



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y
MECÁNICO EN UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL
SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB”**

AUTORES:

**CARLOS DAVID ESCOLA VIÑAN
FRANCISCO JAVIER MORA MARTÍNEZ**

DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y MECÁNICO EN UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB**" realizado por los señores **ESCOLA VIÑAN CARLOS DAVID** y **MORA MARTÍNEZ FRANCISCO JAVIER**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **ESCOLA VIÑAN CARLOS DAVID** y **MORA MARTÍNEZ FRANCISCO JAVIER** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 19 de julio del 2017

Ing. Víctor Danilo Zambrano

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ESCOLA VIÑAN CARLOS DAVID**, con cédula de ciudadanía N°1803358959 y **MORA MARTÍNEZ FRANCISCO JAVIER**, con cédula de ciudadanía N° 1803538105, declaro que este trabajo de titulación "**INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y MECÁNICO EN UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 19 de julio del 2017

Carlos David Escola Viñan

C.C.: 1803358959

Francisco Javier Mora Martínez

C.C.: 1803538105



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ESCOLA VIÑAN CARLOS DAVID** y **MORA MARTÍNEZ FRANCISCO JAVIER**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y MECÁNICO EN UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 19 de julio del 2017

Carlos David Escola Viñan

C.C.: 1803358959

Francisco Javier Mora Martínez

C.C.: 1803538105

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo, protegido y bendecido en cada paso que doy, dándome la fortaleza para continuar, por la bendición de tener a mis padres Carlos Daniel y Mónica Silvana, quienes me demuestran su amor y su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida personal como académica. Quienes han depositado en mí su entera confianza en cada reto que se me presentaba. Ellos han sido el pilar fundamental de enseñanza, perseverancia y constancia. Los amo con mi vida.

A mi hermana Dayana Michelle deseándole éxitos en su vida académica y mi hermano Mateo Nathanael que con su sonrisa, bromas e ingenio ha sido una fuente de felicidad en nuestro hogar desde el día de su nacimiento.

CARLOS DAVID ESCOLA VIÑAN

DEDICATORIA

Dedico a Dios bendecir mi camino.

A mis padres Carlos Marcelo y María Elena por darme la vida.

A mi esposa Evelyn por apoyarme en los buenos y malos momentos con su amor incondicionalmente.

A mi hermana Carla y mi sobrina Rafaela por el cariño otorgado

A toda mi familia por ser siempre darme las palabras de aliento que necesite.

FRANCISCO JAVIER MORA MARTINEZ.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a toda mi familia y en especial a mi primo Cesar Augusto Castillo el cual ha compartido sus conocimientos, que han sido fundamentales en el ámbito académico.

Y sin duda alguna este trabajo no podría darse por finalizado, si no hubiese sido por la acogida y el tiempo invertido, por parte de mi director de investigación, el Ing. Danilo Zambrano

Agradezco la ayuda de mi colaborador científico, el Ing. Germán Erazo, cual fue fundamental en este trabajo expuesto, por brindar su apoyo y conocimientos, asimismo de ser un buen profesional y excelente persona.

CARLOS DAVID ESCOLA VIÑAN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las bendiciones que me ha otorgado, a mi mami María Elena que desde el cielo guio mis pasos para seguir adelante en mis estudios, a mi papi Carlos porque él fue el un apoyo fundamental para culminar mi meta profesional, a mi maravillosa esposa Evelyn por ser el empuje y la motivación en cada momento de mi vida, a mi hermana Carla y mi sobrina Rafaela porque ellas fueron un estímulo de alegría y confianza, a toda mi familia por ser siempre un motivo de seguridad y unión en mi vida, a los Ingenieros German Erázo, Leónidas Quiroz y Danilo Zambrano que me ilustraron con sus conocimientos y experiencia para ser un excelente profesional.

FRANCISCO JAVIER MORA MARTINEZ

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxi
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPÍTULO I	
MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA	
“INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y MECÁNICO EN	
UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE	
ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB”	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.	2
1.3 Descripción resumida de la investigación.	3
1.4 Justificación e importancia	4
1.5 Objetivos	6
1.5.1 General	6
1.5.2 Específicos.....	6
1.6 Metas.	7
1.7 Hipótesis	7

1.8	Variables de investigación	7
1.8.1	Variable dependiente	7
1.8.2	Variable independiente	8
1.9	Metodología	8
1.9.1	Método experimental	9
1.9.2	Método deductivo.....	9
1.9.3	Método Inductivo.....	9
1.9.4	Método de síntesis	9
1.9.5	Método comparativo	9
1.9.6	Método matemático	10
1.9.7	Método de medición.....	10

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1	Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T	12
2.2	Colector de admisión	24
2.3	Cuerpo de aceleración “Intake Throttle body”(ITB)	25
2.4	Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS).....	26
2.5	Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión	28
2.6	Sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	29
2.7	Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)	31
2.8	Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)	32
2.9	Sonda lambda (HEGO)	33
2.10	Inyectores	35
2.11	Sistema de encendido DIS.....	37
2.12	Mapeo de variables.....	38

CAPÍTULO III.

“MODELACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE”

3.1	Características técnicas del motor Suzuki	40
3.2	Determinación de parámetros iniciales del motor	40
3.3	Diseño de las tomas de aire del múltiple de admisión	41
3.4	Selección de material para las tomas de admisión.	46
3.4.1	Diseño mecánico	47
3.5	Montaje del ITB en el múltiple de admisión.....	49
3.5	Montaje total en el motor.....	51

CAPÍTULO IV .

IMPLEMENTACIÓN, PROGRAMACIÓN PANDOO Y PUESTA A PUNTO DEL MOTOR.

4.1	Sistema programable Pandoo.....	53
4.2	Módulos	53
4.2.2	Puerto de comunicación serial	53
4.3	Implantación de módulo de control Pandoo.	54
4.3.1	Sensor de posición de mariposa de aceleración TPS.....	54
4.3.2	Sensor MAP.....	56
4.3.3	Sensor CKP	56
4.3.4	Sensor ECT	58
4.3.5	Sensor IAT	59
4.3.6	Sonda Lambda.....	60
4.3.7	Inyectores	62
4.3.8	Circuito de implementación.....	63
4.4	Comunicación con Pandoo	64
4.5.	Instalación de software Pandoo.....	65
4.6	Control de inyección	79

4.8	Opciones de encendido	82
4.9	Protocolo de pruebas y calibración del motor Suzuki 1300	82
4.10	Protocolo de análisis de escape	90

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1	Análisis comparativo de rendimiento.	93
5.2	Potencia.....	93
5.3	Torque.....	98
5.4	Consumo.....	103
5.3	Análisis de estudio en gases de escape.	106
5.5	Matematización de cálculos mecánicos y térmicos.....	108

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO.

6.1	Recursos.....	119
6.1.1	Recursos humanos	119
6.1.2	Recursos Tecnológicos.....	119
6.1.3	Recursos Materiales	120
6.2	Análisis de costos del proyecto.....	120
6.2.1	Costo de recursos materiales.	120
6.2.2	Costo de recursos humanos	121
6.2.3	Costo de recursos movilización e insumos	122
6.2.4	Costo neto del proyecto	122
6.2.5	Financiamiento.....	122
6.3	Propuesta de proyecto	123
6.3.1	Desarrollo de la propuesta	123
6.3.2	Costo – Beneficio.....	123
	CONCLUSIONES	126

RECOMENDACIONES..... 127

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 128

ANEXO

ANEXO A

ANEXO B

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente.....	7
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente.....	8
Tabla 3. Análisis de la metodología	10
Tabla 4. Resistencia de la bobina en el inyector.....	37
Tabla 5. Especificaciones técnicas del motor G13B Suzuki 1300.....	40
Tabla 6. Descripción inicial del motor G13B Suzuki 1300.....	41
Tabla 7. Consideraciones para el cálculo de densidad de flujo de trabajo	42
Tabla 8. Datos para cálculo de dilatación térmica.....	48
Tabla 9. Características del sensor TPS.....	55
Tabla 10. Lecturas de tensión y designación de cables del sensor TPS	55
Tabla 11. Características del sensor inductivo CKP	57
Tabla 12. Lecturas de tensión y designación de cables del sensor inductivo CKP.....	57
Tabla 13. Características del sensor de temperatura de refrigerante ECT ..	58
Tabla 14. Lecturas de tensión y designación de cables del sensor ECT	59
Tabla 15. Características del sensor de temperatura de refrigerante IAT....	60
Tabla 16. Lecturas de tensión y designación de cables del sensor IAT.....	60
Tabla 17. Características del sensor de oxígeno HEGO	61
Tabla 18. Lecturas de tensión y designación de cables del sensor de oxígeno HEGO	61
Tabla 19. Características del dinamómetro de rodillos	83
Tabla 20. Pruebas de potencia del motor Suzuki 1300 estándar.....	93
Tabla 21. Datos de potencia obtenidos del motor Suzuki 1300 implementado el sistema ITB	95
Tabla 22. Porcentaje de ganancia en potencia al implementar el sistema ITB	97
Tabla 23. Pruebas de torque del motor Suzuki 1300 estándar	99
Tabla 24. Datos obtenidos del motor Suzuki 1300 implementado el sistema ITB.	101
Tabla 25. Promedio de ganancias de torque.	103
Tabla 26. Análisis de consumo en motor estándar	104
Tabla 27. Análisis de consumo en motor modificado.....	105

Tabla 28. Análisis de gases de escape en el motor estándar y modificado	106
Tabla 29. Resumen de presiones y temperaturas	113
Tabla 30. Potencia indicada.....	115
Tabla 31. Rendimientos mecánicos	116
Tabla 32. Rendimientos térmicos.....	117
Tabla 33. Rendimientos volumétricos	117
Tabla 34. Recursos humanos usados en el proyecto.	119
Tabla 35. Recursos tecnológicos usados en el proyecto.	119
Tabla 36. Recursos materiales usados en el proyecto.	120
Tabla 37. Recurso de materiales	121
Tabla 38. Costo de recursos humanos	121
Tabla 39. Costo de recursos movilización e insumos	122
Tabla 40. Costo neto del proyecto	122
Tabla 41. Datos de costo indirecto.....	123
Tabla 42. Utilidad obtenida con el proyecto.	124
Tabla 43. Ganancia anual con producción de 6 unidades	124
Tabla 44. Beneficio - costo del proyecto.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa – efecto	3
Figura 2. Diagrama presión volumen de operación del ciclo Otto.....	12
Figura 3. Composición de la fuerza del gas en el mecanismo	18
Figura 4. Colector de admisión	24
Figura 5. Diseño del colector de admisión para el motor Suzuki 1300	25
Figura 6. Cuerpo de aceleración ITB (Hayabusa).....	26
Figura 7. Sensor TPS (Hayabusa)	27
Figura 8. Circuito eléctrico del Sensor TPS	28
Figura 9. Sensor MAP integrado.....	28
Figura 10. Circuito eléctrico del sensor MAP	29
Figura 11. Sensor inductivo CKP	30
Figura 12. Circuito eléctrico del sensor inductivo CKP	31
Figura 13. Sensor ECT	31
Figura 14. Circuito eléctrico del sensor ECT.....	32
Figura 15. Sensor IAT	33
Figura 16. Sensor de oxígeno.....	33
Figura 17. Sensor de oxígeno.....	34
Figura 18. Sonda Lambda EGO.....	34
Figura 19. Sonda Lambda HEGO.....	35
Figura 20. Inyectores alta resistencia	36
Figura 21. Entrega de combustible por el inyector.....	36
Figura 22. Bobina de encendido DIS	37
Figura 23. Mapa de inyección	38
Figura 24. Mapa de ignición.....	39
Figura 25. Dimensionamiento del conducto de admisión.....	42
Figura 26. Coeficiente de dilatación térmica	46
Figura 27. Constantes físicas de los materiales.....	46
Figura 28. Muestras volumétricas de cada conducto.....	49
Figura 29. Verificación volumétrica	50
Figura 30. Vaso graduado en milímetro cúbicos.....	50
Figura 31. Ensamble ITB – colector de admisión.....	51

Figura 32. Montaje del colector de admisión y sistema ITB en el motor Suzuki 1300	51
Figura 33. Motor Suzuki 1300 implementado sistema ITB.....	52
Figura 34. Guía de instalación de TPS	54
Figura 35. Guía de instalación de TPS conector B	54
Figura 36. Guía de instalación de TPS conector A	55
Figura 37. Sensor MAP ubicado en la parte trasera del módulo.....	56
Figura 38. Señal inductiva del CKP	56
Figura 39. Diagrama de implantación CKP-Pandoo	56
Figura 40. Guía de instalación de TPS conector B	57
Figura 41. Diagrama de implantación ECT-Pandoo.....	58
Figura 42. Guía de instalación de TPS conector B	58
Figura 43. Diagrama de implantación IAT-Pandoo	59
Figura 44. Guía de instalación de TPS conector B	59
Figura 45. Sonda Lambda HEGO- Pandoo	60
Figura 46. Guía de instalación de Sonda Lambda conector B.....	61
Figura 47. Conexión de bancada de inyectores.....	62
Figura 48. Guía de instalación de inyectores conector A.....	62
Figura 49. Conexión de inyectores	63
Figura 50. Circuito de encendido DIS	63
Figura 51. Conexiones a tierra del sistema DIS.....	64
Figura 52. Conexión de salidas del módulo de control	64
Figura 53. Descarga de software editor de mapas	65
Figura 54. Software Pandoo Performance Parts.....	65
Figura 55. Instalación del software Pandoo	66
Figura 56. Detalles de instalación.....	66
Figura 57. Finalización de instalación de software Pandoo	66
Figura 58. Actualización de firmas del software y ejemplos de manipulación de mapas	67
Figura 59. Actualización de todas las firmas del software	67
Figura 60. Elaboración de nuevo mapa y selección de ECU	68
Figura 61. Asistente de programación	68
Figura 62. Configuración inicial – Modo de operación	69
Figura 63. Configuración inicial – Numero de cilindros	69

Figura 64. Configuración inicial – Edición de Mapas.	70
Figura 65. Configuración inicial – Límite mapa (MAP) y (RPM)	70
Figura 66. Configuración inicial – Control de marcha lenta.....	71
Figura 67. Configuración inicial – Bancada A	71
Figura 68. Configuración inicial – Bancada A	72
Figura 69. Configuración inicial – Tiempo de apertura de inyección.....	72
Figura 70. Configuración inicial – Lectura de rotación	73
Figura 71. Configuración inicial – Rueda fónica.....	73
Figura 72. Configuración inicial – Sensor de rotación.....	74
Figura 73. Configuraciones iniciales – Modo de ignición y tipo de bobina a utilizar	74
Figura 74. Configuraciones iniciales – Módulo de ignición	75
Figura 75. Configuraciones iniciales – Orden de encendido.....	75
Figura 76. Configuraciones iniciales – Temperaturas de operación del motor	76
Figura 77. Asistente de programación – Generar mapa básico.....	76
Figura 78. Generar mapa básico – Tasa de compresión del motor.	77
Figura 79. Generar mapa básico – Comando de válvulas	77
Figura 80. Generar mapa básico – Capacidad de caudal de los inyectores	78
Figura 81. Generar mapa básico – Combustible a utilizar	78
Figura 82. Corrección mapa de inyección.....	79
Figura 83. Mapa de inyección tridimensional – Afinado de motor a ralentí..	80
Figura 84. Mapa de inyección – Ajuste rápido a menos 5 %	80
Figura 85. Mapa de inyección – Presión de admisión / Tiempo de inyección.	81
Figura 86. Mapa tridimensional - Corrección de combustible de un 5% a altas revoluciones.....	81
Figura 87. El avance de encendido por rotación para el motor Suzuki 1300	82
Figura 88. Vehículo centrado en el banco dinamométrico	84
Figura 89. Conexiones del interfaz Motorroll	84
Figura 90. Verificación de conexiones de la bomba hidráulica	85
Figura 91. Verificación de circulación de agua en el freno hidráulico	85
Figura 92. Aplicación de carga en el dinamómetro	86
Figura 93. Inspección de conexiones eléctricas y electrónicas.....	86

