33	2,68	14,06	5,73	1,68
		1,80	3,99	3,21	16,82	6,78	1,67
		2,00	4,39	3,49	18,29	7,38	1,66
3	76,20	1,40	4,48	3,49	25,15	9,35	2,00
		1,50	4,66	3,66	26,21	9,95	2,00
		1,80	5,50	4,24	32,75	12,38	2,00
		2,00	6,07	4,68	36,24	13,67	2,00
4	101,60	1,40	6,28	4,91	44,88	15,28	2,32
		1,50	6,48	5,09	46,63	15,98	2,32
		1,80	7,66	5,92	56,29	19,15	2,32
		2,00	8,39	6,49	61,30	20,56	2,32
5	127,00	1,40	8,28	6,07	56,24	18,69	2,62
		1,50	8,49	6,26	58,13	19,43	2,62
		1,80	9,96	7,29	70,04	22,25	2,62
		2,00	10,81	7,91	76,47	24,32	2,62
6	152,40	1,40	10,29	7,29	68,83	20,00	3,48
		1,50	10,51	7,48	70,78	20,78	3,48
		1,80	12,26	8,63	84,28	24,83	3,48
		2,00	13,27	9,31	91,47	26,83	3,48
8 5/8	188,30	1,40	15,58	12,23	109,68	30,68	4,28
		1,50	15,81	12,43	111,63	31,43	4,28
		1,80	18,05	14,11	134,44	36,80	4,28
		2,00	19,16	15,04	145,28	39,83	4,28

Anexo 9

HOJA DE PROCESO		Hoja N°:1/2		 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	
Conjunto: Header Muffler	Pieza: Colectores escape	Material: Acero ST 37	Autor: Ing. Marcos Ibarra		
Subconjunto: tubo principal y placas de sujeción	Número de pieza: 1	Bruto: Ø1 1.5" * 3mm Ø2 2.5" * 3mm	Grupo: 31		

N° de Fase Sub fase Oper ac.	Descripción de: Fase (1000,2000...) Subfase (1100,1200...) Operación (1101,1102...)	Utillajes: Herramientas: Apar. de control						Tiempo (min)	
1	Revisión de medidas generales y diseño	Calibrador y flexómetro						10	     
2	Doblado del tubo 1	Dobladora de rodillos e hidráulica, reloj comparador, flexómetro						28	
3	Corte de tubo 1	Cortadora de disco						5	
4	Doblado del tubo 2	Dobladora de rodillos e hidráulica, reloj comparador, flexómetro						28	
5	Corte de tubo 2	Cortadora de disco						5	
6	Revisión de medidas y ángulos de doblado	Flexómetro, calibrador y graduador						10	
7	Doblado del tubo 3	Dobladora de rodillos e hidráulica, reloj comparador, flexómetro						28	
8	Revisión de medidas y ángulos de doblado	Flexómetro, calibrador y graduador						10	
9	Corte de tubo 3	Cortadora de disco						5	
10	Doblado del tubo 4	Dobladora de rodillos e hidráulica, reloj comparador, flexómetro						28	
11	Revisión de medidas y ángulos de doblado	Flexómetro, calibrador y graduador						10	
12	Corte de tubo 3	Cortadora de disco						5	
13	Construcción de unión "Y" de escape	Prensa flexómetro						20	

14	Construcción de placas de sujeción en plancha	Plasma corte Flexómetro calibrador							30
15	Mecanizado de los agujeros de alojamiento de tubo y pulido	Fresadora Taladro Flexómetro Calibrador							25
16	Revisión de medidas	Calibrador Flexómetro							5
17	Montaje de placa en el cabezote	Dado y llave 12mm							8
18	Montaje de tubo 1 y 2 en placa	Soldadora MIG							15
19	Montaje de tubo 3 y 4 en placa	Soldadora MIG							15
20	Montaje de la unión tipo Y"	Soldadora MIG							12
21	Tubo de desfogos 1	Flexómetro							7
22	Tubo de desfogos 2	Flexómetro							7
23	Dobles tubo 1	Dobladora Flexómetro							10
24	Dobles tubo 2	Dobladora Flexómetro							10
25	Montaje tubo 1 y 2	Soldadora MIG							20
26	Desmontaje de componentes	Dado y llave 12mm							8
27	Terminado de Soldadura de header	Soldadora MIG Prensa							20
28	Pulido de limallas	Lima, cepillo de acero, amoladora							10
29	Pintado de header muffer	Cafetera, sopleta, compresor aire, pintura poliuretano							12
30	Secado de pintura	Aire ambiente							30
31	Montaje del header Muffer en el motor G13B	Dado y llave 12mm Empaques							10
32	Encendido de motor y pruebas de fugas	Conductor técnico							10



HOJA DE PROCESO		Hoja N°2/2			
Conjunto: Header Muffer	Pieza: Colectores escape	Material: Acero ST 37	Autor: Ing. Marcos Ibarra		
Subconjunto: tubo principal y placas de sujeción	Numero de pieza: 1	Bruto: Ø: 1.5" + 3mm Ø: 2.5" + 3mm	Grupo: 31		

Anexo 10

Session Report



MARCOS IBARRA

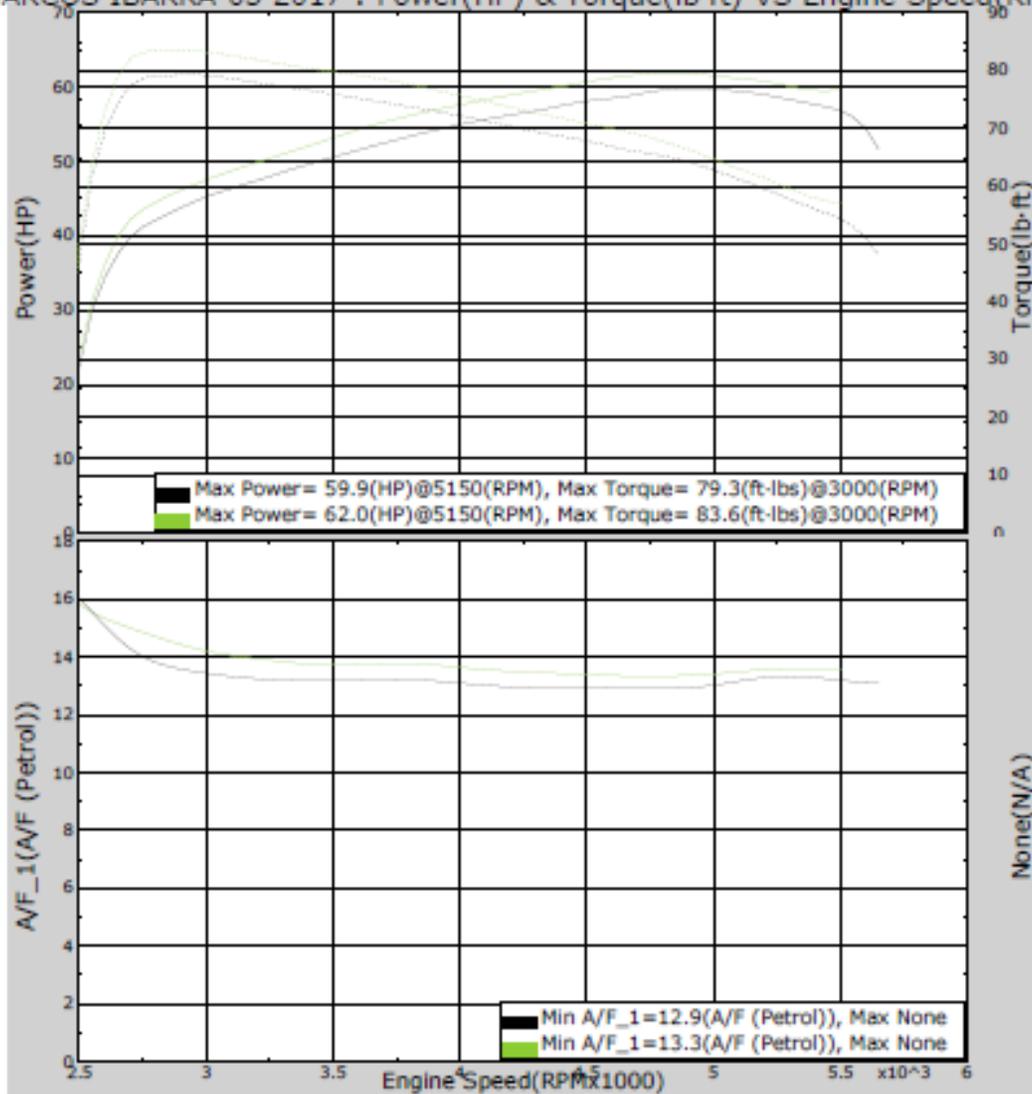
H: 0987309717 W: E:
2002 Suzuki FORSA II