Figura 94. Software BLAHA.....	87
Figura 95. Configuraciones del cliente.....	87
Figura 96. Configuraciones iniciales del software.....	88
Figura 97. Configuraciones de tirada.....	88
Figura 98. Configuración de sensores.....	89
Figura 99. Cantidad de pruebas realizadas en el banco.....	89
Figura 100. Informe de torque y potencia realizadas en el banco.....	90
Figura 101. Encender equipo analizador de gases.....	90
Figura 102. Colocar la sonda del analizador de gases.....	91
Figura 103. Vehículo en encendido.....	91
Figura 104. Datos obtenidos del analizador de gases.....	92
Figura 105. Impresión de los análisis de gases.....	92
Figura 106. BLAHA MOTORROL – Curvas de potencia del vehículo estándar.....	94
Figura 107. Curvas de potencia vs rpm del motor estándar con tres pruebas distintas.....	94
Figura 108. Curva promedio de potencia vs rpm del motor Suzuki 1300 estándar.....	95
Figura 109. BLAHA MOTORROL – Curvas de potencia del motor Suzuki 1300 implantado el sistema ITB.....	96
Figura 110. Curvas de potencia vs rpm del motor estándar con tres pruebas distintas.....	96
Figura 111. Curva promedio potencia vs rpm del motor implementado el sistema ITB.....	97
Figura 112. Resumen estadístico de potencias máximas.....	98
Figura 113. Porcentaje de ganancia neta.....	98
Figura 114. BLAHA MOTORROL – Curva de torque del motor Suzuki 1300 estándar.....	99
Figura 115. Curvas de torque vs rpm en el motor Suzuki 1300 estándar..	100
Figura 116. Curva promedio de torque vs rpm en el Suzuki 1300 estándar.....	100
Figura 117. BLAHA MOTORROL – Curvas de torque del motor Suzuki 1300 implantado el sistema ITB.....	101

Figura 118. Curvas de torque vs rpm de tres pruebas en el Suzuki 1300 implementación.....	102
Figura 119. Curva promedio de torque vs rpm en motor Suzuki 1300 modificado	102
Figura 120. Resumen estadístico de torque	103
Figura 121. Hoja de ruta tomada para el consumo de combustible 20km de recorrido.....	104
Figura 122. Comparación de consumo de combustible entre estándar vs modificado	106
Figura 123. Comparación de gases de escape entre estándar y modificado	107
Figura 124. Comparación de gases de escape en ppm entre estándar y modificado	107
Figura 125. Interpolación lineal con semejanza de triángulos	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Rendimiento del ciclo	13
Ecuación 2: Cilindrada total	14
Ecuación 3: Cilindrada unitaria	14
Ecuación 4: Volumen de la cámara de compresión	14
Ecuación 5: Volumen total del cilindro	14
Ecuación 6: Área del pistón	15
Ecuación 7: Presión atmosférica.....	15
Ecuación 8: Densidad de la carga de admisión	15
Ecuación 9: Temperatura de admisión	16
Ecuación 10: Presión de compresión.....	16
Ecuación 11: Temperatura en compresión	16
Ecuación 12: Presión en explosión	17
Ecuación 13: Coeficiente real de variación molecular.....	17
Ecuación 14: Presión en escape.....	17
Ecuación 15: Temperatura en escape	18
Ecuación 16: Fuerza de los gases	18
Ecuación 17: Fuerza de biela	19
Ecuación 18: Ley de cosenos	19
Ecuación 19: Relación radio de círculo de giro / brazo de biela.....	19
Ecuación 20. Fuerza del embolo.....	19
Ecuación 21: Fuerza radial	19
Ecuación 22: Fuerza tangencial.....	20
Ecuación 23: Calor suministrado	20
Ecuación 24: Calor extraído.....	20
Ecuación 25: Eficiencia térmica	21
Ecuación 26: Rendimiento volumétrico.....	21
Ecuación 27: Trabajo indicado.....	21
Ecuación 28 Presión indicada no redondeada.....	22
Ecuación 29. Presión media del ciclo	22
Ecuación 30: Potencia indicada	23
Ecuación 31: Rendimiento mecánico.....	23
Ecuación 32: Rendimiento indicado.....	23

Ecuación 33: Rendimiento volumétrico	24
Ecuación 34: Efecto Venturi.....	24
Ecuación 35: Caudal.....	25
Ecuación 36: Volumen de un cilindro.....	42
Ecuación 37: Peso específico del gas	43
Ecuación 38: Ecuación de Bernoulli.....	44
Ecuación 39: Caudal.....	45
Ecuación 40: Gasto másico de aire	45
Ecuación 41: Esfuerzo tangencial.....	47
Ecuación 42: Esfuerzo radial	47
Ecuación 43: Esfuerzo de Von Mises	48
Ecuación 44: Esfuerzo térmico	48
Ecuación 45: Factor de seguridad	49
Ecuación 46: Volumen total del colector de admisión.....	50
Ecuación 47: Interpolación lineal	108

RESUMEN

En el ámbito deportivo automovilístico en nuestro caso las trepadas de montaña es importante adquirir potencia y torque para ser más competitivos, por ese motivo se desarrolló la investigación de mejorar el rendimiento térmico y mecánico del motor Suzuki 1300 al adaptar un sistema de estrangulación independiente ITB (Individual Throttle Body), el cual permite optimizar el desempeño del motor mediante la implementación módulo de control programable marca Pandoo, así como el diseño del múltiple de admisión para el sistema ITB, también se incorporó componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos en el proyecto de investigación. Para obtener los resultados se efectuó pruebas dinámicas luego de la implementación y puesta a punto del motor Suzuki 1300. Se tabulo resultados alcanzados antes y después de la implementación del sistema de estrangulación independice ITB en el vehículo Suzuki 1300, para generar conclusiones por parte de los investigadores.

PALABRAS CLAVE:

- **MOTOR SUZUKI 1300**
- **AUTOMÓVILES - SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE**
- **AUTOMÓVILES - MÓDULO DE CONTRO PROGRAMABLE**
- **VEHÍCULOS - CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR**

ABSTRACT

In the field of motor sport in our case mountain climbing is important to acquire power and torque to be more competitive, that is why research was developed to improve the thermal and mechanical performance of the Suzuki 1300 engine by adapting an independent throttle system ITB (Individual Throttle Body), which optimizes the performance of the engine through the implementation of Pandoo programmable control module, as well as the design of the intake manifold for the ITB system, also incorporated electronic, electrical and mechanical components in the research project . In order to obtain the results, dynamic tests were carried out after the implementation and set-up of the Suzuki 1300 engine. The results obtained before and after the implementation of the independent strut system ITB in the Suzuki 1300, to generate conclusions by the researchers.

KEYWORDS

- **SUZUKI 1300 MOTOR**
- **AUTOMOBILES - INDIVIDUAL THROTTLE BODY**
- **AUTOMOBILE - PROGRAMMABLE CONTROL MODULE**
- **VEHICLES - ENGINE CHARACTERISTICS**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA “INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y MECÁNICO EN UN MOTOR SUZUKI 1300 AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE ITB”

1.1 Antecedentes

En la investigación realizada (Payri F. & Desantes J., 2011) acota que “El rendimiento global del motor, o rendimiento efectivo, puede alcanzar hasta un 55% dependiendo del tipo de motor, sus condiciones de operación y la energía disponible en el combustible”. (p.25)

Afirma Parera M., (1990), que:

Los sistemas de inyección permiten diseñar convenientemente los conductos de admisión para aumentar su rendimiento indicado, su rendimiento volumétrico, su potencia, ya que los motores a carburador el aire debe arrastra al combustible por depresión a través de conductos calibrados lo cual dificulta la relación estequiométrica, mientras que en los sistemas de inyección no depende directamente de estos efectos de depresión, ya que el tiempo de apertura de los inyectores lo determina el módulo de control en función del número de revoluciones del motor y las condiciones del aire aspirado.(p.5)

Hoy en día el sistema de inyección por computadora es el más usado.

Según Romero J. et Al,(2006), expone que:

El sistema electrónico de inyección tiene una unidad electrónica de control (ECU), que almacena las señales provenientes de los sensores instalados en los diferentes subsistemas del motor donde reciben información tales como: temperatura y presión atmosférica, contenido de oxígeno en los gases de escape y las posiciones del cigüeñal medida en rpm como la posición de la mariposa de aceleración medida en porcentajes. En función de esta información, la ECU basándose en métodos de control inteligente grabados o incorporados, elabora las órdenes para los actuadores. (p.191)

En un vehículo se puede reemplazar el colector de admisión por un ITB para el incremento de la potencia del mismo con la ayuda también de un

módulo de control electrónico programable, en nuestro caso Pandoo Performance la cual tiene la facilidad de controlar variables como el control de inyección de combustible, avances al encendido, independientemente del computador original del vehículo el cual se va a adaptar y realizar los estudios correspondientes.

En la investigación (Romero J. et Al, 2006) expone que :

Los mapeos de variables del motor son registros bidimensionales y/o tridimensionales de los parámetros funcionales de éste. Estos mapas son construidos para variables de interés, esto si se dispone de un sistema de adquisición de datos y por supuesto de un motor instrumentado adecuadamente. Es de aclarar que cuando se habla de grabar alguna cartografía específica en la memoria de un microcontrolador del módulo del control electrónico, se está hablando de grabar las coordenadas de la cartografía como matrices. (p.192)

Las válvulas de mariposa individuales (ITB) existen de longitudes largas con diámetros estrechos, o de longitudes cortas con diámetros más anchos. La primera opción sería para una respuesta del motor muy favorable en bajas RPM, aunque más pobre en altas revoluciones. La segunda opción sería muy favorable para vehículos enfocados a competencias automovilísticas de circuitos, ya que una sección de diámetro ancho y de longitud corta permite que, entre todo el aire posible, lo más rápido, y sin turbulencias que exista una pérdida de gasto másico de aire aspirada.

1.2 Planteamiento del problema.

Las pérdidas en el motor de gasolina son muy grandes y que en algunos casos llegan al 40%, por muchos factores uno de ellos es la mala mezcla de aire-gasolina, por ende, al implementar los ITB (Válvula de mariposas individuales) en el vehículo Suzuki Forsa 1300 se optimiza considerablemente la potencia del motor.

La tecnología usada en la inyección en este tipo de vehículo es muy antigua para las que existe en la actualidad, al mejorar el sistema de inyección se extiende un mayor rendimiento térmico y mecánico del motor, mejorando las prestaciones del mismo; controlando el consumo del combustible de acuerdo a las condiciones de operación.

En el ámbito del automovilismo, los campeonatos de trepadas de montaña, es necesaria una mayor respuesta del motor de torque y potencia a altos regímenes de giro.

Es por eso que al implementar el ITB se busca un incremento notable en el motor, con la ayuda de una ECU programable se logrará notablemente este objetivo que es controlar la cantidad de combustible inyectado, la cantidad de aire que ingrese al motor, con el diseño de trompetas de admisión y el tiempo de encendido del motor.

El problema a investigar es la reducción e incremento de los parámetros característicos del motor de combustión interna por efecto del diseño del sistema estrangulación independiente de inyección de gasolina, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Diagrama causa – efecto

1.3 Descripción resumida de la investigación.

Para la ejecución del proyecto los investigadores se consultaron información relevante en fuentes bibliográficas y bases digitales confiables sobre parámetros mecánicos, térmicos y electrónicos con la finalidad de sustentar el proyecto.

Se modeló y diseñó el múltiple de admisión con herramientas computacionales en el cual el sistema de estrangulación independiente ITB entregué las mejoras prestaciones de rendimiento volumétrico de aire.

Se seleccionó los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos relacionados a la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB para el vehículo Suzuki 1300.

Se efectuó la medición de parámetros característicos estándar del vehículo Suzuki 1300, previamente realizado un ABC del vehículo con la finalidad de obtener de datos relevantes.

Al desarrollar la instalación del sistema de estrangulación independiente ITB en el vehículo Suzuki 1300 con las características acordes al fabricante de módulos de control programables Pandoo, se ejecutó las correspondientes configuraciones de mapeos, con la finalidad de satisfacer la investigación planteada.

Se efectuó la reprogramación de parámetros como tiempos de inyección con respecto a las variaciones de presión que surgen en condiciones deportivas y ángulos de avances al encendido.

Se efectuó las pruebas dinámicas en el laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas 'ESPE' extensión Latacunga luego de la implementación y puesta a punto del motor Suzuki 1300.

Se analizó los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB en el vehículo Suzuki 1300 con el cual satisfago las metas propuestas por parte de los investigadores.

1.4 Justificación e importancia

En el campo automotriz el avance tecnológico ha llegado de tal forma que en la actualidad existan vehículos de quinta generación, por esta razón se realizó esta investigación ya que la tecnología con el cual cuenta el motor Suzuki 1300 es de segunda generación.

Al implementar del sistema de estrangulación independiente ITB se logró un incremento potencial del motor Suzuki 1300, con el cual el controlador programable mejoro el rendimiento térmico y mecánico, así como el ingreso de aire-combustible al motor controlando dosificaciones de combustible mediante los inyectores, y con ello incursionar en el ámbito deportivo automotriz.

El motor Suzuki 1300 posee de fábrica un sistema a carburador mono punto, por esta razón se realizó el diseño y selección del sistema ITB el cual mejor el rendimiento mecánico.

Es importante mencionar que el vehículo seleccionado es utilizado en las competencias automovilísticas en la categoría de trepada de montaña organizadas por el TAC (Tungurahua Automóvil Club) en los diversos cantones de esta provincia estas competencias son para personas aficionadas al deporte tuerca; se usa vehículos estándar y preparados, de acuerdo a las reglas del mismo el vehículo seleccionado de acuerdo a los años de fabricación 2002.

Está catalogado como vehículo preparado, y en vista a que la competitividad que existe en estas competencias automovilísticas es factible mejorar el rendimiento térmico y mecánico del vehículo por ello al implementar el ITB se mejorará el rendimiento volumétrico, se controlará los tiempos de inyección, ingreso de combustible mejorando su eficiencia para la competencia, la investigación científica permitirá validar el uso del sistema ITB.

Se utilizó una computadora programable, que permitió realizar ajustes específicos que son los ideales para la conducción deportiva, así mismo variaciones para el uso en conducción urbana, esto es una manera favorable para los amantes de los campeonatos automovilísticos, ya que este sistema puede ser adaptado en cualquier vehículo.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Mejorar el rendimiento térmico y mecánico del motor Suzuki 1300 al adaptar un sistema de estrangulación independiente ITB (Individual Throttle Body).

1.5.2 Específicos

- Buscar información relevante de fuentes bibliográficas y bases digitales confiables da la finalidad de mejorar el rendimiento mecánico del motor con la implantación del sistema de estrangulación independiente ITB en el sistema de admisión.
- Modelar y diseñar un múltiple de admisión para prestaciones de rendimiento volumétrico del motor.
- Verificar las características estándar del vehículo Suzuki 1300 en condiciones iniciales, es decir sin la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB.
- Desarrollar la implementación de componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos del sistema de estrangulación independiente ITB en el vehículo Suzuki 1300.
- Realizar la programación del módulo de control marca Pandoo acorde a las consideraciones de corrección de mapas según el fabricante y criterios técnicos anteriormente investigados.
- Efectuar pruebas dinámicas luego de la implementación y puesta a punto del motor Suzuki 1300.
- Analizar los resultados obtenidos antes (pruebas estándar) y después de la implementación del sistema de estrangulación independice ITB en el vehículo Suzuki 1300, para generar conclusiones por parte de los investigadores.

1.6 Metas.

- Incrementar parámetros indicados mecánicos de torque y potencia del vehículo Suzuki 1300 con la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB en un 25%.

1.7 Hipótesis

Mediante la implementación de un sistema de estrangulación independiente ITB. Se mejorará el desempeño térmico y mecánico del motor Suzuki 1300.

1.8 Variables de investigación

1.8.1 Variable dependiente

- Desempeño térmico y mecánico de un motor Suzuki 1300.

Tabla 1.

Operacionalización de la variable dependiente.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son las características fundamentales en el desempeño del motor	Parámetros característicos del motor de combustión interna encendido por chispa	Torque	Nm	Cálculos Medición	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		Potencia	kW	Cálculos Medición	Protocolo de pruebas Ecuaciones
	Contaminación	Niveles de emisiones	%CO %CO2 %O2 ppm HC	Medición	Protocolo de pruebas
	Potencial para producir trabajo y energía	Rendimiento Térmico	%	Cálculos	Protocolo de pruebas Ecuaciones
		Rendimiento	%	Cálculos	Protocolo de pruebas

CONTINÚA



Mecánico		Ecuaciones	
Rendimiento Indicado	%	Cálculos	Protocolo de pruebas Ecuaciones

1.8.2 Variable independiente

- Sistema de estrangulación independiente ITB.

Tabla 2.

Operacionalización de la variable independiente.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La implementación de estranguladores independientes consigue mejorar la eficiencia del motor	Académica Tecnológica	Posición de la mariposa de aceleración	%	Medición	Protocolo de pruebas
	Académica Tecnológica	Presión absoluta de aire de admisión	Bares	Medición	Protocolo de pruebas
	Académica Tecnológica	Resistencia de Inyectores	Ohm	Medición	Protocolo de pruebas
	Académica Tecnológica	Velocidad Angular	RPM	Medición	Protocolo de pruebas
	Académica Tecnológica	Temperatura de Aire Admisión	°C	Medición	Protocolo de pruebas

1.9 Metodología

Para la elaboración del proyecto donde se plantea la investigación del desempeño térmico y mecánico en un motor Suzuki 1300 al implementar el sistema de estrangulación independiente ITB de acuerdo a la metodología establecida se plantea de la siguiente de la siguiente manera.

1.9.1 Método experimental

Para la elaboración del proyecto de investigación se aplicó el método experimental combinado con métodos matemáticos en mecánica de fluidos para el análisis de mejora de rendimiento del motor en vehículos de competición en pista. Por medio de herramientas como ANSYS que es un software que logra simulaciones para determinar lo requerido.

1.9.2 Método deductivo

De acuerdo a los datos obtenidos se obtuvo un ingreso más frecuente de mezcla aire-combustible para un flujo laminar y así introducir mayor cantidad de aire, para el análisis del rendimiento del motor en vehículos de competición en pista, tomando en cuenta los datos obtenidos del método experimental.

1.9.3 Método Inductivo

El incremento de potencia de acuerdo a la implementación del sistema de estrangulación independiente fue notorio por el aumento importante de poder calorífico en la combustión del motor.

1.9.4 Método de síntesis

Con la implementación de sistema de estrangulación independiente en el vehículo Suzuki 1300, se obtuvo el poder calorífico requerido para la presente investigación así mismo el aumento de torque y potencia.

1.9.5 Método comparativo

Este método permitió comparar entre la inyección convencional con las incorporada en el proyecto de investigación, así como su eficiencia térmica en el consumo de combustible como su aumento de torque y potencia, con el cual se determinó el incremento de la potencia en el motor para competencias automovilísticas.

1.9.6 Método matemático

Para este método fue necesario el cálculo de las tomas de admisión de los ITBS, para mejorar su ingreso de la mezcla aire-combustible de acuerdo a las características técnicas del cuerpo de inyección.

1.9.7 Método de medición

Este método permitió saber datos reales del aumento de la potencia y torque del vehículo Suzuki 1300 implementado el sistema de computadora programable con la inyección Hayabusa.

Tabla 3.

Análisis de la metodología

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Experimental	Para la elaboración del proyecto de investigación se aplicó el método experimental que implica la utilización de métodos matemáticos para el análisis de mejora de rendimiento del motor en vehículos de competición en pista.	<ul style="list-style-type: none"> Laptop Software Works 	Solid
Deductivo	De acuerdo a los datos adquiridos se obtuvo un ingreso más frecuente de mezcla aire-combustible para un flujo laminar y así introducir mayor cantidad de aire, para el análisis del rendimiento del motor en vehículos de competición en pista, tomando en cuenta los datos obtenidos del método experimental.	<ul style="list-style-type: none"> Mezcla Combustible Cuerpo aceleración Hayabusa 	Aire de ITB Laboratorio de Motores Combustión ESPE
Inductivo	El incremento de potencia de acuerdo a la implementación del sistema de estrangulación independiente fue notorio por el aumento importante de poder calorífico en la combustión del motor.	<ul style="list-style-type: none"> Vehículo 1300 Analizador gases Dinamómetro 	Suzuki de Laboratorio de Motores Combustión ESPE
Síntesis	Con la implementación de sistema de estrangulación independiente en el vehículo Suzuki 1300, se obtuvo el poder	<ul style="list-style-type: none"> Vehículo 1300 Analizador gases 	Suzuki de Laboratorio de Motores Combustión ESPE

CONTINÚA



	calorífico requerido para la presente investigación así mismo el aumento de torque y potencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamómetro 	
Comparativo	Este método permitió comparar entre la inyección convencional con las incorporada en el proyecto de investigación, así como su eficiencia térmica en el consumo de combustible como su aumento de torque y potencia, con el cual se determinó el incremento de la potencia en el motor para competencias automovilísticas	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Suzuki 1300 	Laboratorio de Motores Combustión ESPE
Matemático	Para este método fue necesario el cálculo de las tomas de admisión de los ITBS, para mejorar su ingreso de la mezcla aire-combustible de acuerdo a las características técnicas del cuerpo de inyección.	<ul style="list-style-type: none"> • Laptop • Formulas propuestas en diferentes libros de preparación para motores de competición, diseños de elementos. 	
Medición	Este método permitió saber datos reales del aumento de la potencia y torque del vehículo Suzuki 1300 implementado el sistema de computadora programable con la inyección Hayabusa.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Suzuki 1300 • Analizador de gases • Dinamómetro 	Laboratorio de Motores Combustión ESPE

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza la investigación de información relevante en fuentes bibliográficas y bases digitales confiables sobre parámetros mecánicos, térmicos y electrónicos con el fin de sustentar el uso del sistema de estrangulación independiente ITB, para mejorar el desempeño de un motor de combustión interna gasolina.

2.1 Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T

Un ciclo Otto ideal modela el comportamiento de un motor de encendido por chispa. Este ciclo está formado por seis pasos, según se indica en la figura 2.

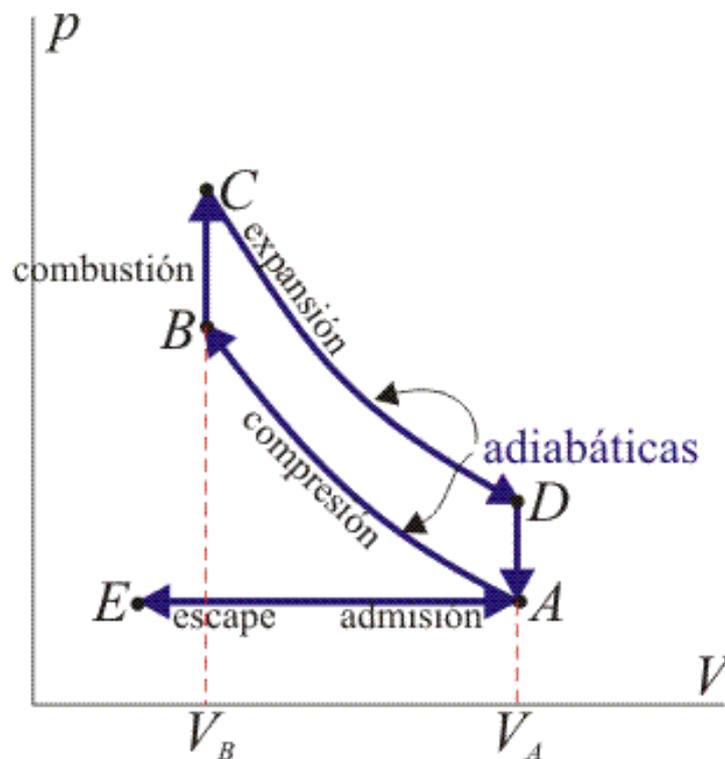


Figura 2. Diagrama presión volumen de operación del ciclo Otto

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2015)

El rendimiento de este ciclo viene dado por la siguiente ecuación

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$$

Ecuación 1: Rendimiento del ciclo

η = Rendimiento

ε = Relación de compresión

γ = Relación de volumen V_A / V_B

- **Admisión (E-A)**
Para determinar que es un proceso isobárico de E-A desde un análisis teórico se considera la presión atmosférica como una constante.
- **Compresión (A-B)**
Este es un proceso adiabático ya que no se asume el intercambio de calor con el ambiente teóricamente. Se modela como curva adiabática reversible de A-B, ya que no se toma en realidad factores irreversibles como la fricción.
- **Combustión (B-C-D)**
Este es un proceso isocora de B-C. La velocidad de propagación de la llama producida por la combustión, empuja al pistón hacia abajo, este proceso muy rápido se aproxima a una curva adiabática reversible de C-D.
- **Escape (D-A-E)**
Este proceso es abierto por el intercambio de masa teóricamente.

Cilindrada total

$$VH = 4V_h$$

Ecuación 2: Cilindrada total

VH = Cilindrada Total. (c.c.)

V_h = Cilindrada unitaria. (c.c.)

Cilindrada unitaria

$$V_h = \frac{\pi\theta^2 s}{4}$$

Ecuación 3: Cilindrada unitaria

θ = Diámetro del pistón (cm.)

s = Carrera del pistón (cm.)

Volumen de la cámara

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}$$

Ecuación 4: Volumen de la cámara de compresión

V_c = Volumen de la cámara (cc)

ε = Relación de compresión (adimensional)

Volumen total del cilindro

$$V_a = V_c + V_h$$

Ecuación 5: Volumen total del cilindro

V_a = Volumen total del cilindro (c.c.)

Sección del pistón

$$A_p = \frac{\pi \theta^2}{4}$$

Ecuación 6: Área del pistón

Presión de admisión

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) \frac{wad^2}{2} (\rho_0) 10^{-6}$$

Ecuación 7: Presión de admisión

P_a = Presión de admisión (MPa)

P_o = Presión inicial (MPa)

β = Coeficiente de amortiguación de la velocidad de la carga en la sección examinada del cilindro (adimensional)

ξ = Coeficiente de resistencia del sistema de admisión referida a su sección más estrecha (adimensional)

wad = Velocidad del aire en la entrada del sistema de admisión (m/s)

ρ_0 = Densidad de la carga de admisión (Kg/m³)

$$\rho_0 = \frac{P_o}{RT_o}$$

Ecuación 8: Densidad de la carga de admisión

R = Constante universal de los gases. $286,9 \frac{N*m}{Kg \cdot ^\circ K}$

T_o = Temperatura inicial según condiciones de altura.

Temperatura en admisión

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

Ecuación 9: Temperatura de admisión

T_a = Temperatura en el ciclo de admisión ($^{\circ}\text{K}$)

ΔT = Incremento de la temperatura en el proceso de calentamiento de la carga ($^{\circ}\text{C}$)

γ_r = Coeficiente de gases residuales (adimensional)

T_r = Temperatura de los gases residuales. ($^{\circ}\text{K}$)

Presión de compresión

$$P_c = P_a \epsilon^{n1}$$

Ecuación 10: Presión de compresión

P_c = Presión en el ciclo de compresión (MPa)

$n1$ = Exponente politrópico medio de compresión (adimensional)

Temperatura en compresión

$$T_c = T_a \epsilon^{n1-1}$$

Ecuación 11: Temperatura en compresión

T_c = Temperatura en el ciclo de la compresión ($^{\circ}\text{K}$)

Temperatura en explosión

La temperatura en el tiempo de explosión se halla mediante interpolación

T_z = Temperatura en el ciclo de explosión ($^{\circ}\text{K}$)

μ_z = Energía interna de los productos de combustión = $68600 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$

Presión en explosión

$$P_z = \mu_r \frac{T_z}{T_c} P_c$$

Ecuación 12: Presión en explosión

P_z = Presión en el tiempo de explosión (MPa)

μ_r = Coeficiente real de variación molecular (adimensional)

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Ecuación 13: Coeficiente real de variación molecular

μ_0 = Coeficiente teórico de variación molecular = 1,08 (adimensional)

Ecuación 14: Presión en escape

P_b = Presión en el tiempo de escape (MPa)

n_2 = Coeficiente politrópico de expansión. (Adimensional)

Temperatura en escape

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n2-1}}$$

Ecuación 15: Temperatura en escape

T_b = Temperatura en el tiempo de escape (°K)

Fuerzas en el pistón

Las fuerzas existentes en el pistón se representarán en la figura 3.

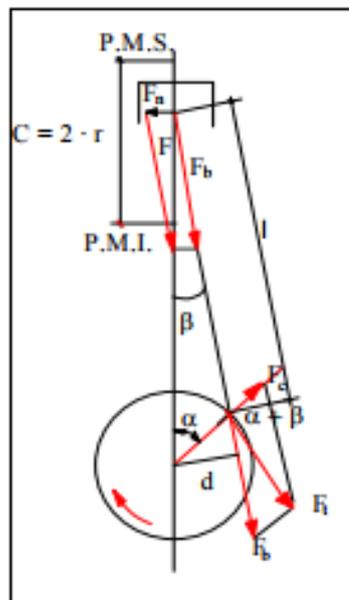


Figura 3. Composición de la fuerza del gas en el mecanismo

Fuente: (Bosch R. , 2005)

Fuerza de los gases

$$F_G = P_G * A_p$$

Ecuación 16: Fuerza de los gases

F_G = Fuerza de los gases que actúa en el pistón (N).

P_G = Presión de los gases (Pa).

Fuerza de la biela

$$F_b = \frac{F_G}{\cos \beta}$$

Ecuación 17: Fuerza de biela

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}$$

Ecuación 18: Ley de cosenos

$$\lambda = \frac{r}{l}$$

Ecuación 19: Relación radio de círculo de giro / brazo de biela

 F_b = Fuerza en la biela (N) r = Radio de cigüeñal (mm) l = Longitud de biela (mm)**Fuerza lateral del embolo**

$$F_n = F_G * \tan \beta$$

Ecuación 20. Fuerza del embolo

 F_n = Fuerza lateral en el bulón (N)**Fuerza radial**

$$F_R = \frac{F_G \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Ecuación 21: Fuerza radial

F_R = Fuerza radial dirigida hacia el centro del cigüeñal. (N)

Fuerza tangencial

$$F_T = \frac{F_G \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Ecuación 22: Fuerza tangencial

F_T = Fuerza tangencial del cigüeñal. (N)

Eficiencia térmica

En la investigación realizada Erazo G., (2013), la eficiencia térmica de un motor a gasolina considera lo siguiente:

Calor suministrado

$$Q_1 = C_v(T_z - T_c)$$

Ecuación 23: Calor suministrado

Q_1 = Calor suministrado (Kj)

C_v = Calor específico a volumen constante $0,719 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K}$

Calor extraído

$$Q_2 = C_v(T_b - T_a)$$

Ecuación 24: Calor extraído

Por lo consiguiente la ecuación de eficiencia térmica en un motor a gasolina, es considerada la relación entre el calor extraído y el calor suministrado menos 1

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_v(T_b - T_a)}{C_v(T_z - T_c)}$$

Ecuación 25: Eficiencia térmica

Rendimiento volumétrico

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)} * \frac{Pa}{P_0} * \frac{T_0}{T_a(1 + \gamma_r)}$$

Ecuación 26: Rendimiento volumétrico

Pa = Presión de admisión (MPa)

η_v = Rendimiento volumétrico (%)

Trabajo indicado

En la investigación de (Payri & Desantes, 2011) a firma que: “Es la integral del lazo de alta presión entre el punto muerto inferior de admisión (PMI_{ad}) y el de escape (PMI_{es})”.

$$W_i = \int_{PMI_{ad}}^{PMI_{es}} p dV > 0$$

Ecuación 27: Trabajo indicado

W_i = Trabajo indicado (W)

PMI_{es} = Punto muerto inferior en el escape

PMI_{ad} = Punto muerto inferior en admisión

$p dV$ = Presión por el diferencial de volumen (MPa)

“El trabajo indicado coincide con el trabajo realizado, si se asume presión constante en la otra cara del pistón”.

Presión media indica

En su libro Jójvaj S.,(1982), dice que “es la presión manométrica convencional de acción constante con la cual el trabajo realizado por los gases durante una carrera del pistón es igual al trabajo indicado correspondiente del ciclo”. Ver ecuación 28 y 29.

$$p_{i\ nr} = P_o \frac{\varepsilon^{n1}}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$$

Ecuación 28 Presión indicada no redondeada

$$p_i = p_{i\ nr} * \phi$$

Ecuación 29. Presión media del ciclo

p_i = Presión media indicada (MPa)

ϕ = Factor de redondeamiento = 0,97

Potencia indicada

Según el estudio realizado por (Payri & Desantes, 2011) dice que: “Se corresponde al trabajo indicado por unidad de tiempo, Puede calcularse bien referida a un cilindro, o al motor completo”.

$$N_i = \frac{p_i V_h * n * i}{30 * \tau}$$

Ecuación 30: Potencia indicada

N_i = Potencia indicada (Kw)

τ = Numero de ciclos por vuelta, para 4T= (4)

n = Régimen de giro (rpm)

i = Numero de cilindros

V_h = Volumen de un cilindro en litros (l)

Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

Ecuación 31: Rendimiento mecánico.