SerExRacing

Calle Cuenca 4-50 y Antonio Delgado
Guayaquil - Ecuador
serexracing@hotmail.com
Phone: (503) 7 2258-820
Fax: (503) 9 97161-806

RESULTS

5 MARCOS IBARRA 03 2017 : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx1



Color	Seq	Run	Title	Date	Time	Max HP	Eng HP	Air HP	Max Torque	Eng Torque	Air Torque	CF	Description
Black	300	1	Run#1	7/20/17	16:13	59.9 HP	59.9 HP	52.3 HP	79.3 # lb	91.2 # lb	68.8 # lb	1.30	
Green	300	3	Run#3	7/20/17	16:30	62.0 HP	71.3 HP	53.9 HP	83.6 # lb	96.2 # lb	72.2 # lb	1.30	

Anexo 11

Session Report



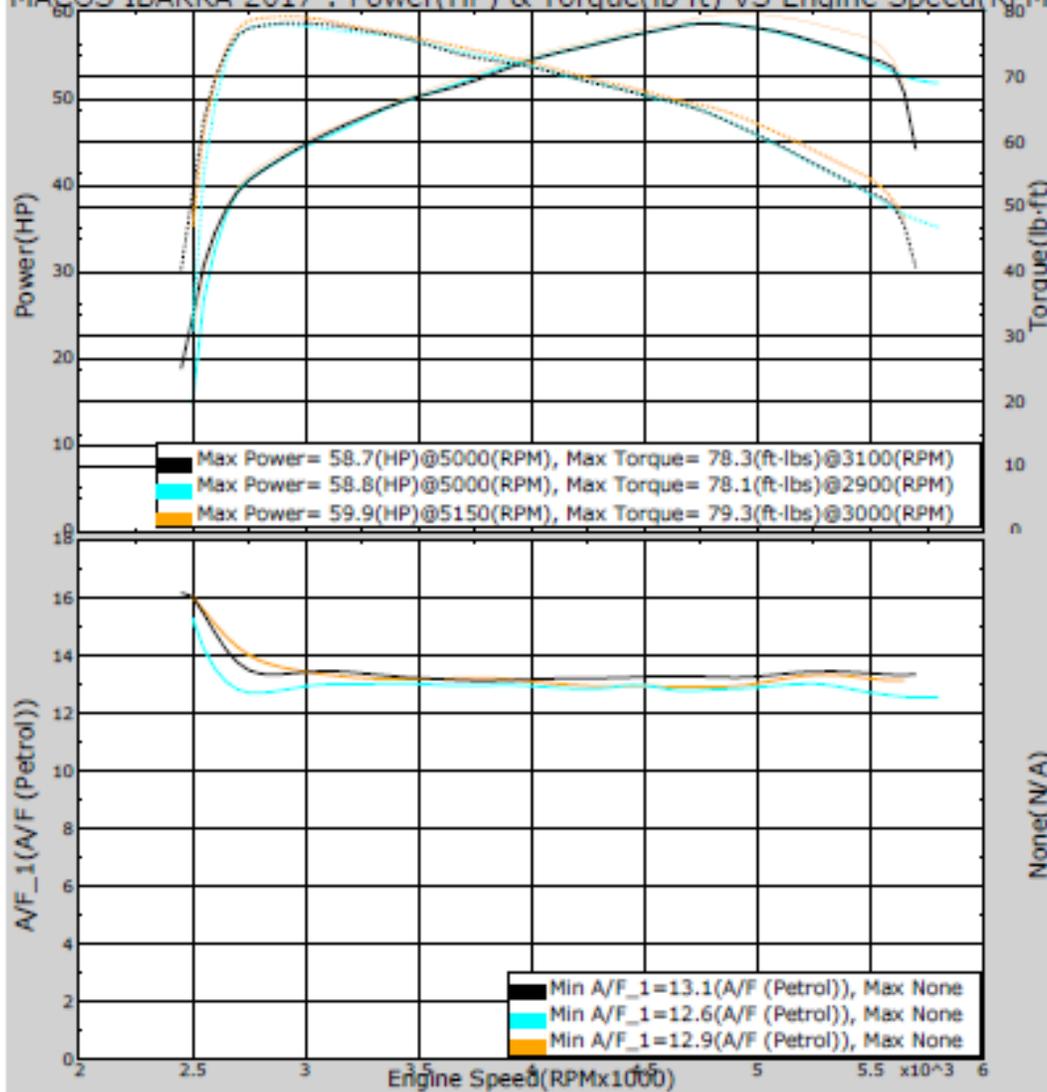
MARCOS IBARRA

H: 0987309717 W: E:
2002 Suzuki FORSA II

SerExRacing
Calle Cuenca 4-50 y Antonio Delgado
Guilacelo - Ecuador
serextracing@hotmail.com
Phone: (503) 7 2256-620
Fax: (503) 9 97161-896