N_e = Potencia efectiva (Kw)

N_i = Potencia indicada (Kw)

Rendimiento indicado

Según el estudio realizado por (Payri & Desantes, 2011) dice que: “Esla relación entre la potencia indicada desarrollada por el motor y la potencia térmica del combustible”.

$$\eta_i = \frac{N_i}{m_f PCI}$$

Ecuación 32: Rendimiento indicado

η_i = Rendimiento indicado (%)

PCI = Poder calorífico inferior (KJ/Kg)

m_f = Gasto másico de combustible (Kg/s)

2.2 Colector de admisión

En su estudio Payri F. & Desantes M., (2011) afirma que:

La longitud y los diámetros en los colectores de admisión, tiene un papel importante en el proceso de llenado de los motores de combustión interna alternativos MCI, lo que se conoce como renovación de la carga. El rendimiento volumétrico es el parámetro más útil para cuantificar el proceso de llenado del cilindro en motores de cuatro tiempos, como se puede observar en la figura 4.

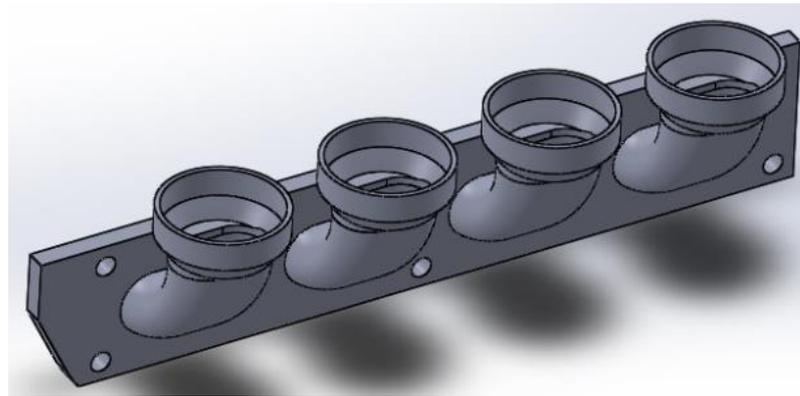


Figura 4. Colector de admisión

Rendimiento volumétrico

$$\eta_v = \frac{\dot{m}_a}{\frac{n}{2} V H * \rho_0} \xi$$

Ecuación 33: Rendimiento volumétrico

η_v = Rendimiento volumétrico

\dot{m}_a = Gasto másico de aire (Kg/s)

ξ = Factor de humedad por presencia de combustible igual a 1

Ecuación de Bernoulli

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma_1} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma_2} + z_2$$

Ecuación 34: Efecto Venturi

v = Velocidad del flujo en la sección considerada (m/s)

g = Aceleración gravitatoria (9.8 m/s²)

P = Presión de cada punto de línea de flujo (MPa)

γ = Peso específico ($\gamma = \rho g$)

z = Altura en vertical (m)

Caudal

$$Q = Av$$

Ecuación 35: Caudal

Q = Cantidad de flujo que atraviesa una sección (m³/s)

A = Área de la sección (m²)

El colector se puede apreciar en la figura 5, elaborado para el proyecto de investigación.



Figura 5. Diseño del colector de admisión para el motor Suzuki 1300

2.3 Cuerpo de aceleración “Intake Throttle body”(ITB)

De acuerdo con Sanchez & Paspuezan, (2013), “este tipo de cuerpo de aceleración se emplea para controlar el flujo de aire en el colector de admisión y al final de cada uno de ellos, por lo general este tipo de cuerpo de aceleración se emplea en competencias automovilísticas en pista.”

Estos vienen diseñados con habitáculos donde van ubicados los inyectores, y son controlados por un sensor de posición de la mariposa (TPS), se observa en la figura 6.



Figura 6. Cuerpo de aceleración ITB (Hayabusa)

El diámetro de este I.T.B. es de 50mm con un largo de 90mm, el mismo que se utilizará para el diseño del prototipo del presente proyecto. El I.T.B. varía según el motor y el perímetro de entrada de admisión en el Block y su adquisición está al alcance en el mercado ecuatoriano.

Sanchez C. & Paspuezan C., (2013), afirman que “anteriormente, se utilizaban carburadores independientes o de par, para mejorar el rendimiento de los vehículos, dosificando cada cilindro independientemente”.

2.4 Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS)

Considera Santander J.,(2006), que “la medición del flujo de aire es bastante precisa en los sistemas actuales, la ECU (Unidad de Control Electrónico) puede gestionar los estados estacionarios del motor, sin la necesidad de conocer la posición física de la mariposa en todo momento” (p.79).

Expone Santander J., (2006), que:

No obstante, para administrar los estados transitorios (positivos o negativos) resulta ventajoso para la ECU determinar la posición física inicial y final de la mariposa de aceleración, con la posibilidad de determinar exactamente la cantidad de combustible que se va a inyectar. En los sistemas de inyección que no poseen potenciómetro para el seguimiento de

la posición de la mariposa, la gestión de los estados transitorios la realiza la ECU basándose en la variación de lectura del flujo de aire. (p.79)

Como se observa ne la figura 7, la ubicación del TPS en el mismo ITB.

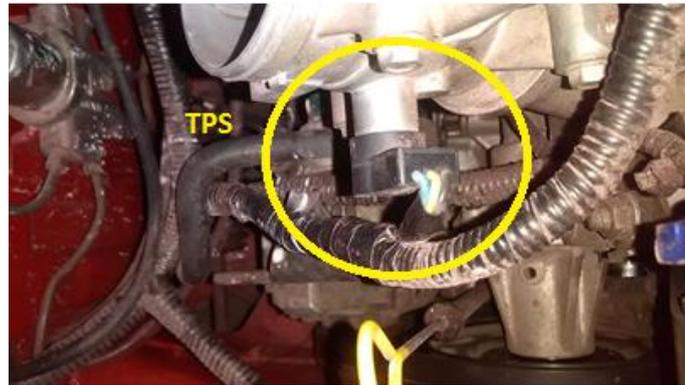


Figura 7. Sensor TPS (Hayabusa)

Santander J.,(2006), menciona que “de la evaluación correcta de los transitorios, y fundamentalmente de los positivos, depende del incremento de combustible inyectado. Este incremento no debe ser excesivo ni escaso, ya que tiene una repercusión en el incremento del par motor como de los hidrocarburos no combustionados”.

Consiste en una resistencia variable, que hace su variación de tensión con respecto al eje de la mariposa de aceleración. Al moverse esta mariposa la resistencia R1 cambian su valor, lo cual queda expresado en una variación de tensión y son enviadas a la ECU, como se puede observar en el circuito eléctrico del TPS de la figura 8.

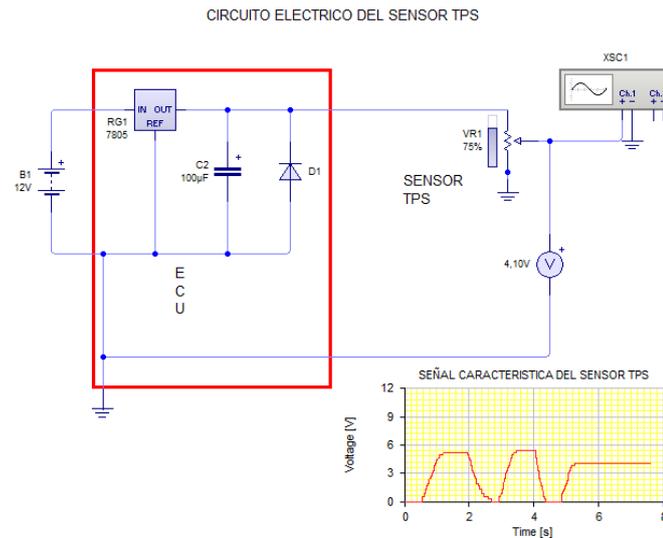


Figura 8. Circuito eléctrico del Sensor TPS

2.5 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión

La investigación de Penagos J., (2015), cita que:

El sensor MAP es un sensor electrónico, que constantemente supervisa la succión o vacío en el múltiple de admisión, y dependiendo del valor de vacío presente, entrega mayor o menor voltaje a la Unidad de Control Electrónico del automóvil que se encarga de controlar la cantidad de combustible suministrada a través de los inyectores.

En la figura 9 se observa la ubicación del MAP incorporado en la misma ECU PANDOO.

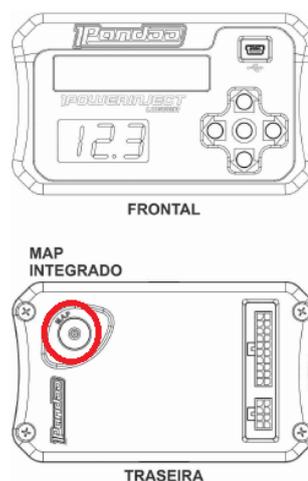


Figura 9. Sensor MAP integrado

Fuente: (Performance)

El sensor MAP está constituido por un sensor piezoeléctrico montado en un circuito integrado para medir las variaciones de presión/vacío y entrega al exterior una señal de voltaje.

Penagos J.,(2015), afirma que “el vacío es suministrado al sensor MAP mediante una pequeña manguera de caucho cuando el sensor MAP se encuentra montado fuera del múltiple de admisión o directamente en su toma de vacío cuando se lo ubica en el cuerpo de aceleración”, se puede observar en el circuito eléctrico del sensor MAP en la figura 10.

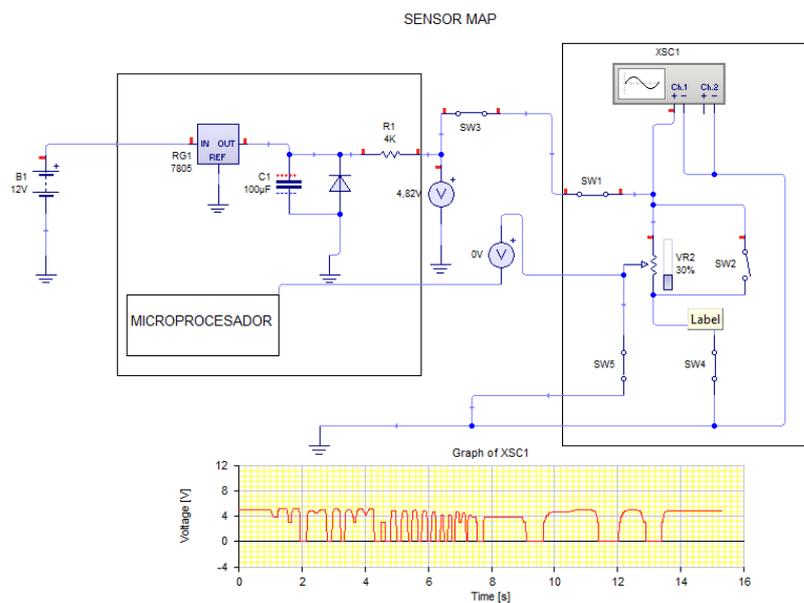


Figura 10. Circuito eléctrico del sensor MAP

2.6 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Bosch,(2012), expone que “estos sensores son empleados para las mediciones de la rotación del cigüeñal y velocidad de gestión de motores de Gasolina y Diesel. Con la ayuda de ellas se puede determinar la posición del cigüeñal en los diferentes ciclos y tiempos de la inyección y encendido.”

En su investigación Arie Nachum,(2014), expone que:

El sensor CKP se monta a una distancia mínima de 1.7mm a la rueda fónica. Cuando el diente de referencia de la rueda fónica se mueve cerca de la cara del extremo del sensor, influyen en el campo magnético con respecto a su magnitud y su dirección. Este cambio en

el campo magnético induce u voltaje eléctrico en la bobina inductiva del sensor, el cual es enviada al módulo de control electrónico. (p.29)

El sensor inductivo CKP usado en la investigación se observa en la figura 11.



Figura 11. Sensor inductivo CKP

Arieh Nachum,(2014), dice que “el cambio de flujo magnético induce un voltaje de CA en las bobinas inductivas. Este índice de voltaje depende de la velocidad del motor: 0.5 V a baja velocidad y aproximadamente 100V a alta velocidad del motor”. (p.29)

Reyes V., (2013), expone que “generalmente esta se constituye de dos o tres cables, donde el tercer cable tiene la función de un protector coaxial, con el fin de proteger cualquier interferencia que pueda interrumpir y corromper la señal”, se observa el circuito inductivo CKP en la figura 12.

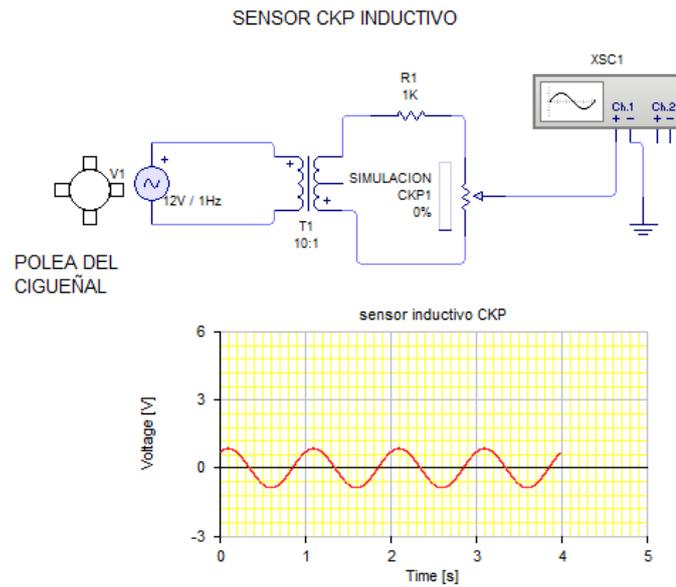


Figura 12. Circuito eléctrico del sensor inductivo CKP

2.7 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

Santander J.,(2006), dice que “el sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT), determina la temperatura mediante una resistencia eléctrica variable (Termistor), tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), (coeficiente negativo de temperatura), que está en contacto directamente con el líquido refrigerante”, como se observa el sensor ECT en la figura 13.



Figura 13. Sensor ECT

En su publicación Santander J.,(2006), dice que:

Estos resistores disminuyen su resistencia óhmica proporcionalmente al incremento de la temperatura. La variación es detectada por el módulo de control electrónico, la cual ajusta los pulsos de inyección de acuerdo con la interpretación de la temperatura del motor. Básicamente la ECU disminuye los pulsos de inyección en la medida que el motor aumenta la temperatura, y los incrementa cuando el motor esta frio. La señal de este elemento es de tipo analógico y la información la aporta la variación de tensión entre sus bornes”. (p.84)

Como se muestra el circuito electronico del sensor ECT en la figura 14.

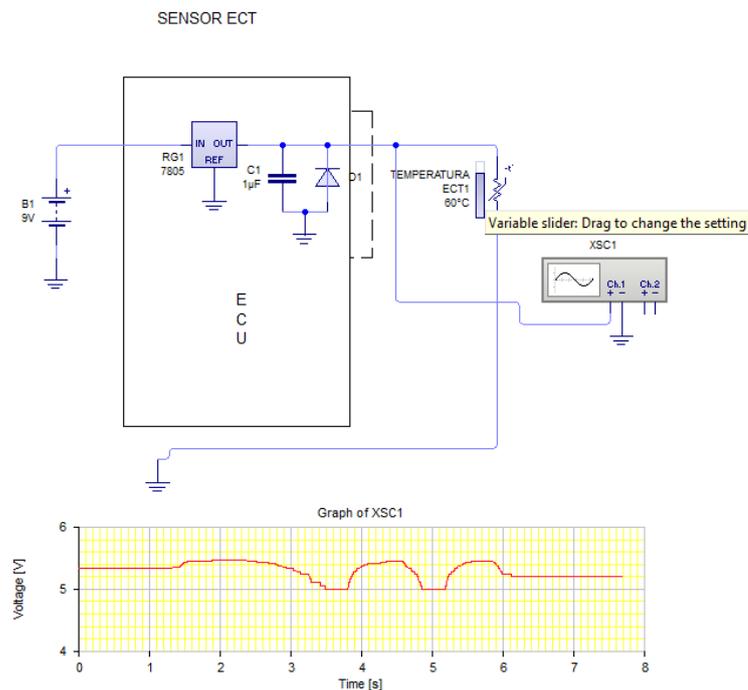


Figura 14. Circuito eléctrico del sensor ECT

2.8 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

El sensor de temperatura del aire IAT (Intake Air Temperature), permite al módulo de control corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión.

Arieh Nachum,(2014), afirma que “Los sensores de temperatura de aire utilizan un alambre-caliente que al ser enfriado según el flujo de aire en el múltiple de admisión el voltaje del amplificador aumenta, esto quiere decir que cambia su resistencia cuando este se enfría”. (p.76), se observa el sensor IAT en la figura 15.



Figura 15. Sensor IAT

2.9 Sonda lambda (HEGO)

Santander J.,(2006), “Es una sonda que analiza los gases de escape en el mismo momento que circulan por el sistema de escape, detectando posibles excesos o defectos de oxígeno que provoca la intervención de la ECU para evitarlos”, se observa en la figura 16.



Figura 16. Sensor de oxígeno

Según Santander J.,(2006), expone que:

La sonda lambda está constituido básicamente por un cuerpo de cerámica, el cual es un compuesto fundamentalmente de dióxido de zirconio, y sus superficies internas como externas están provistas de electrodos revestidos de una fina capa de platino, permeable a los gases y a partir de los 300 grados Celsius la cerámica se vuelve conductora para los iones de oxígeno, estableciendo una tensión eléctrica en los bordes de la sonda.

Se observa el circuito eléctrico del sensor de oxígeno en la figura 17.

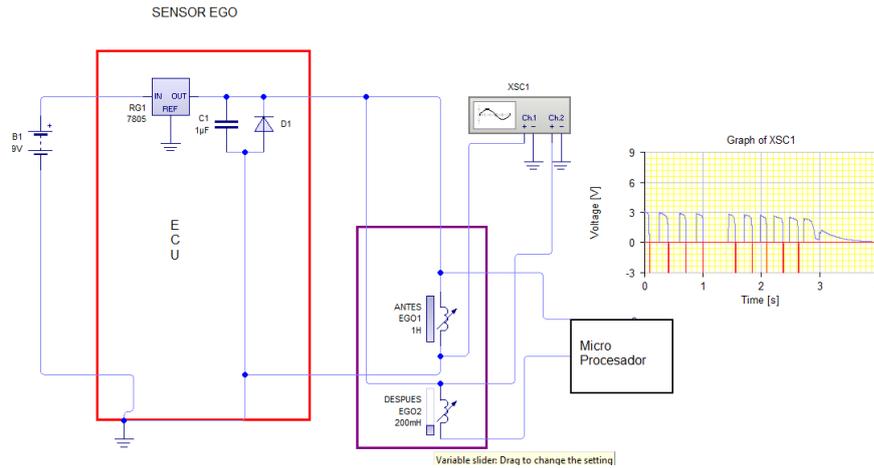


Figura 17. Sensor de oxígeno

Acorde a Reyes V., (2013), cita que:

Son aquellos primeros modelos en el cual los propios gases de escape calientes se encargaban de aumentar la temperatura de la sonda. El inconveniente era que demoraba algunos segundos en calentarse, lo cual incrementaba la emisión de gases contaminantes durante el arranque en frío, ya que al no funcionar la sonda Lambda la ECU no puede corregir el combustible inyectado. (p.85)

Se observa el sensor lambda de un cable en la figura 18.



Figura 18. Sonda Lambda EGO

Fuente: (Sistemas de control de emisiones , p.95)

La sonda Lambda HEGO actualmente se calienta artificialmente mediante una resistencia eléctrica, antes de poner en marcha el motor.

Santander J.,(2006), cita que:

Cada uno de los electrodos se encuentra en contacto con un medio diferente, es decir, por un lado, los gases de escape y, por el otro, el aire del ambiente. Si el contenido de oxígeno de ambos lados en contacto con los electrodos difiere, aparece entre ellos una diferencia eléctrica.

Se observa el sensor lambda en la figura 19.



Figura 19. Sonda Lambda HEGO

Fuente: (Sistemas de control de emisiones , p.96)

2.10 Inyectores

En su investigación Arie Nachum, (2014), expone que:

La válvula de inyección de combustible electromagnética controlada sirve como actuador para la ECU. Los inyectores se abren y se cierran electro-magnéticamente de acuerdo con los pulsos eléctricos de la ECU. Están conectados en serio o en paralelo de acuerdo al sistema haga referencia y de esta manera entregue combustible simultáneamente una vez por cada revolución del cigüeñal o dos veces por ciclo de trabajo. (p.57)

Se observa el inyector de alta resistencia usado en el proyecto en la figura 20.



Figura 20. Inyectores alta resistencia

En su investigación Arie Nachum,(2014), resalta que:

Los tiempos de activación y desactivación de las válvulas de inyección de combustible están en el rango de 1-1.5 ms. Para alcanzar una buena distribución del combustible mientras que al mismo tiempo se aseguran unas bajas pérdidas de condensación, con la finalidad de evitar mojar las paredes de los conductos de admisión.

Los inyectores por su construcción tienen sus diferencias ya sea esta, su resistencia de bobina y el índice de entrega de combustible, y estos no pueden ser intercambiados. Un inyector con un índice de entrega de combustible lento es compensado por una duración más larga a la abertura. El índice de entrega de combustible se puede cambiar en el rango de 250cc/min a 100 cc/min (p.58)

Como se observa en la figura 21.



Figura 21. Entrega de combustible por el inyector

Fuente: (ACTUALIDAD MOTOR , 2013)

La resistencia de la bobina del inyector esta entre 1,7 a 18 ohmios. Una alta resistencia requiere menos corriente y tiene generalmente una resistencia de tiempo más corta. Ver tabla 4.

Tabla 4.

Resistencia de la bobina en el inyector

Inyectores	Alta resistencia	Baja resistencia
	De 10 a 18 ohm	De 1,7 a 3 ohm

Fuente: (test engine argentina, 2007)

2.11 Sistema de encendido DIS

Mecánica Autotmotriz .ORG, (2012), expone que:

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) también llamado sistema de encendido sin distribuidor consiste en eliminar el sistema de encendido tradicional al suprimir el distribuidor. Se compone de dos enrollamientos primarios y de dos secundarios, cada enrollamiento secundario está unido a dos bujías, generando, por tanto, dos chispas: una al final de compresión, y otra en la fase de escape, (chispa perdida), en el otro cilindro.

Véase en la figura 22, la bobina de encendido DIS.



Figura 22. Bobina de encendido DIS

2.12 Mapeo de variables

La programación del módulo de control electrónico Pandoo de procedencia brasilera se realiza mediante cuadros de valores o mapas, en este caso la marca ofrece correcciones de mapas como, mapa de inyección, mapa de ignición, corrección por TPS, corrección por MAP, corrección por la temperatura del motor y correcciones por temperatura de aire.

En la investigación planteada Gonzalo D.,(2015), dice que :

El mapa es la configuración del sistema de inyección para la regulación de la mezcla aire – combustible. Es similar a un gráfico de eje X y eje Y, el eje X tiene sentido de izquierda a derecha, mientras que el eje Y tiene sentido de arriba hacia abajo. En cada punto la computadora da la señal a los inyectores de que hacer en una situación específica, con la combinación de velocidad del motor y demanda de torque. Normalmente, la computadora usa un mapa numérico o un mapa gráfico de tres dimensiones para determinar cuánto combustible debe entregar o cual será el avance al encendido.

Para realizar el mapeo por inyección se configurará la curva dimensional del tiempo de inyección con respecto a la variación de depresión en el múltiple de admisión, y así llegar a una curva afinada con respecto a la que proporciona el fabricante. Ver figura 23.

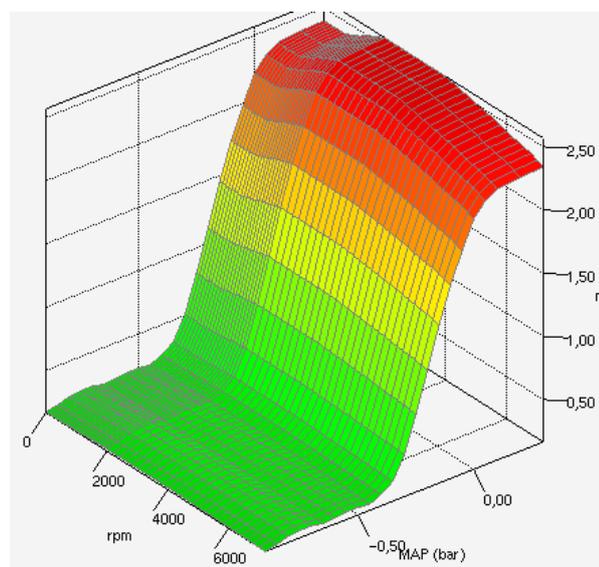


Figura 23. Mapa de inyección

Fuente: (Performance, 2017)

En un mapa tridimensional de avance al encendido es sencillo observar como no tiene una superficie muy pareja o suave, que por lo tanto está sujeta a una afinación de curva con respecto a dicha corrección. Ver figura 24

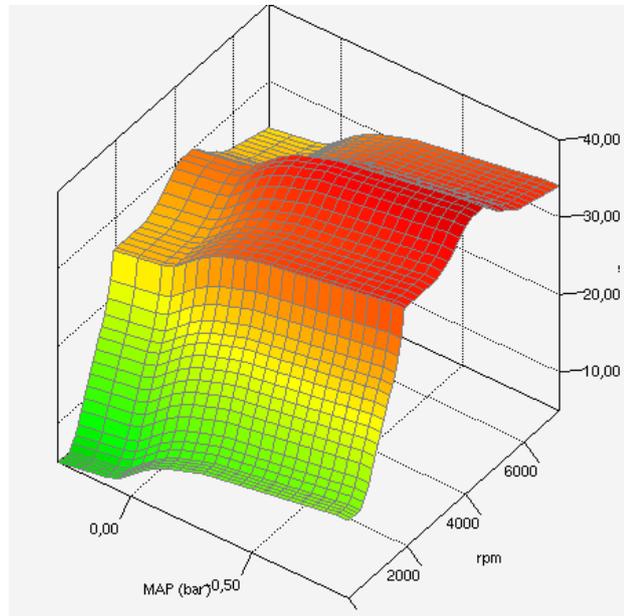


Figura 24. Mapa de ignición

CAPÍTULO III

“MODELACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE ESTRANGULACIÓN INDEPENDIENTE”

En este capítulo se define el montaje del proyecto a continuación.

3.1 Características técnicas del motor Suzuki

La especificación técnica según el fabricante del motor se observa en la tabla 1:

Tabla 5.

Especificaciones técnicas del motor G13B Suzuki 1300

MOTOR			
Generalidades	4 cilindros en línea delantero transversal		
Cilindrada	1298 cc	Compresión: 10:1	
Distribución	4 válvulas por cilindro	2 árboles de leva en culata	
Potencia Max.	74,3 KW (100CV) @ 6500 rpm SAE		
Par Max.	112 Nm @ 5000 rpm SAE		
Transmisión			
Cambio y embrague	Manual de 5 velocidades, embrague mono disco seco		
Prestaciones			
Velocidad máxima	De 0 a 100 Km/h	Consumo de combustible	
		Extraurbano	Deportivo
185 Km/h	10 s	8,2/7,4/5,7	9,8

Fuente: (SUZUKI, 2009)

3.2 Determinación de parámetros iniciales del motor

En la tabla 2 se especifica los parámetros iniciales con los que cuenta el motor Suzuki 1300. Ver tabla 6.

Tabla 6.

Descripción inicial del motor G13B Suzuki 1300

Tipo	DOHC 4 cilindros / Twin Cam
Material	(G-ALSi13Mg) Aluminio block / culata
Cilindrada	1298cc
Diámetro x Carrera	76.5 mm x 71.53 mm
Potencia	53.7 HP SAE
Torque	9.91 Kg*m SAE
Alimentación	Carburador
Tipo de Combustible	Gasolina extra 87 Octanos
Sistema de encendido	Distribuidor
Orden de Encendido	1-4-3-2
Sistema de Lubricación	Bomba de rotor
Capacidad de Lubricante	3.5 litros
Lubricante	10W30
Presión de Aceite	42-54 psi @ 3000 rpm

Fuente: (SUZUKI, 2009)

3.3 Diseño de las tomas de aire del múltiple de admisión

El propósito de diseñar e implementar el múltiple de admisión para el sistema de estrangulación independiente (ITB) es incrementar la densidad de flujo de trabajo, sea aire o aire – combustible antes de introducir en el cilindro.

Por lo tanto, para el diseño se considera un efecto Venturi donde la presión atmosférica a 2500 metros sobre el nivel del mar y la temperatura inicial de 23 °C, que se tomó con la ayuda del sensor IAT. Estos datos son los que se encuentran al inicio de la tobera del ITB.

Para determinar la velocidad del flujo al final del conducto de admisión, se analiza la depresión y la temperatura al final del tiempo de admisión con la ayuda de las ecuaciones mencionadas en el capítulo 2. Ver figura 25 el diseño de la base del ITB y en el ANEXO (C)

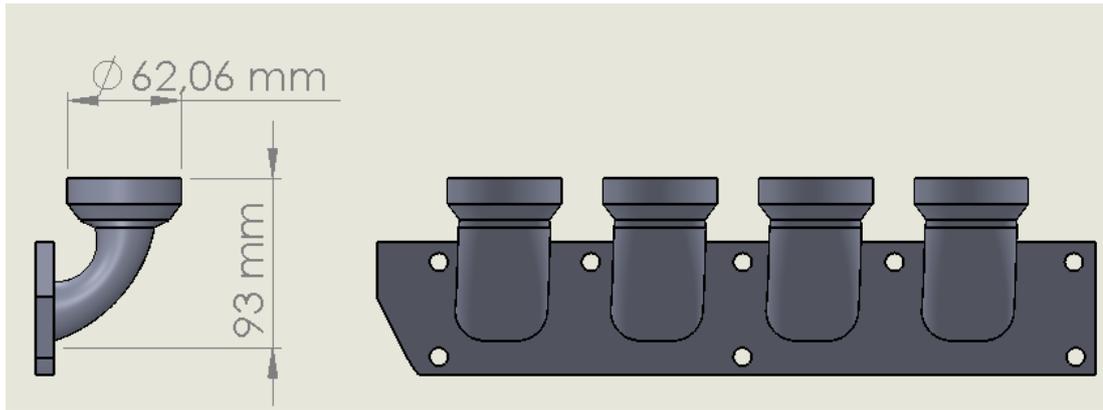


Figura 25. Dimensionamiento del conducto de admisión

Tabla 7.

Consideraciones para el cálculo de densidad de flujo de trabajo

Densidad del aire		Cada conducto de admisión		
P _{ATMOSFERICA}	P _{Final Admisión}	Altura	Volumen	Diámetro
P ₁ =0,073 MP _a	P ₂ =0,048 MP _a	h= 93 mm	V ₁ =105ml	D= 62,06 mm
T ₁ =296,15 °K	T ₂ =369,41 °K			

Fuente: Autores

- **Volumen del cilindro**

Para conocer el diámetro del conducto de admisión se considera este como un cilindro ya que su geometría es semejante.