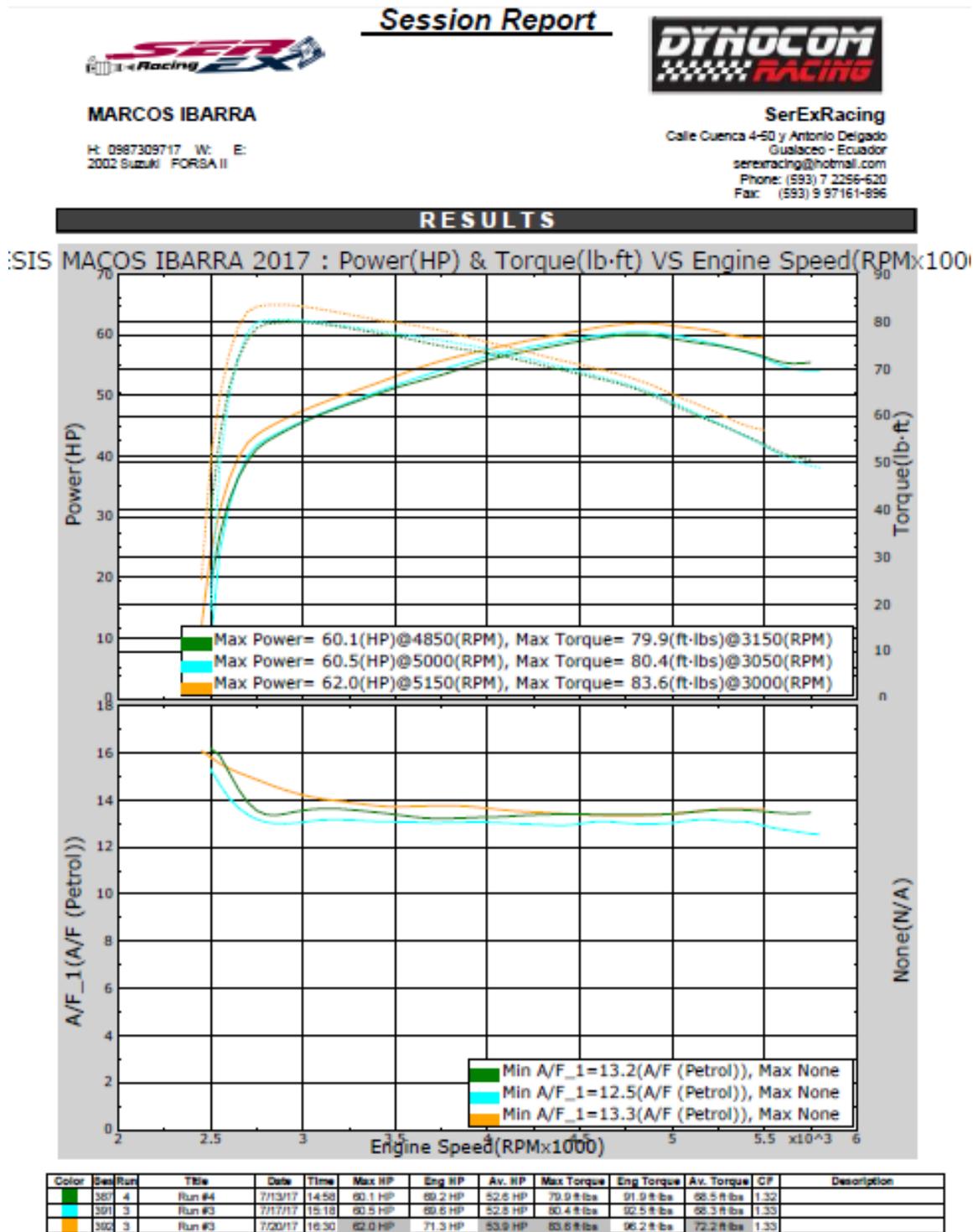
RESULTS

SIS MARCOS IBARRA 2017 : Power(HP) & Torque(lb-ft) VS Engine Speed(RPMx10C

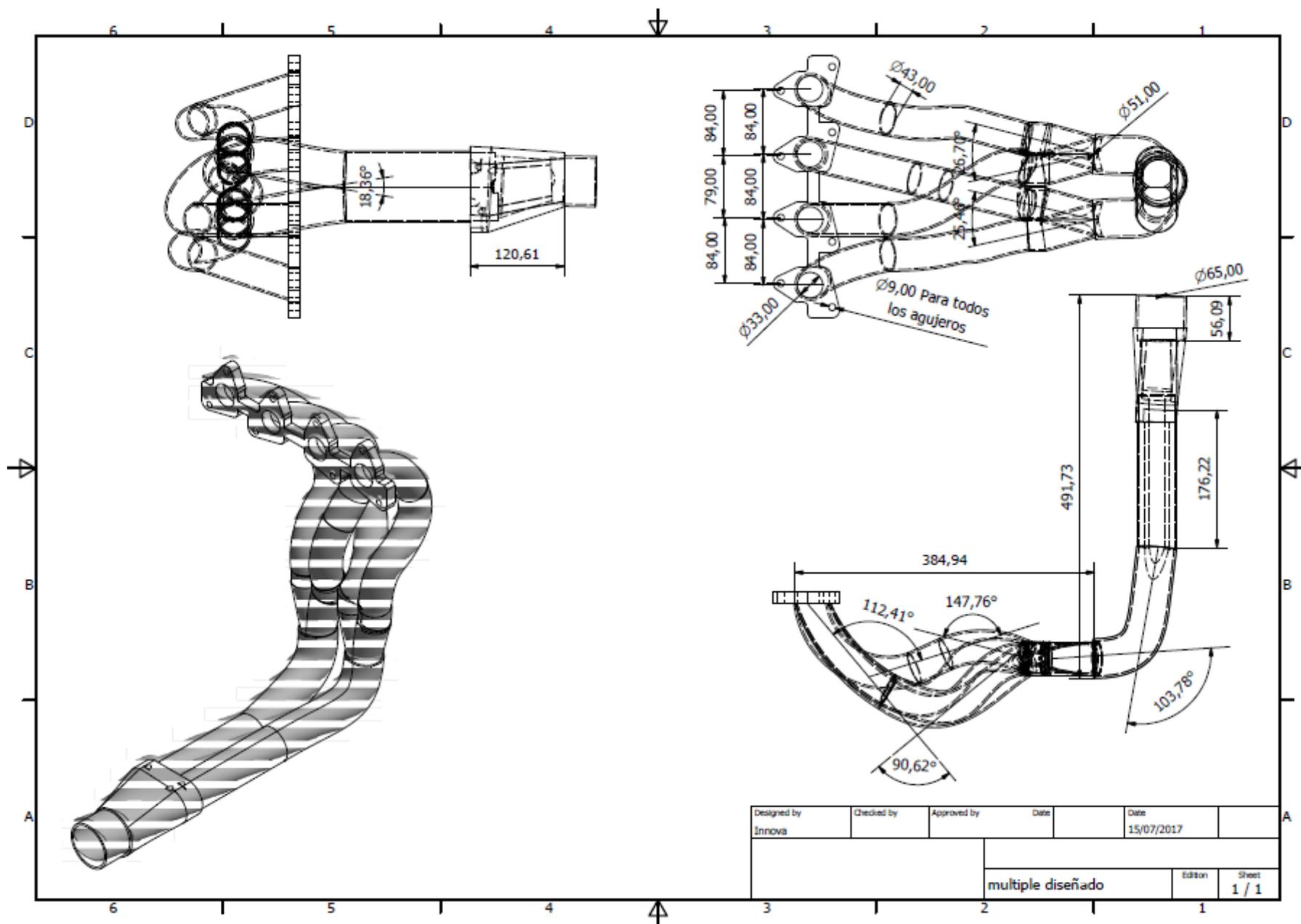


Color	Seq	Run	Title	Date	Time	Max HP	Eng HP	Av. HP	Max Torque	Eng Torque	Av. Torque	CF	Description
Black	307	1	Run#1	7/15/17	14:32	58.7 HP	67.5 HP	50.9 HP	78.3 # lbs	90.1 # lbs	67.1 # lbs	1.32	
Cyan	308	1	Run#1	7/15/17	15:11	58.8 HP	67.8 HP	51.3 HP	78.1 # lbs	89.8 # lbs	66.5 # lbs	1.33	
Orange	309	1	Run#1	7/20/17	16:13	59.9 HP	68.9 HP	52.3 HP	79.3 # lbs	91.2 # lbs	68.8 # lbs	1.32	

Anexo 12

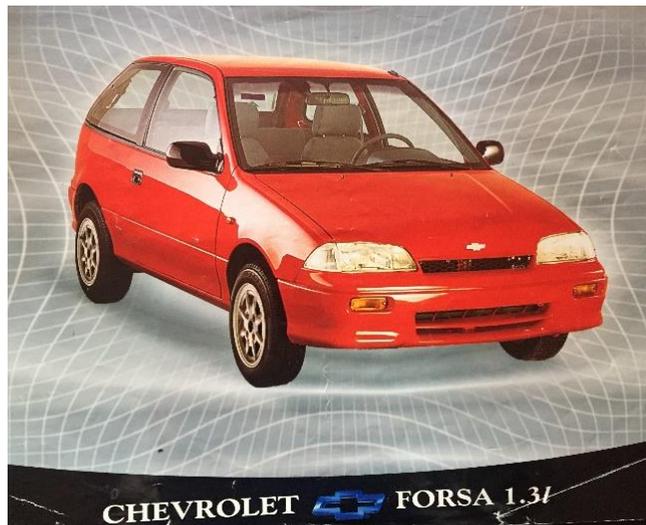


Anexo 13



Designed by Innova	Checked by	Approved by	Date	Date 15/07/2017
multiple diseñado			Edition	Sheet 1 / 1

Anexo 14



CHEVROLET FORSA 1.3i		
OPERACION		
Dirección manual piñón y cremallera	GL	
CONTROL DE AIRE		
Calefacción		
SISTEMA DE AUDIO		
Radio AM/FM Stereo con 2 parlantes		
		MOTOR
		Tipo: G13B
		Cilindros: 4 cilindros SOHC
		Cilindraje: 1 298 cc
		Potencia máxima (HP/RPM): 67 / 6 000
		Torque máximo NM / RPM: 99 / 3 500
		SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES
		Sistema de acuerdo a la legislación. Convertidor Catalítico.

Anexo 15

Suzuki Swift (SF) (89-04) 1,3 1992-04
Código de motor: G13B

Lista completa de datos

Identificación del vehículo

Nº de cilindros	Tipo:	4/OHC
Cilindrada (Fiscal)	cc:	1298
Relación de compresión	:1:	9,5
Adecuado para gasolina sin plomo	:	Sí
Octanaje mínimo	RON:	95
Sistema de encendido	Tipo:	TSZ-i
Sistema de encendido	Descripción:	Trans-i
Ubicación de disparo	:	Distribuidor
Sistema de combustible	Marca:	Suzuki
Sistema de combustible	Tipo:	EPI
Sistema de combustible	Descripción:	TBI-i
Medidor de aire	Tipo:	Presión absoluta del colector
Módulo de control combinado de encendido y combustible	:	Sí
Enchufe de diagnosis	:	Sí

Sistema de encendido

Bobina de encendido	Marca:	Nippon Denso
Tensión de alimentación de la bobina de encendido	+ con resistencia compensadora V:	12,0
Resistencia primaria	Ohmio:	1,12-1,38
Resistencia secundaria	Ohmio:	11400-15600
Orden de encendido	:	1-3-4-2 ⚠
Distribuidor (módulo de control del motor)	Marca:	Nippon Denso
Separación entre contactos/entrehierro de disparo	mm:	0,2-0,4

Reglaje y emisiones

Condiciones de reglaje	:	⚠
Reglaje del encendido	o = sin += con vacío :	o
Reglaje del encendido - básico APMS	*Motor/rpm:	6±1/650 ⚠
Régimen de ralentí	rpm:	650±50 ⚠
Régimen de ralentí - alternativo	rpm:	AT=750±50 ⚠
Temperatura del aceite para prueba de CO	°C:	80
Nivel de CO al ralentí - tubo de escape	Vol. % CO:	0,5 Max No ajustable
Nivel de HC al ralentí	ppm:	100
Nivel de CO2 al ralentí	Vol. % CO2:	14,5-16
Nivel de O2 al ralentí	Vol. % O2:	0,1-0,5
Incremento del régimen de ralentí para prueba de CO	rpm:	2500-2800
Contenido de CO con régimen de ralentí incrementado	Vol. %:	0,3
Lambda a ralentí incrementado	λ:	0,97-1,03

Localización de la placa de número de identificación del vehículo (VIN)/Código del motor

Anexo 16



CÓDIGO CAPRIS: 171665

OTC ACTRON CP7529 LAMPARA ESTROBOSCOPICA DIGITAL DE ATIEMPAR MOTORES A GAS. ACTRON :



Categoría: LÁMPARAS ESTROBOSCÓPICAS

Marca: OTC ACTRON

Modelo: CP7529

Inventario: Disponible

★★★★★

PRECIO:

Normal: ₡ 210,078.30

Especial: ₡ 102,010.60



► Características

- Sistema de ignición convencional, electrónico, controlado por computador.
- DIS y sistema de 2 ciclos.
- Avance ajustable.
- Lectura digital LED de Tach y Avance.
- Luces de 2/4 ciclos y RPM/avance.
- Botón selector de 2 a 4 ciclos.
- Botón de luz de destellos.
- Botón selector de RPM.
- Botones de desplazamiento arriba/abajo.



► Ventajas Competitivas

- Circuito controlado por micro-procesador.
- LED de tacómetro con pantalla de avance de 0-9999 RPM indica avances de 1/10.
- Características exclusivas de luz de destellos.
- Luces de avance de 2/4 ciclos y RPM/Avance.
- Botones de desplazamiento arriba/abajo.

► Información de embalaje

- Frente: 305.0 mm
- Profundidad: 70.0 mm
- Altura: 255.0 mm
- Peso: 800.0 g
- Orientación: Any litros
- Restricción de Transporte: No

<http://www.multiscanners.cl/productos/estrobactron.htm>

<https://capris.cr/ajax/pdf/?id=16538&price=Y&type=pdf>

Anexo 17



Medidor de nivel de sonido digital SL814 Ruido, Medidor de sonido, Sound Level Meter

- Medición de Nivel: 40 ~ 130dBA, 40 ~ 130dBC
- Precisión: ± 2 dB
- Rango de frecuencia: 31,5 Hz a 8.5K Hz
- Rango de linealidad: 50dB
- Ponderación de frecuencia: A, C
- Digital Display: 4 dígitos
- Resolución: 0,1 dB

Características

1. Conformes a la norma IEC 651 Tipo 2 y ANSI S1.4 Tipo 2 conjunto estándar
2. Amplio rango de medición: 40 ~ 130 dB
3. (Opcional con interfaz de PC USB)
4. Con 2 niveles de presión sonora ponderado equivalentes A y C
5. Modos característicos dinámicas rápido y lento
6. Gráfico de barras de indicación de rango de nivel de sonido
7. Función de máxima retención
8. Gran pantalla LCD con 4 dígitos de lectura
9. MAX / MIN CUASI-ANALÓGICO BARRA DE INDICACIÓN
10. Fast & Seleccionable Respuesta lenta
11. Indicador de batería baja

Especificaciones

1. Medición de Nivel: 40 ~ 130dBA, 40 ~ 130dBC
2. Precisión: ± 2 dB
3. Rango de frecuencia: 31,5 Hz a 8.5K Hz
4. Rango de linealidad: 50dB
5. Ponderación de frecuencia: A, C
6. Digital Display: 4 dígitos
7. Resolución: 0,1 dB
8. Pantalla: 0.5 secretario
9. Gráfico de barras analógico: escala 50dB en 1dB paso para el control de tiempo de visualización de nivel de presión de sonido actual de 50ms
10. Indicación de sobrecarga: Bajo indican menos que el límite inferior del rango
11. Salida de CA: 0.707 Vrms a FS impedancia de salida de aproximadamente 600?
12. Salida de CC: 10 mV / dB Impedancia de salida aprox 100?
13. Característica dinámica (Ponderación de tiempo): FAST (alta velocidad) / SLOW (baja velocidad)
14. Micrófono: micrófono de condensador de 1/2 pulgada electret
15. Max: retención máxima
16. Fuente de alimentación: batería de 9V alcalina (no incluida) o CC 9V 100mA
17. Condiciones de trabajo: 0 ° C a 40 ° C, 10% a 70% de humedad relativa
18. Entorno de almacenamiento: -10 ° C a 50 ° C, 10% a 80% de humedad relativa

Información del embalaje

1. Tamaño: 235mmx70mmx30mm
2. Peso neto: pcs 380g/each
3. Peso bruto: 850g/pcs
4. Caja de transporte resistente caja de color +

Accesorios

Sponge Ball, estuche protector con revestimiento de espuma endurecida para la absorción de choque máxima, Manual del usuario (opcional: la línea del USB, CD de software)

<http://www.meter8.com/es/products/SL814-Digital-Sound-Noise-Level-Meter-Sound-Meter-Sound-Level-Meter.html>

Anexo 18

**PRODUCT DESCRIPTION MULTIMETRO DIGITAL OTC SERIE 100**

Multímetro automotriz Serie 100

El multímetro automotriz 3505A es la nueva versión del clásico Serie 100, Multímetro Automotriz con Autorrango con muchas nuevas y útiles características para soluciones de problemas. Cuenta con las funciones del multímetro básico más otras nuevas y potentes funciones de pruebas específicas automotrices.

Características:

Rango automático/manual

Resistencia, Continuidad, pruebas de capacidad de los diodos

Medición de RPM

Medición de Temperatura (°F/°C)

Pulsos en milisegundos con medición de picos para inyectores

Ciclo de servicio y frecuencia de 10M Hz

Medición Dwell

Contador de cruce en O2

Medición relativa, se puede usar para la medición de resistencias bajas, eliminando la resistencia de las puntas de prueba

Registro de datos: Min Max / Mediciones de la fluctuaciones

Retención de datos, la congelación de datos con solo pulsar un botón

Fusibles de medición de corriente hasta 10 amperios por metro

Apagado automática (Se puede desactivar)

Incluye:

Multímetro automotriz serie 100

Cables de prueba de uso rudo con pinzas de cocodrilo removibles

Pinza inductiva RPM

Anexo 19

```

ρP0 = 1.176;
ρω = 1.206;
uW0 = 1000;
uP0 = 952;
uE0 = 500;
Δx = 0.15;
PW0 = 820000;
PE0 = 101325;
mW = ρω * 1000;
mP0 = ρP0 * 952;
ρW = ρω;
hoP0 = 86160.71429;
hoW = 679933.665;
uW = uW0;
uE = uE0;
cp = 1005;
Tw = 2368.73;
TP0 = 1334.37;
D1 = 0.04;
f = 0.15;
γ = 1.33;

```

```

ContourPlot[ρP ==  $\frac{(\rho P0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho\omega * (\frac{uW0+uP0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE0+uP0}{2}))}$ , {Δt, 0.01, 2.095 * 10-6}, {ρP, 0.8, 2},
[representación de contornos

```

```

Axes → True, GridLines → Automatic, GridLinesStyle → Directive[Black, Dashed],
[ejes [verd... [parrilla de lin... [automático [estilo de parrilla de l... [directiva [negro [rayado
AxesLabel → {"p", "cm"}, PlotLabel → "Densida vs Tiempo"]
[etiqueta de ejes [etiqueta de representación

```

Solución de la ecuación de transporte de la densidad

$$\left(\frac{\Delta x}{\gamma * \Delta t} + \frac{uE + \frac{\left(\frac{\rho_{\text{MUEER}} + m_{\text{M}} * \left(\frac{\text{MUEER}}{2} \right) + m_{\text{P}} * \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right) \right)}{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t} + \frac{\text{MUEER}}{2} \right)}}{\left(\frac{\rho_{\text{P}} * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho_{\text{M}} * \left(\frac{\text{MUEER}}{2} \right) \right)} \right)}{2} \right), \{\Delta t, 1, 2.095 * 10^{-6}\},$$

```
{rhoP, 30000, 155000}, Axes -> True, GridLines -> Automatic,
[ejes [verd... [parrilla de lin... [automático
GridLinesStyle -> Directive[Black, Dashed],
[estilo de parrilla de l... [directiva [negro [rayado
AxesLabel -> {"Seg.", "cm"},
[etiqueta de ejes
PlotLabel -> "Energía vs Tiempo"]
[etiqueta de representación
```