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

Ecuación 36: Volumen de un cilindro

$$d = \sqrt{\frac{0,000105m^3 \times 4}{\pi \times 0,093m}}$$

$$d = 0,0379m$$

V = Volumen del Cilindro. (m^3)

d = Diámetro menor del cilindro (Conducto de admisión). (m)

h = Altura del Conducto de admisión. (m)

- **Densidad del aire en condiciones iniciales**

Para conocer la densidad del aire a una temperatura inicial de $23^{\circ}C$ y una presión atmosférica de 0,073 MPa se utiliza la Ecuación 8.

$$\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1}$$

$$\rho_1 = \frac{0,73 \times 10^5}{286,9 \times (296,15^{\circ}K)}$$

$$\rho_1 = 0,859 \frac{Kg}{m^3}$$

- **Peso específico en condiciones iniciales**

$$\gamma_1 = \rho_1 g$$

Ecuación 37: Peso específico del gas

$$\gamma_1 = 0,859 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma_1 = 8,418 \frac{Kg}{m^2 s^2}$$

γ_1 = Peso específico condiciones iniciales. ($\frac{Kg}{m^2 s^2}$)

ρ_1 = Densidad del aire en condiciones iniciales. ($\frac{Kg}{m^3}$)

- **Densidad del aire al final del tiempo de admisión**

Para conocer la densidad del aire al final del tiempo de admisión en el cilindro se calcula la temperatura utilizando la Ecuación 9, posteriormente este valor calculado, se remplazó en la Ecuación 8.

$$\rho_2 = \frac{P_2}{RT_2}$$

$$\rho_2 = \frac{0,48 \times 10^5}{286,9 \times (369,41^\circ K)}$$

$$\rho_2 = 0,4528 \frac{Kg}{m^3}$$

- **Peso específico al final del tiempo de admisión**

Para conocer el peso específico al final del tiempo de admisión se utilizó la Ecuación 30, con los respectivos valores en este tiempo del motor.

$$\gamma_2 = \rho_2 g$$

$$\gamma_2 = 0,4528 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma_2 = 4,437 \frac{Kg}{m^2 s^2}$$

- **Ecuación de Bernoulli**

Para conocer la velocidad del fluido en el conducto de admisión se consideró acorde al diseño, una altura de 93mm, se usa la ecuación 35.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

Ecuación 38: Ecuación de Bernoulli

$$0 + \frac{73000 \frac{Kg}{ms^2}}{8,418 \frac{Kg}{m^2 s^2}} + 0,093 m = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{48000 \frac{Kg}{ms^2}}{4,437 \frac{Kg}{m^2 s^2}}$$

$$0 + 8671,89 m + 0,093 m = \frac{V_2^2}{2g} + 10818,12 m$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{8671,983 \text{ m} \times 2 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1}} - 10818,12 \text{ m}$$

$$V_2 = 398,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

V_1, V_2 = Volumen inicial y Volumen final. ($\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

P_1, P_2 = Presión interna inicial y Presión interna final. ($\frac{\text{Kg}}{\text{ms}^2}$)

γ_1, γ_2 = Peso Específico inicial y Peso específico final. ($\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{s}^2}$)

$Z_1 - Z_2$ = Altura del conducto de admisión (m)

- **Caudal**

$$Q = A_1 V_1$$

Ecuación 39: Caudal

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V_1$$

$$Q = \frac{\pi (0,0379 \text{ m})^2}{4} \times 398,94 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 1620,23 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Q = Caudal. ($\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$)

A_1 = Área del conducto de admisión. (m^2)

V_1 = Volumen del conducto de admisión. (m^3)

- **Gasto másico de aire**

$$\dot{m}_a = \rho * Q$$

Ecuación 40: Gasto másico de aire

$$\dot{m}_a = \frac{0,4528 \frac{Kg}{m^3} (0,45 m^3)}{s}$$

$$\dot{m}_a = 0,2037 \frac{Kg}{s}$$

3.4 Selección de material para las tomas de admisión.

Acorde a la producción nacional de materiales en el Ecuador (IPAC) se eligió una tubería mecánica cuya norma de cálida es ASTM A36 y normativa de fabricación INEN 2415. (Ver anexo A)

La propiedad mecánica del acero al carbono se investigó en libros de diseño, donde se especifica las variables correspondientes al material. Con el objetivo de realizar los cálculos correspondientes. Véase en la figura 26 y 27

Material	Escala Celsius ($^{\circ}C^{-1}$)	Escala Fahrenheit ($^{\circ}F^{-1}$)
Acero al carbono	$10.8(10)^{-6}$	$6.0(10)^{-6}$
Acero al níquel	$13.1(10)^{-6}$	$7.3(10)^{-6}$
Acero inoxidable	$17.3(10)^{-6}$	$9.6(10)^{-6}$
Aluminio	$23.9(10)^{-6}$	$13.3(10)^{-6}$
Hierro fundido	$10.6(10)^{-6}$	$5.9(10)^{-6}$
Latón, fundición	$18.7(10)^{-6}$	$10.4(10)^{-6}$
Magnesio	$25.2(10)^{-6}$	$14.0(10)^{-6}$
Tungsteno	$4.3(10)^{-6}$	$2.4(10)^{-6}$

Figura 26. Coeficiente de dilatación térmica

Fuente: (Richard G.& Nisbett J., 2008,p.112)

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso unitario w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Fundición de hierro (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5

Figura 27. Constantes físicas de los materiales

Fuente: (Richard G.& Nisbett J., 2008,p.112)

3.4.1 Diseño mecánico

- **Esfuerzo tangencial**

$$\sigma_t = \frac{P_1(d_1 + t)}{2t}$$

Ecuación 41: Esfuerzo tangencial

$$\sigma_t = \frac{0,1 \text{ MPa} (47,68 + 1,5) \text{ mm}}{2 \times 1,5 \text{ mm}}$$

$$\sigma_t = 1,6393 \text{ MPa}$$

σ_t = Esfuerzo Tangencial. (MPa)

P_1 = Presión interna inicial. (MPa)

d_1 = Diámetro interior de la tubería. (mm)

t = Espesor de la tubería. (mm)

- **Esfuerzo radial**

$$\sigma_r = \frac{P_1 d_1}{4t}$$

Ecuación 42: Esfuerzo radial

$$\sigma_r = \frac{0,1 \text{ MPa} \times 47,68 \text{ mm}}{4 \times 1,5 \text{ mm}}$$

$$\sigma_r = 0,7946 \text{ MPa}$$

σ_r = Esfuerzo Radial. (MPa)

P_1 = Presión interna inicial. (MPa)

d_1 = Diámetro interior de la tubería. (mm)

t = Espesor de la tubería. (mm)

- **Esfuerzo de Von Mises**

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_r \sigma_t + \sigma_r^2}$$

Ecuación 43: Esfuerzo de Von Mises

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(1,6393 \text{ MPa})^2 - (1,6393 \text{ MPa} \times 0,7946 \text{ MPa}) + (0,7946 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_{eq} = 1,4198 \text{ MPa}$$

- **Dilatación térmica**

En la tabla 8 se representaron los datos del acero al carbón para el cálculo de la dilatación térmica del múltiple de admisión para el sistema de estrangulación independiente ITB.

Tabla 8.

Datos para cálculo de dilatación térmica

α	ΔT	E	λ	S_y
$10,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$(45 - 23)^\circ\text{C} = 22^\circ\text{C}$	207 GPa	$0,292$	250 MPa

$$\sigma_t = \frac{\alpha(\Delta T)E}{1 - \lambda}$$

Ecuación 44: Esfuerzo térmico

$$\sigma_t = \frac{(10,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) \times (22^\circ\text{C}) \times (207000 \text{ MPa})}{2 \times 0,292}$$

$$\sigma_t = 69,467 \text{ MPa}$$

σ_t = Esfuerzo térmico. (MPa)

α = Coeficiente de dilatación térmica. ($^\circ\text{C}^{-1}$)

ΔT = Variación de temperatura. ($^\circ\text{C}$)

E = Módulo de elasticidad. (GPa)

λ = Módulo de Poisson .

- **Factor de seguridad**

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{eq} + \sigma_t}$$

Ecuación 45: Factor de seguridad

$$N = \frac{250 \text{ MPa}}{1,4198 \text{ MPa} + 69,467 \text{ MPa}}$$

$$N = 3,526 \text{ MPa}$$

N = Factor de seguridad.

S_y = Resistencia a la fluencia

El Factor de seguridad es aceptable para el diseño

3.5 Montaje del ITB en el múltiple de admisión

Realizado los cálculos correspondientes del múltiple de admisión para el sistema de estrangulación independiente, se construyó artesanalmente y posterior se tomó muestras volumétricas de cada conducto de admisión con la finalidad que su volumen esté acorde a los cálculos ya establecidos. Como se observa en la figura 28.



Figura 28. Muestras volumétricas de cada conducto

Se colocó fundas celofán en cada conducto de admisión para no dañar el sistema ITB a causa de la oxidación en los componentes mecánicos, consecutivamente se vertió agua con la ayuda de un vaso graduado la cantidad de 105 c.c, como se ve en la figura 29 y 30.



Figura 29. Verificación volumétrica



Figura 30. Vaso graduado en milímetro cúbicos

Se realizó la suma de todos los volúmenes tomados con la finalidad de conocer el volumen teórico de que circula por los conductos de admisión del sistema de estrangulación independiente

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Ecuación 46: Volumen total del colector de admisión

$$V_T = 104 \text{ cc} + 103 \text{ cc} + 105 \text{ cc} + 105 \text{ cc}$$

$$V_T = 417 \text{ cc}$$

3.5 Montaje total en el motor

Se ensambló el sistema de estrangulación independiente ITB al colector de admisión diseñado, ya que el habitáculo del motor en el vehículo no es muy amplio, Ver la figura 32.



Figura 31. Ensamble ITB – colector de admisión

Se protegió cada sistema de estrangulación independiente en el momento del ensamble y así evitar la caída de piezas como tornillos o pequeñas basuras en el interior del cilindro, se observa en la figura 32 y 33.

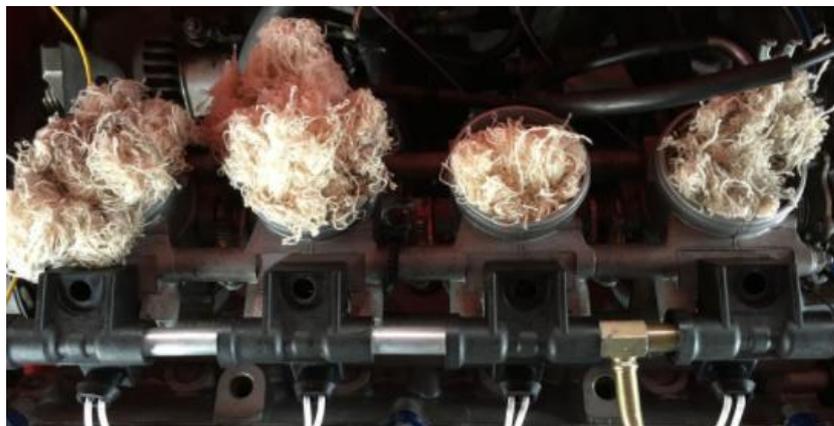


Figura 32. Montaje del colector de admisión y sistema ITB en el motor Suzuki 1300



Figura 33. Motor Suzuki 1300 implementado sistema ITB

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN, PROGRAMACIÓN PANDOO Y PUESTA A PUNTO DEL MOTOR.

4.1 Sistema programable Pandoo

El módulo de control marca Pandoo de procedencia brasilera, realiza configuraciones de carácter técnico bajo la programación de parámetros al cual el motor se encuentra sometido a exigencias deportivas.

4.2 Módulos

El módulo de control electrónico cuenta con los siguientes puertos de entradas y salidas:

Puertos de entrada

- Sensor de posición de mariposa de aceleración TPS
- Sensor de presión atmosférica MAP
- Sensor CKP de tipo inductivo
- Sensor de temperatura de refrigerante ECT
- Sensor de temperatura de aire IAT

Puertos de salida

- Inyectores
- Sistema de encendido DIS

4.2.2 Puerto de comunicación serial

La comunicación en serie entre el módulo de control programable y el software que rige las operaciones del motor es de tipo Semi Dúplex con una interfaz USB.

4.3 Implantación de módulo de control Pandoo.

Se describe como se realizó a la implementación del módulo de control.

4.3.1 Sensor de posición de mariposa de aceleración TPS

El análisis de implementación consiste en la de conexión del sensor TPS que indica el fabricante, como se observa en la figura 34, 35 y 36.

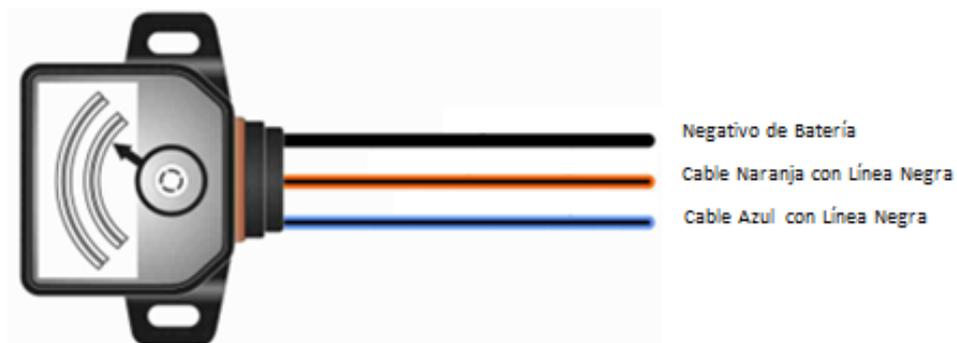


Figura 34. Guía de instalación de TPS

Fuente: (Performance)

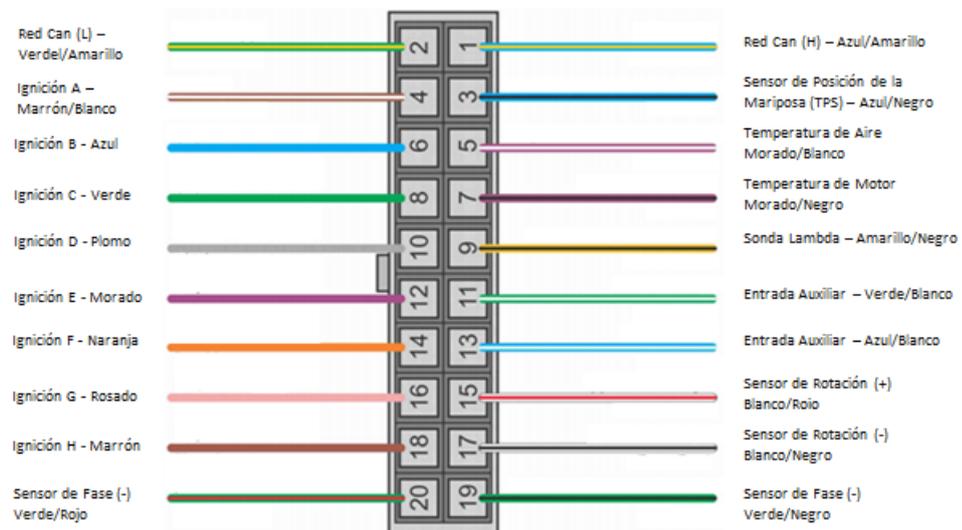


Figura 35. Guía de instalación de TPS conector B

Fuente: (Performance, p.32)

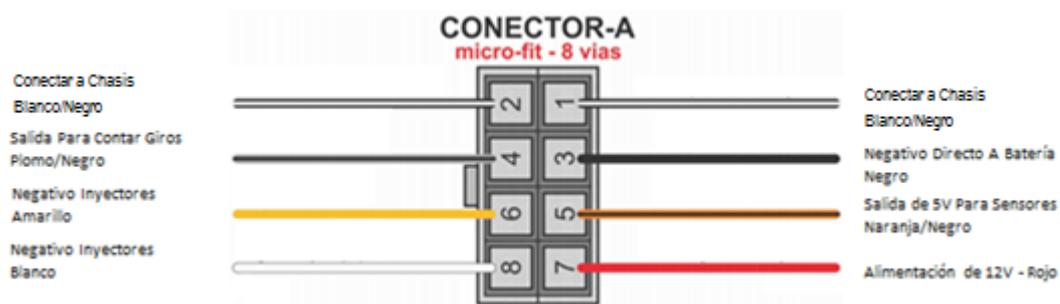


Figura 36. Guía de instalación de TPS conector A

Fuente: (Performance, p.32)

Dentro de las principales características dotadas del sensor se consideró lo establecido en la tabla 9.

Tabla 9.

Características del sensor TPS

Tipo de Sensor	Tipo de Elemento	# de cables y colores
Sensor de posición de acelerador (TPS)	Potenciómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Azul-negro • Naranja-negro • Negro

Una vez que se realizó la correcta instalación de los sensores hacia la ECU como señala el fabricante, se realiza las lecturas de tensión y su designación de cada cable, como se ve en la tabla 10.

Tabla 10.

Lecturas de tensión y designación de cables del sensor TPS

Color de Cables	Tipo de Nominación	Tensión	
		V. min.	V. máx.
Azul-Negro	Señal	0,55mv	4,55v
Naranja – Negro	Alimentación	4,96v	4,99v
Negro	Masa	0,5mv	0,51mv

4.3.2 Sensor MAP

En este caso el módulo de control electrónico programable Pandoo cuenta con un sensor MAP integrado en la parte trasera. Es obligatorio el uso de mangueras de tipo Poliuretano de 6mm de diámetro exterior y 4 mm de diámetro interior, su conexión va hacia el sistema presurizado del colector de admisión como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Sensor MAP ubicado en la parte trasera del módulo

Fuente: (Performance, p.22)

4.3.3 Sensor CKP

El sensor inductivo CKP genera la señal de tensión sinusoidal y la entrega a la ECU, no necesita un voltaje de alimentación y posee dos cables que envían las señales, como se muestra en la figura 38, 39 y 40.