Solución de la ecuación de transporte de la energía

ContourPlot [P == $\frac{1}{100000} * \frac{\gamma - 1}{\gamma} *$
representación de contornos

$$\left(\left(\frac{\rho P_0 * h_0 P_0}{\gamma} - \frac{1}{2 * \gamma} (\gamma - 1) * \left(\frac{(\rho P_0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho \omega * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} * \left(\frac{(\frac{P_{W0} - P_{E0}}{2} + mW * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}) + mP_0 * (\frac{\Delta x}{\Delta t}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} \right)^2 \right) + \frac{(\gamma - 1) * (\rho P_0 * (uP_0)^2)}{2 * \gamma} \right) * \frac{\Delta x}{\Delta t} +$$

$$\rho W * h_0 W * \left(\frac{uW + \frac{(\frac{P_{W0} - P_{E0}}{2} + mW * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}) + mP_0 * (\frac{\Delta x}{\Delta t}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} * \frac{(\rho P_0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho \omega * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))}}{2} \right) / \left(\frac{\Delta x}{\gamma * \Delta t} + \frac{uE + \frac{(\frac{P_{W0} - P_{E0}}{2} + mW * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}) + mP_0 * (\frac{\Delta x}{\Delta t}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} * \frac{(\rho P_0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho \omega * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))}}{2}}{2} \right) +$$

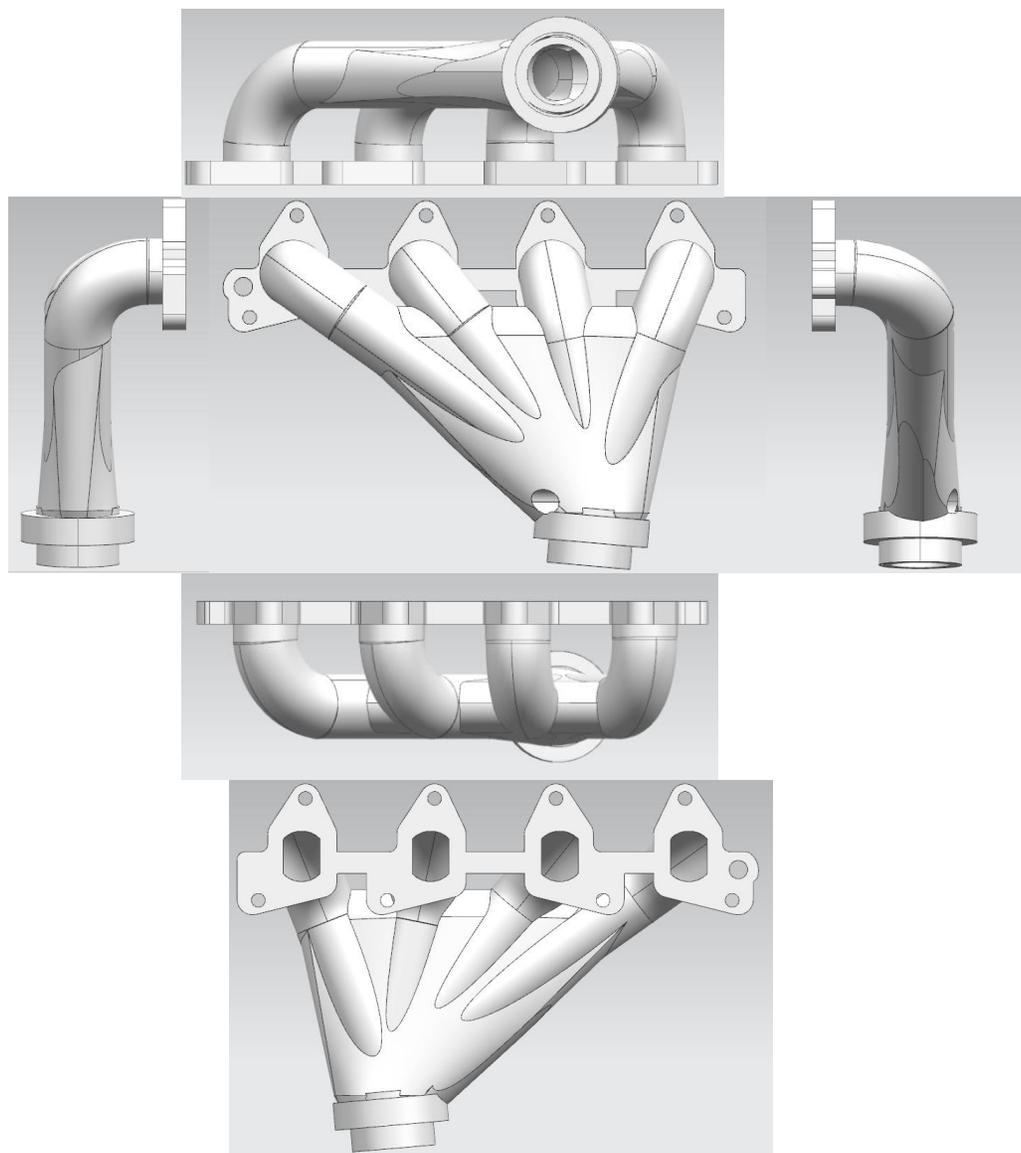
$$\left(\frac{1}{D1} * 2 * f * cp * \left(\frac{(\frac{P_{W0} - P_{E0}}{2} + mW * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}) + mP_0 * (\frac{\Delta x}{\Delta t}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} * \frac{(\rho P_0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho \omega * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} \right) * \left(\frac{(\rho P_0 * \frac{\Delta x}{\Delta t} + \rho \omega * (\frac{uW_0 + uP_0}{2}))}{(\frac{\Delta x}{\Delta t} + (\frac{uE_0 + uP_0}{2}))} \right) * (T_W - T_{P_0}) \right) *$$

$$\frac{\Delta X}{\gamma \cdot \Delta t} + \left(\frac{uE + \frac{\left(\frac{P_{H0} - P_{E0}}{2} + mV \right) \left(\frac{U_{H0} + U_{P0}}{2} + mP0 \cdot \left(\frac{\Delta X}{\Delta t} \right) \right)}{\left(\frac{\Delta X}{\Delta t} + \frac{U_{E0} + U_{P0}}{2} \right)}}{2} - \frac{\left(\frac{\left(\frac{P_{H0} - P_{E0}}{2} + mV \right) \left(\frac{U_{H0} + U_{P0}}{2} + mP0 \cdot \left(\frac{\Delta X}{\Delta t} \right) \right)}{\left(\frac{\Delta X}{\Delta t} + \frac{U_{E0} + U_{P0}}{2} \right)} \right)^2}{2 * \frac{\left(\rho P0 \cdot \frac{\Delta X}{\Delta t} + \rho \omega \cdot \left(\frac{U_{H0} + U_{P0}}{2} \right) \right)}{\left(\frac{\Delta X}{\Delta t} + \frac{U_{E0} + U_{P0}}{2} \right)}} \right)$$

```
{Δt, 0.01, 2.095 * 10-6}, {P, -1.5, 6}, Axes → True, AxesLabel →
    [ejes [verd... [etiqueta de ejes
    {"Segundos", "Bar"},
    GridLines → Automatic, GridLinesStyle →
        [automático [estilo de parrilla de líneas
    Directive[Black, Dashed],
        [negro [rayado
    PlotLabel → "Presión vs Tiempo"
    [etiqueta de representación
```