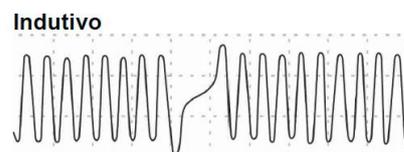


Figura 38. Señal inductiva del CKP

Fuente: (Performance, p.17)

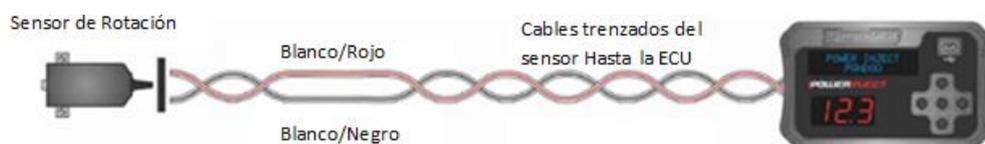


Figura 39. Diagrama de implantación CKP-Pandoo

Fuente: (Performance, p.17)

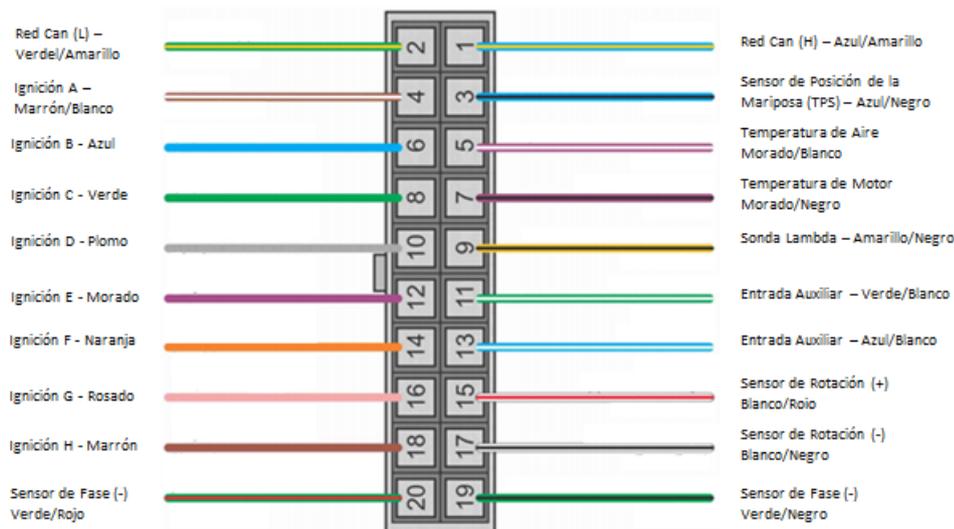


Figura 40. Guía de instalación de TPS conector B

Fuente: (Performance, p.32)

Las características de la conexión del sensor CKP se detallan en la tabla 11.

Tabla 11.

Características del sensor inductivo CKP

Tipo de Sensor	Tipo de Elemento	# de cables y colores
Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	Inductivo	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco – Rojo • Blanco-Negro • Amarillo

Una vez que se realizó la correcta instalación de los sensores hacia la ECU como señala el fabricante, se realizará las lecturas de tensión y su designación de cada cable, véase en la tabla 12.

Tabla 12.

Lecturas de tensión y designación de cables del sensor inductivo CKP

Color de Cables	Tipo de Nominación	Tensión	
		V. min.	V. máx.

Blanco-Negro	Señal	0,55mv	4,55v
Rojo – Negro	Señal	0,55mv	4,55v
Amarillo	Masa	0,5mv	0,51mv

4.3.4 Sensor ECT

El sensor de temperatura de refrigerante ECT está ubicada lo más próximo al fluido del refrigerante esencialmente en los conductos de refrigeración en el block, como se muestra en la figura 41 y 42.



Figura 41. Diagrama de implantación ECT-Pandoo

Fuente: (Performance, p.20)

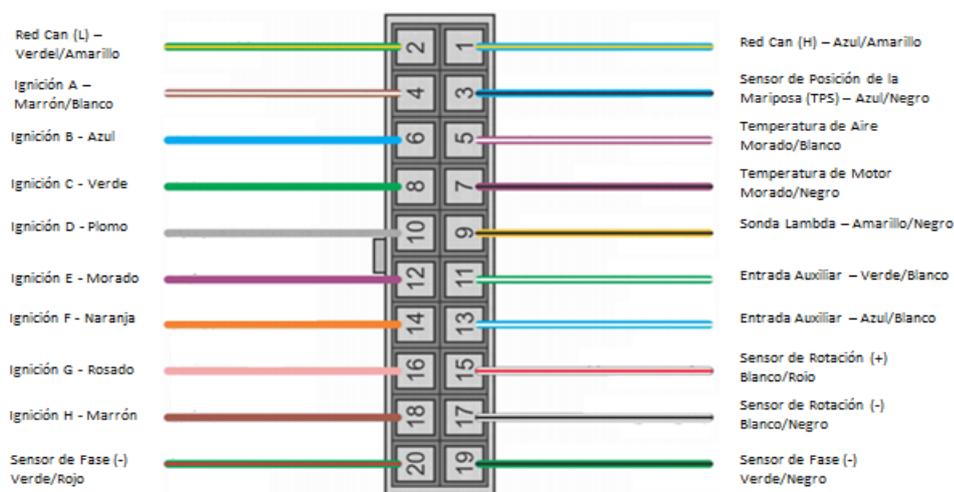


Figura 42. Guía de instalación de TPS conector B

Fuente: (Performance, p.32)

Tabla 13.

Características del sensor de temperatura de refrigerante ECT

Tipo de Sensor	Tipo de Elemento	# de cables y colores
Sensor de temperatura del motor (ECT)	Termistor	<ul style="list-style-type: none"> Lila-Negro Negro

Una vez que se realizó la correcta instalación de los sensores hacia la ECU como señala el fabricante, se realiza las lecturas de tensión y su designación de cada cable, véase en la tabla 14.

Tabla 14.

Lecturas de tensión y designación de cables del sensor ECT

Color de Cables	Tipo de Nominación	Tensión	
		V. min.	V. máx.
Lila-Negro	Señal	0,55mv	4,55v
Amarillo	Masa	0,5mv	0,51mv

4.3.5 Sensor IAT

El sensor de temperatura de aire está adaptado usualmente en el colector de admisión o cercano a un flujo de aire de admisión, véase en la figura 43 y 44.



Figura 43. Diagrama de implantación IAT-Pandoo

Fuente: (Performance, p.20)



Figura 44. Guía de instalación de TPS conector B

Fuente: (Performance, p.32)

Tabla 15.

Características del sensor de temperatura de refrigerante IAT

Tipo de Sensor	Tipo de Elemento	# de cables y colores
Sensor de temperatura del aire (IAT)	Termistor	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco-Lila • Turquesa- Blanco-Rojo

Una vez que se realizó la correcta instalación de los sensores hacia la ECU como señala el fabricante, se realiza las lecturas de tensión y su designación de cada cable. Mire en la tabla 16.

Tabla 16.

Lecturas de tensión y designación de cables del sensor IAT

Color de Cables	Tipo de Nominación	Tensión	
		V. min.	V. máx.
Blanco-Lila	Señal	0,55mv	4,55v
Turquesa- Blanco- Rojo.	Masa	0,5mv	0,51mv

4.3.6 Sonda Lambda

La sonda Lambda puede ser conectada directamente a la entrada de la ECU con un valor estequiométrico equivalente a 450 mv. Es recomendable programa dentro de un rango de operaciones de entre 500 a 900 mv para evitar que el motor se apague por falta de combustible. (Performance, p.23)



Figura 45. Sonda Lambda HEGO- Pandoo

Fuente: (Performance, p.23)

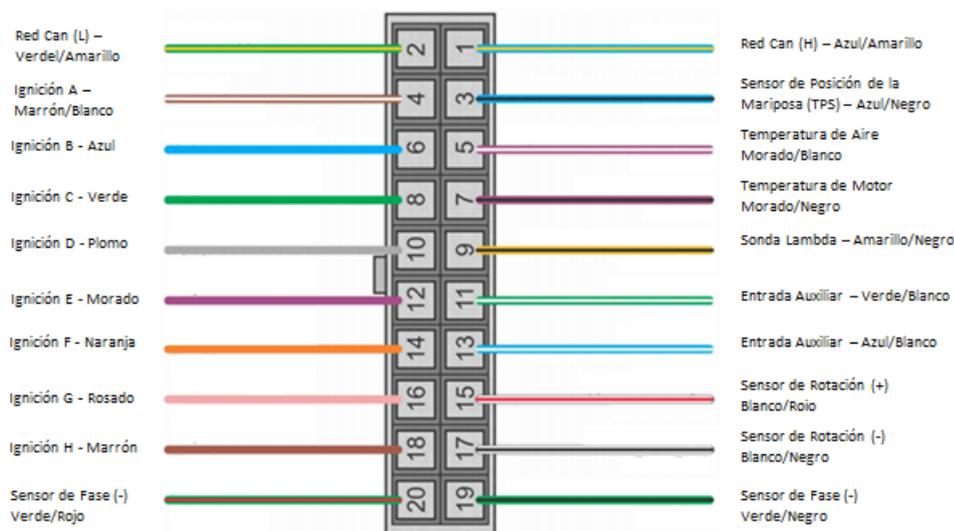


Figura 46. Guía de instalación de Sonda Lambda conector B

Fuente: (Performance, p.32)

Tabla 17.

Características del sensor de oxígeno HEGO

Tipo de Sensor	Tipo de Elemento	# de cables y colores
Sensor de oxígeno (HEGO)	Conductor de iones de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Negro • Blanco • Blanco • Gris

Una vez que se realizó la correcta instalación de los sensores hacia la ECU como señala el fabricante, se verifica las lecturas de tensión y su designación de cada cable, véase en la tabla 18.

Tabla 18.

Lecturas de tensión y designación de cables del sensor de oxígeno HEGO

Color de Cables	Tipo de Nominación	Tensión	
		V. min.	V. máx.
Negro	Señal	0,1v	0,9v

CONTINÚA



Gris y Blanco	Masa	0,5mv	0,51mv
Blanco	Calentador	12v	12v

El sensor mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape y envía la señal de voltaje de 0,1 a 0,9 voltios.

4.3.7 Inyectores

La implementación de inyectores se realizó a una sola bancada A del módulo de control, observe figura 47.



Figura 47. Conexión de bancada de inyectores

Acorde a las especificaciones del fabricante, el control de inyección se instaló de la siguiente forma. Véase en la figura 48 y 49.

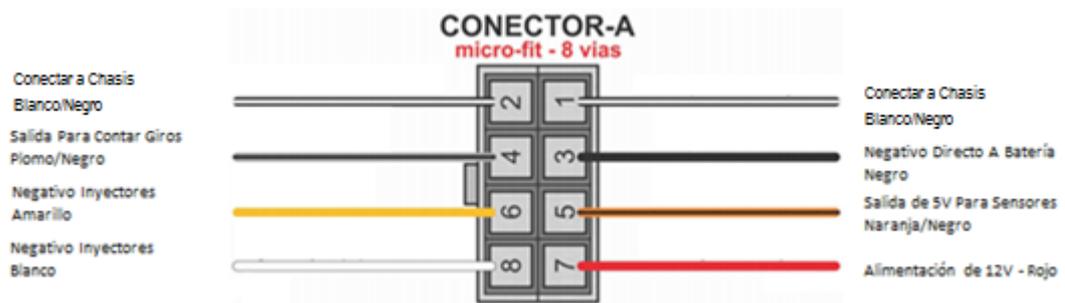


Figura 48. Guía de instalación de inyectores conector A

Fuente: (Performance, p.32)



Figura 49. Conexión de inyectores

4.3.8 Circuito de implementación

En el circuito eléctrico de la figura 50 se puede observar las conexiones realizadas en el vehículo Suzuki Força 1300 a cada elemento que fue utilizado para la elaboración del proyecto, en este caso fueron usados los sensores ECT, MAP, TPS, IAT, CKP, HEGO, los cuales se detalló anteriormente con sus respectivas indicaciones, también se observa en las figura 50 y 51 el proceso de conexión de dichos elementos.

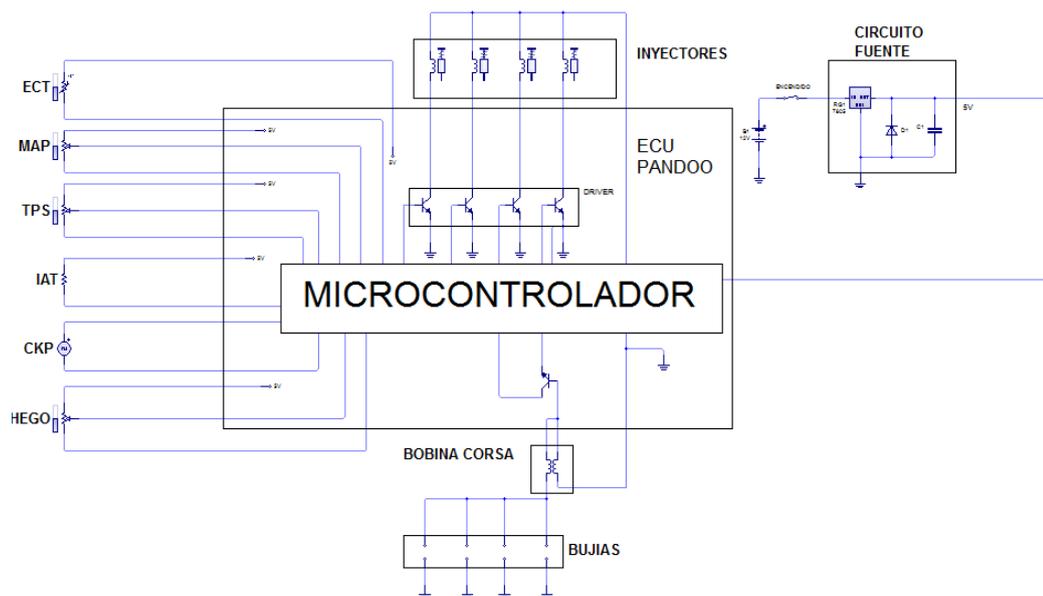


Figura 50. Circuito de encendido DIS



Figura 51. Conexiones a tierra del sistema DIS



Figura 52. Conexión de salidas del módulo de control

4.4 Comunicación con Pandoo

El protocolo de comunicación que utiliza el módulo de control electrónico programable Pandoo, es la red CAN High Speed (Control Area

Network), que se basa en el estándar ISO 11898, y es el equivalente europeo de la norma SAE J1939, que utiliza una topología tipo Bus.

4.5. Instalación de software Pandoo

Para la programación de mapeos en el módulo de control electrónico se utiliza el software correspondiente, este se descarga de la página web:

Pandoo Performance Parts; <https://www.lojapandoo.com.br/power-inject>, ver figura 53.



Figura 53. Descarga de software editor de mapas

- Al finalizar la descarga se ejecuta como administrador el software, Ver figura 54.



Figura 54. Software Pandoo Performance Parts

- En la pantalla de inicio se visualiza el lugar de almacenamiento del software en la computadora, figura 55.