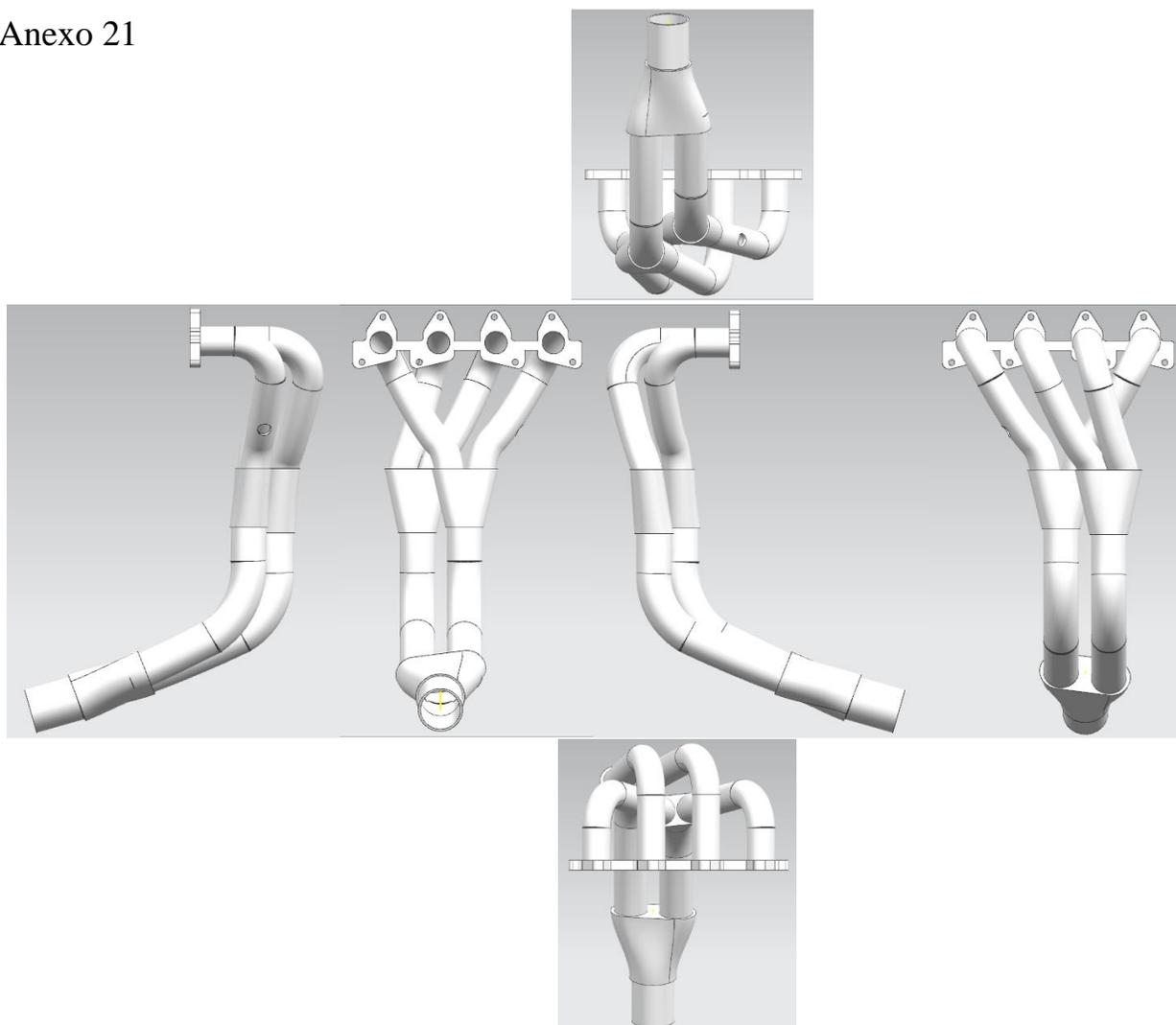
Solución de la ecuación de transporte de la presión

Anexo 20



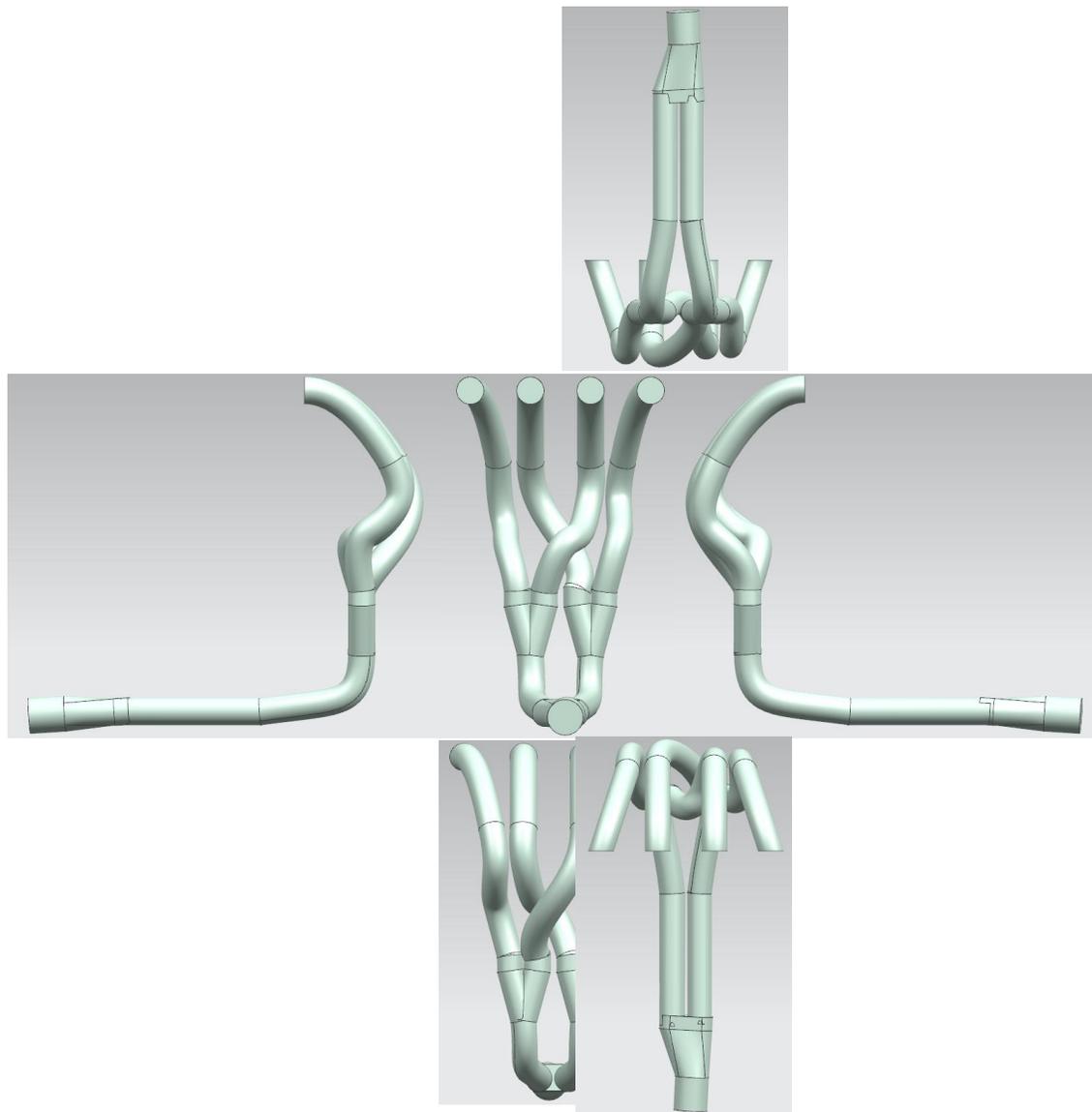
Disposición de vistas, modelado múltiple original de escape (equipamiento de Serie)

Anexo 21



Disposición de vistas, modelado *header Muffler Artesanal*

Anexo 22



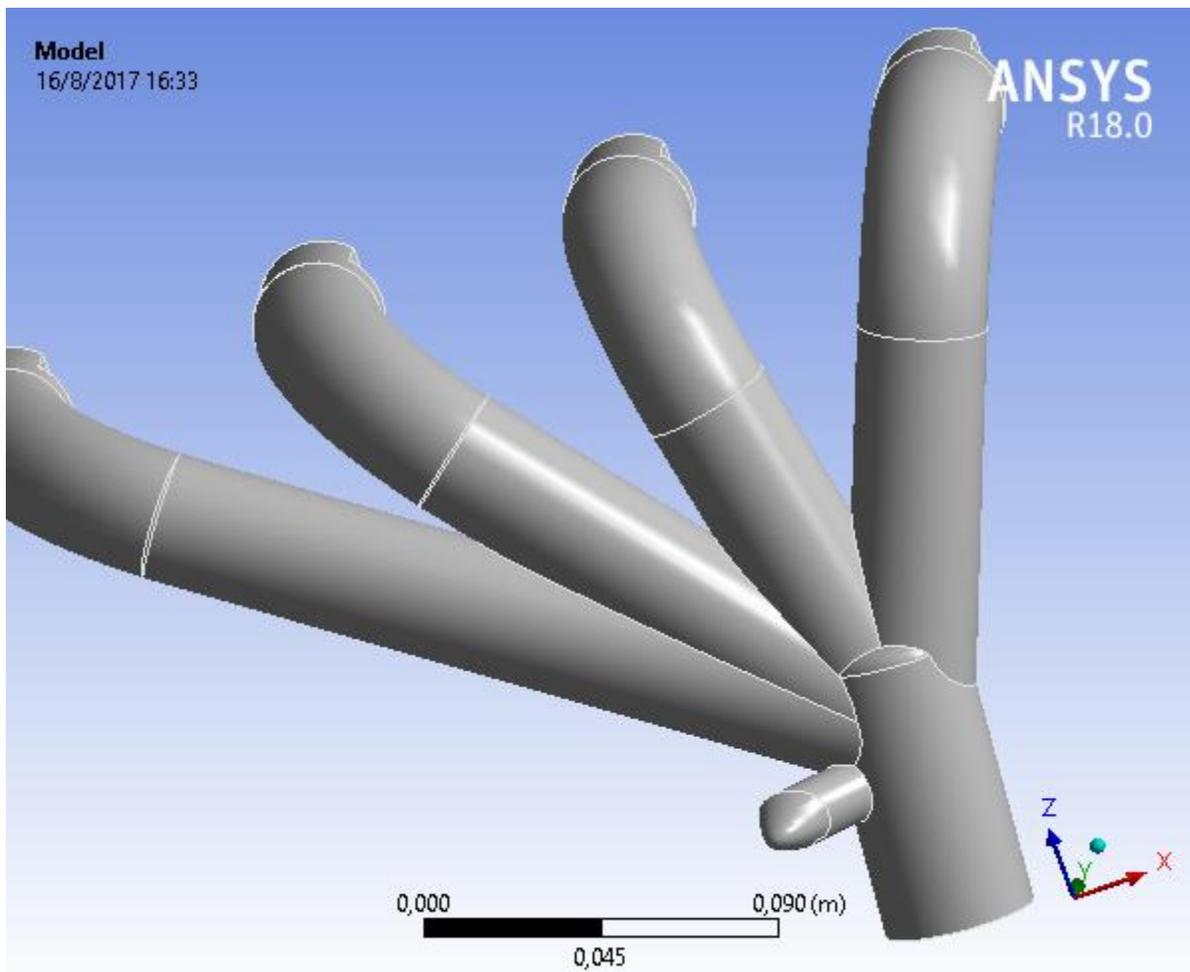
Disposición de vistas, modelado *header Muffler* propuesto

Anexo 23



Project

First Saved	Wednesday, June 7, 2017
Last Saved	Wednesday, August 16, 2017
Product Version	18.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A3\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Volumen\Volumen](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Body Sizing](#)
 - [Named Selections](#)

Report Not Finalized

Not all objects described below are in a finalized state. As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. View first state problem. To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A3)

Geometry

TABLE 2
Model (A3) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\DELL\Desktop\Escape 2 Original\Escape 1Ansys\1_files\dp0\CFX\DM\CFX.scdoc
Type	SpaceClaim
Length Unit	Meters
Bounding Box	
Length X	0,28501 m
Length Y	0,10302 m

Length Z	0,20804 m
Properties	
Volume	7,4932e-004 m ³
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	150000
Elements	816620
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	Yes
Parameters	Independent
Parameter Key	
Attributes	Yes
Attribute Key	
Named Selections	Yes
Named Selection Key	
Material Properties	Yes
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	Yes
Coordinate System Key	
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes

Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\DELL\AppData\Roaming\Ansys\v180
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	No

TABLE 3
Model (A3) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Volumen\Volumen</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Coordinate System	Default Coordinate System
Behavior	None
Reference Frame	Lagrangian
Material	
Fluid/Solid	Defined By Geometry (Solid)
Bounding Box	
Length X	0,28501 m
Length Y	0,10302 m
Length Z	0,20804 m
Properties	
Volume	7,4932e-004 m ³
Centroid X	-0,16847 m

Centroid Y	1,4225 m
Centroid Z	-0,1699 m
Statistics	
Nodes	150000
Elements	816620
Mesh Metric	None
CAD Attributes	
PartTolerance:	0,00000001
Color:143.143.175	

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (A3) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (A3) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved

Display	
Display Style	Body Color
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	CFX
Relevance	0
Element Midside Nodes	Dropped
Sizing	
Size Function	Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Min Size	Default (1,8322e-004 m)
Max Face Size	Default (1,8322e-002 m)
Max Tet Size	Default (3,6644e-002 m)
Growth Rate	Default (1,20)
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeature Size	Default (9,161e-005 m)
Minimum Edge Length	5,1759e-004 m
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition

Transition Ratio	0,77
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	
Number of Retries	0
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Default (1,649e-004 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	150000
Elements	816620

TABLE 6
Model (A3) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Body Sizing</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
Element Size	2,e-003 m

Advanced	
Defeature Size	Default (9,161e-005 m)
Size Function	Uniform
Behavior	Soft
Growth Rate	Default (1,20)

Named Selections

TABLE 7
Model (A3) > Named Selections > Named Selections

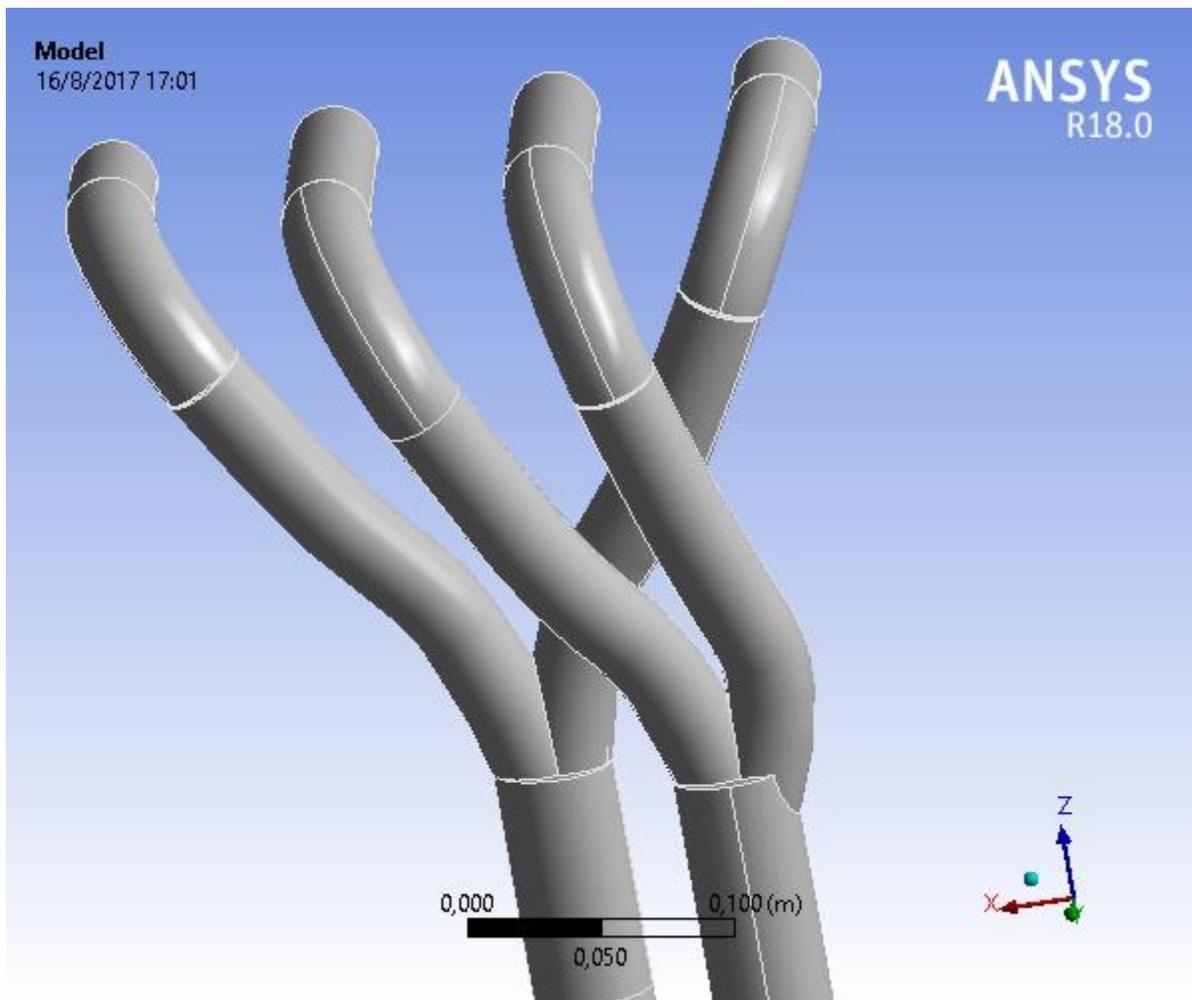
Object Name	<i>Ingreso</i>	<i>Salida</i>	<i>Contorno</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	4 Faces	1 Face	33 Faces
Definition			
Send to Solver	Yes		
Visible	Yes		
Program Controlled Inflation	Exclude		
Statistics			
Type	Manual		
Total Selection	4 Faces	1 Face	33 Faces
Surface Area	2,853e-003 m ²	1,1885e-003 m ²	8,5531e-002 m ²
Suppressed	0		
Used by Mesh Worksheet	No		

Anexo 24



Project

First Saved	Thursday, June 22, 2017
Last Saved	Thursday, June 22, 2017
Product Version	18.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A3\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Component1](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Body Sizing](#)
 - [Named Selections](#)

Report Not Finalized

Not all objects described below are in a finalized state. As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. View first state problem. To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A3)

Geometry

TABLE 2
Model (A3) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Fernando\Desktop\Simulacion\ART\ANSYS\13\V2.stp
Type	Step
Length Unit	Meters
Bounding Box	
Length X	0,285 m
Length Y	0,43028 m
Length Z	0,58069 m

Properties	
Volume	2,8028e-003 m ³
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	547909
Elements	3037860
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Independent
Parameter Key	ANS;DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\DELL\AppData\Roaming\Ansys\v180
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None

Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	No

TABLE 3
Model (A3) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Component1</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Coordinate System	Default Coordinate System
Behavior	None
Reference Frame	Lagrangian
Material	
Fluid/Solid	Defined By Geometry (Solid)
Bounding Box	
Length X	0,285 m
Length Y	0,43028 m
Length Z	0,58069 m
Properties	
Volume	2,8028e-003 m ³
Centroid X	2,8646 m
Centroid Y	2,1432 m
Centroid Z	7,1936 m
Statistics	
Nodes	547909
Elements	3037860
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (A3) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (A3) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Display	
Display Style	Body Color
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	CFX
Relevance	0
Element Midside Nodes	Dropped
Sizing	
Size Function	Curvature

Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Min Size	Default (3,8724e-004 m)
Max Face Size	Default (3,8724e-002 m)
Max Tet Size	Default (7,7447e-002 m)
Growth Rate	Default (1,20)
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeature Size	Default (1,9362e-004 m)
Minimum Edge Length	1,1285e-005 m
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,77
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	
Number of Retries	0

Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Default (3,4851e-004 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	547909
Elements	3037860

TABLE 6
Model (A3) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Body Sizing</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
Element Size	2,e-003 m
Advanced	
Defeature Size	Default (1,9362e-004 m)
Size Function	Uniform
Behavior	Soft
Growth Rate	Default (1,20)

Named Selections

TABLE 7
Model (A3) > Named Selections > Named Selections

Object Name	<i>Contoro</i>	<i>Salida</i>	<i>Ingreso</i>
State	Fully Defined		

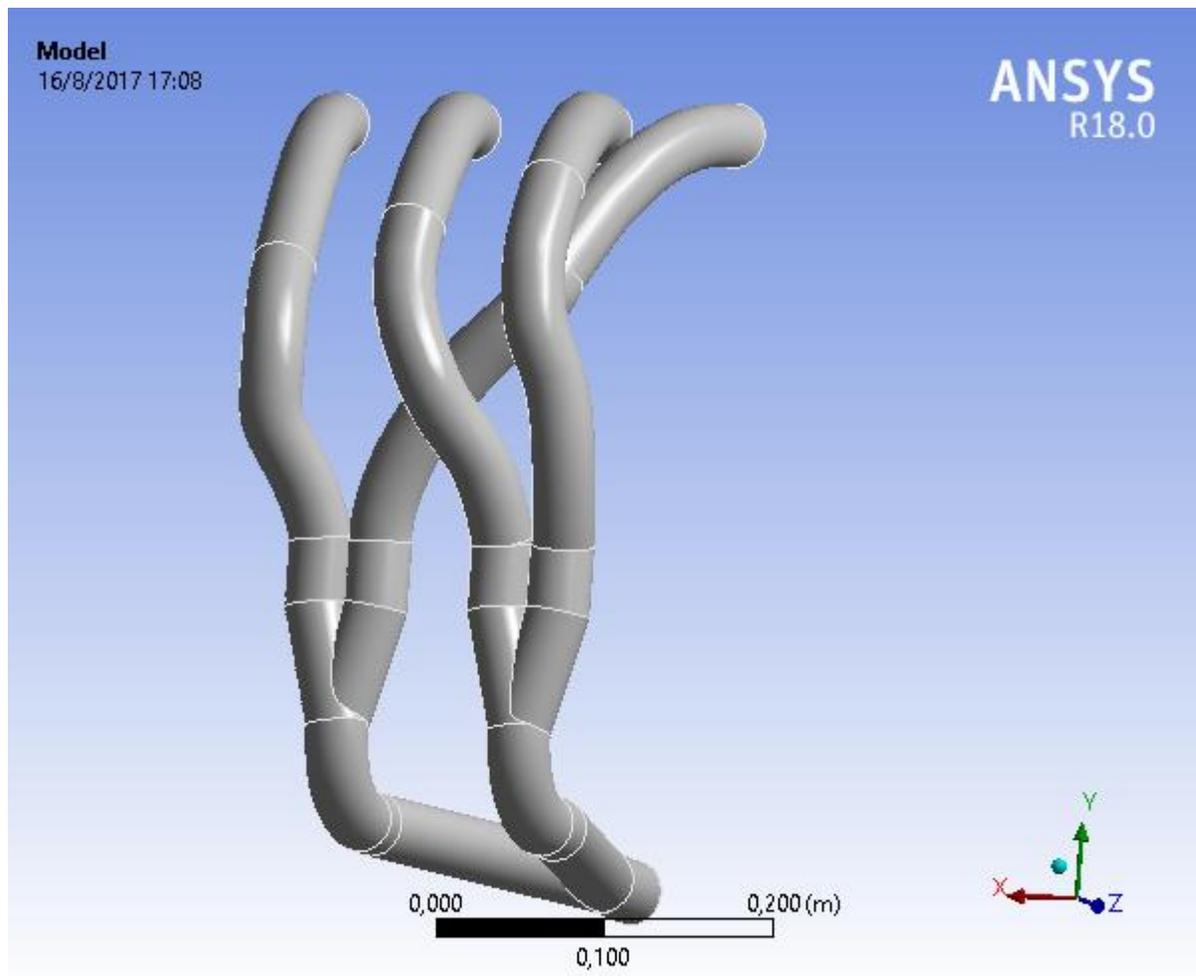
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	53 Faces	1 Face	2 Faces
Definition			
Send to Solver	Yes		
Visible	Yes		
Program Controlled Inflation	Exclude		
Statistics			
Type	Manual		
Total Selection	53 Faces	1 Face	2 Faces
Surface Area	0,27676 m ²	2,7051e-003 m ²	1,6941e-003 m ²
Suppressed	0		
Used by Mesh Worksheet	No		

Anexo 25



Project

First Saved	Thursday, June 22, 2017
Last Saved	Thursday, June 22, 2017
Product Version	18.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A3\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Pieza1](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Body Sizing](#)
 - [Named Selections](#)

Report Not Finalized

Not all objects described below are in a finalized state. As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. View first state problem. To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A3)

Geometry

TABLE 2
Model (A3) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Fernando\Desktop\Simulacion\Dise\Pieza1.stp
Type	Step
Length Unit	Meters
Bounding Box	
Length X	0,29 m
Length Y	0,46391 m
Length Z	0,40342 m

Properties	
Volume	2,6811e-003 m ³
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	525723
Elements	2913448
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Independent
Parameter Key	ANS;DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\DELL\AppData\Roaming\Ansys\v180
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None

Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	No

TABLE 3
Model (A3) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Pieza1</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Coordinate System	Default Coordinate System
Behavior	None
Reference Frame	Lagrangian
Material	
Fluid/Solid	Defined By Geometry (Solid)
Bounding Box	
Length X	0,29 m
Length Y	0,46391 m
Length Z	0,40342 m
Properties	
Volume	2,6811e-003 m ³
Centroid X	4,1572e-002 m
Centroid Y	-0,22035 m
Centroid Z	-6,71e-002 m
Statistics	
Nodes	525723
Elements	2913448
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (A3) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (A3) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Display	
Display Style	Body Color
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	CFX
Relevance	0
Element Midside Nodes	Dropped
Sizing	
Size Function	Curvature

Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18,0 °)
Min Size	Default (3,3881e-004 m)
Max Face Size	Default (3,3881e-002 m)
Max Tet Size	Default (6,7762e-002 m)
Growth Rate	Default (1,20)
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeature Size	Default (1,6941e-004 m)
Minimum Edge Length	1,0027e-003 m
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,77
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	
Number of Retries	0

Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Default (3,0493e-004 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	525723
Elements	2913448

TABLE 6
Model (A3) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Body Sizing</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
Element Size	2,e-003 m
Advanced	
Defeature Size	Default (1,6941e-004 m)
Size Function	Uniform
Behavior	Soft
Growth Rate	Default (1,20)

Named Selections

TABLE 7
Model (A3) > Named Selections > Named Selections

Object Name	<i>Ingreso</i>	<i>Salida</i>	<i>Contorno</i>
State	Fully Defined		

Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	2 Faces	1 Face	28 Faces
Definition			
Send to Solver	Yes		
Visible	Yes		
Program Controlled Inflation	Exclude		
Statistics			
Type	Manual		
Total Selection	2 Faces	1 Face	28 Faces
Surface Area	2,2459e-003 m ²	1,1209e-003 m ²	0,28454 m ²
Suppressed	0		
Used by Mesh Worksheet	No		