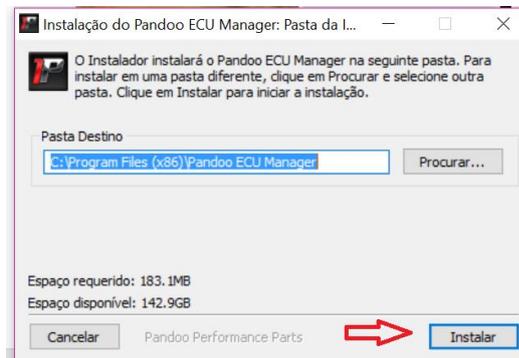


Figura 55. Instalación del software Pandoo

- Se espera su correcta instalación, para posteriormente visualizar el software. Ver figura 56

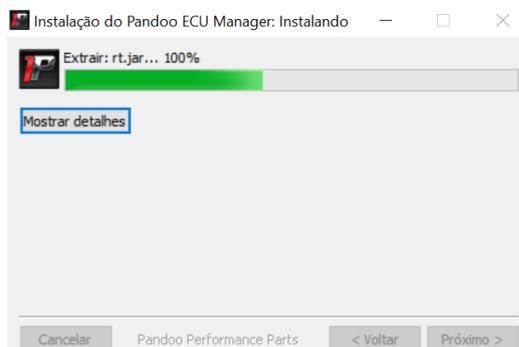


Figura 56. Detalles de instalación

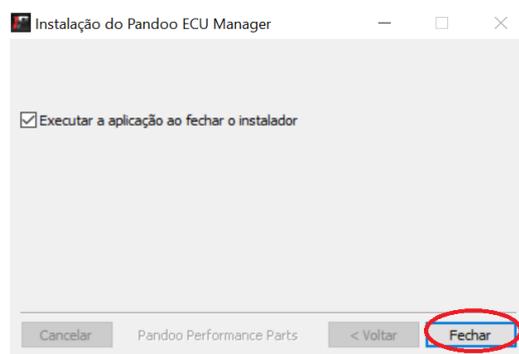


Figura 57. Finalización de instalación de software Pandoo

- En la pantalla de escritorio se visualiza como automáticamente el software abre su interfaz de usuario, luego de la instalación satisfactoria se procede a actualizar todas las firmas y nuevos mapeos tan solo con dar clic en la ventana de las nuevas versiones. Ver figura 58 y 59.

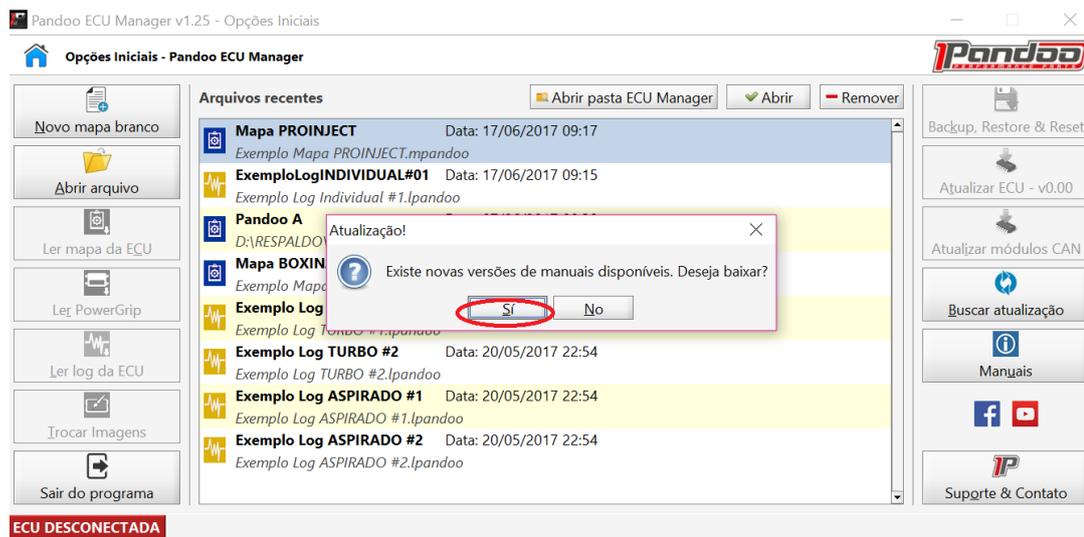


Figura 58. Actualización de firmas del software y ejemplos de manipulación de mapas

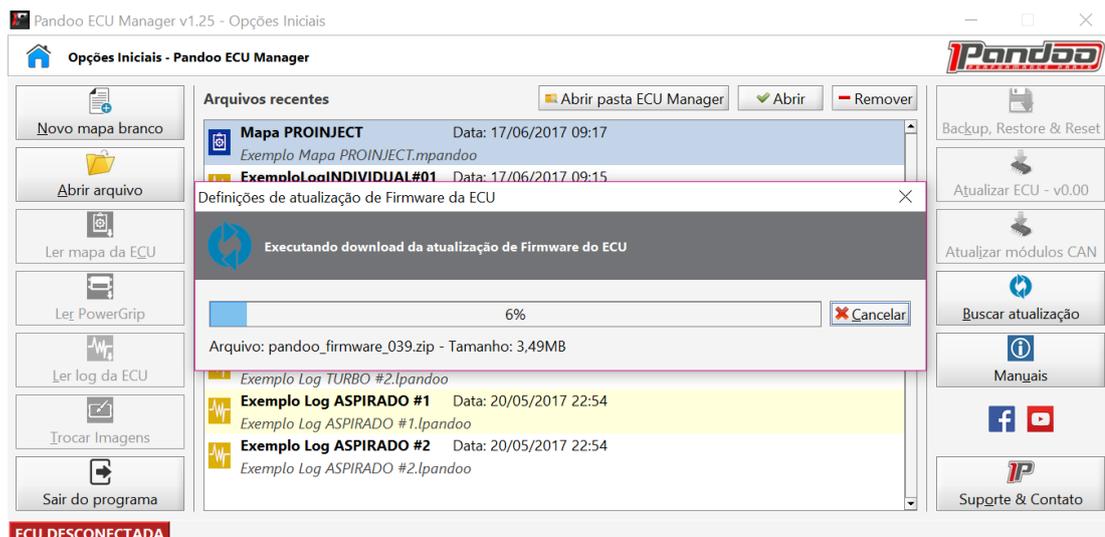


Figura 59. Actualización de todas las firmas del software

- Al finalizar todas las actualizaciones constantes que ofrece la marca Pandoo, se procede a conectar el módulo de control y la PC, a continuación se actualiza el módulo de control mediante la conexión de USB.
- Se procede a crear un nuevo mapa y se elige el tipo de módulo de control adquirido por los investigadores, que en este caso es Power Inject. Ver figura 60.

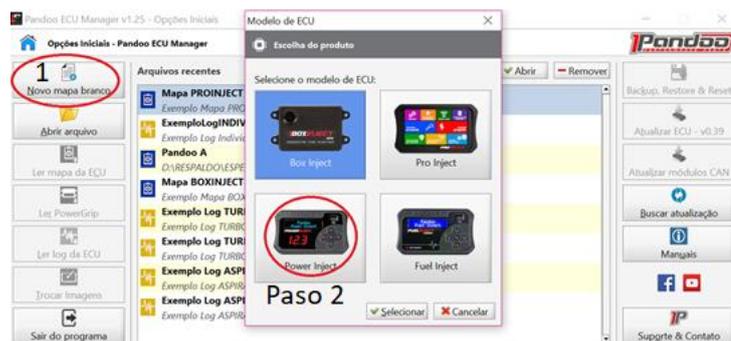


Figura 60. Elaboración de nuevo mapa y selección de ECU

- Al abrirse un asistente de programación se da clic en el botón iniciar. Ver figura 61.

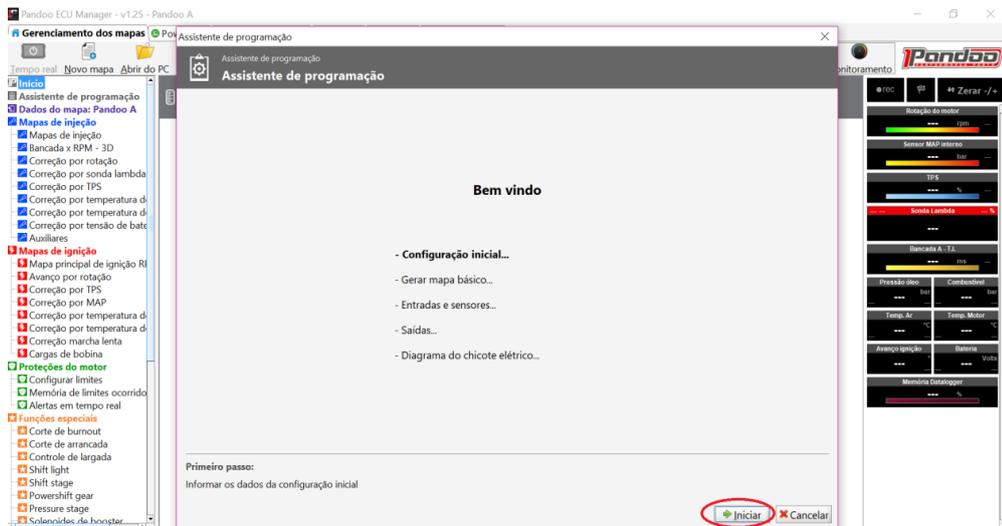


Figura 61. Asistente de programación

- Para las configuraciones iniciales para el motor Suzuki se trabaja con un sensor MAP incorporado en la ECU. Observe figura 62

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: Aspirado TPS	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Aspirado MAP	Dente de sincronismo: 19
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 62. Configuração inicial – Modo de operação

- El número de cilindros del motor son 4. Ver figura 63.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 63. Configuração inicial – Numero de cilindros

- La edición de mapas es la más extensa con la finalidad de utilizar mayores celdas de programación. Ver figura 64.

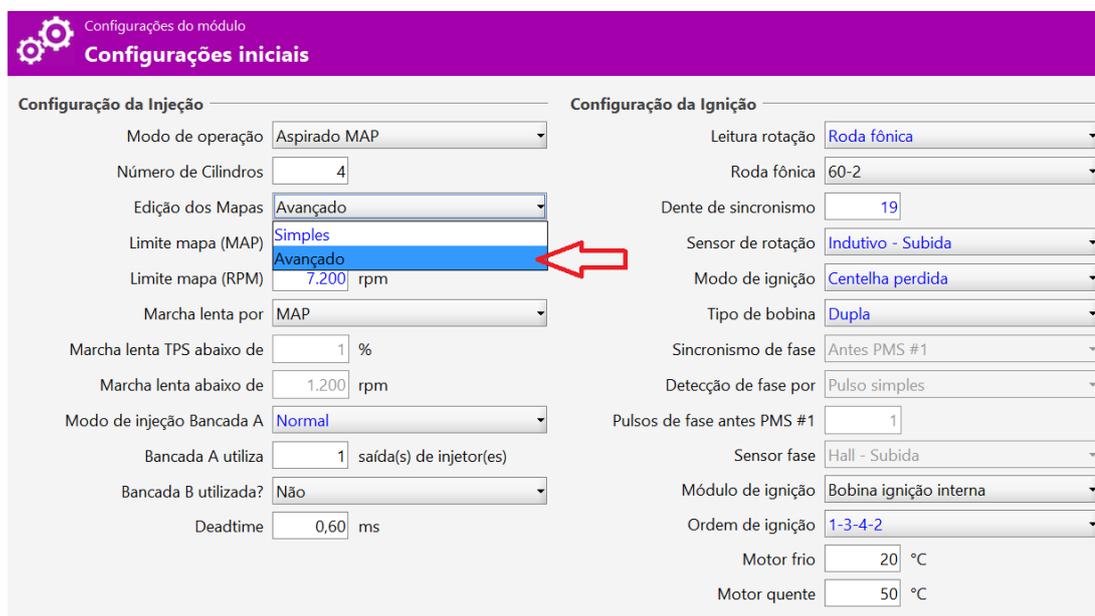


Figura 64. Configuração inicial – Edição de Mapas.

- El límite de mapa por sensor MAP es de 0,30 bar, y el límite de mapa por rotación RPM es a 7200 rpm por seguridad del motor. Ver figura 65.

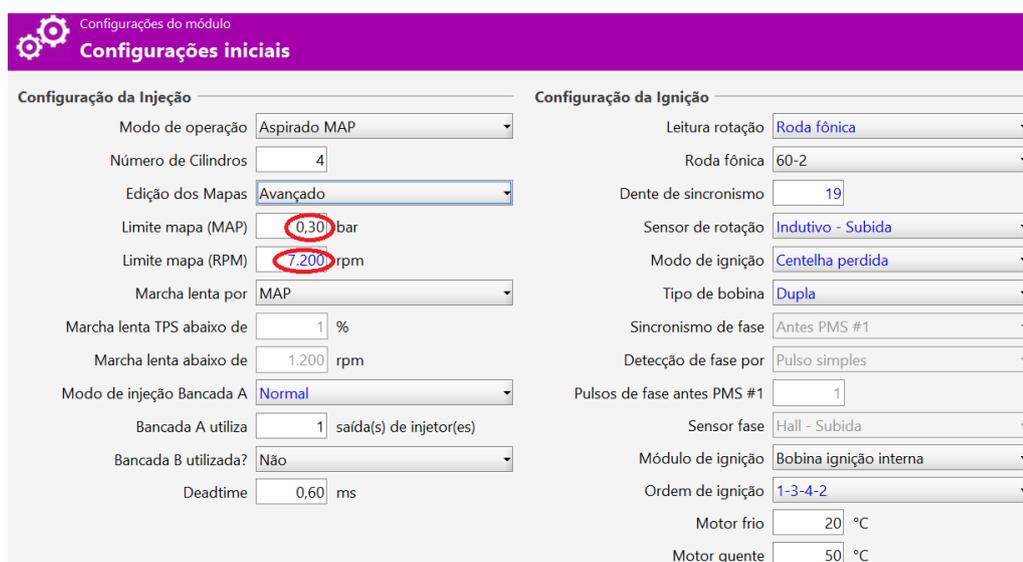


Figura 65. Configuração inicial – límite mapa (MAP) y (RPM)

- El control de marcha lenta se realiza por sensor MAP con la finalidad de brindar una mejor estabilidad de rpm a ralentí. Ver figura 66.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Límite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Límite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: MAP	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 66. Configuração inicial – Control de marcha lenta

- El modo de inyección de Bancada A es normal. Ver figura 67.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Límite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Límite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: Normal	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 67. Configuração inicial – Bancada A

- El modo de inyección de Bancada B no se utiliza. Ver figura 68.

Configurações do módulo

Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Límite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Límite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: Sim	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 68. Configuração inicial – Bancada A

- El tiempo de apertura de inyección es a 0,60 ms. Ver figura 69.

Configurações do módulo

Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Límite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Límite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 69. Configuração inicial – Tiempo de apertura de inyección

- Para la lectura de rotación del motor (rpm) se utiliza una rueda fónica. Ver figura 70.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção

Modo de operação: Aspirado MAP

Número de Cilindros: 4

Edição dos Mapas: Avançado

Limite mapa (MAP): 0,30 bar

Limite mapa (RPM): 7.200 rpm

Marcha lenta por: MAP

Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %

Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm

Modo de injeção Bancada A: Normal

Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)

Bancada B utilizada?: Não

Deadtime: 0,60 ms

Configuração da Ignição

Leitura rotação: Roda fónica

Roda fónica: Distribuidor
Roda fónica
Roda fónica + distribuidor

Dente de sincronismo: Indutivo - Subida

Sensor de rotação: Indutivo - Subida

Modo de ignição: Centelha perdida

Tipo de bobina: Dupla

Sincronismo de fase: Antes PMS #1

Deteção de fase por: Pulso simples

Pulsos de fase antes PMS #1: 1

Sensor fase: Hall - Subida

Módulo de ignição: Bobina ignição interna

Ordem de ignição: 1-3-4-2

Motor frio: 20 °C

Motor quente: 50 °C

Figura 70. Configuración inicial – Lectura de rotación

- El número de dientes de la rueda fónica es 60-2, por lo tanto, el diente de sincronismo es el número 19. Ver figura 71.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção

Modo de operação: Aspirado MAP

Número de Cilindros: 4

Edição dos Mapas: Avançado

Limite mapa (MAP): 0,30 bar

Limite mapa (RPM): 7.200 rpm

Marcha lenta por: MAP

Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %

Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm

Modo de injeção Bancada A: Normal

Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)

Bancada B utilizada?: Não

Deadtime: 0,60 ms

Configuração da Ignição

Leitura rotação: Roda fónica

Roda fónica: 60-2

Dente de sincronismo: 19

Sensor de rotação: Indutivo - Subida

Modo de ignição: Centelha perdida

Tipo de bobina: Dupla

Sincronismo de fase: Antes PMS #1

Deteção de fase por: Pulso simples

Pulsos de fase antes PMS #1: 1

Sensor fase: Hall - Subida

Módulo de ignição: Bobina ignição interna

Ordem de ignição: 1-3-4-2

Motor frio: 20 °C

Motor quente: 50 °C

Figura 71. Configuración inicial – Rueda fónica

- El sensor CKP utilizado es de tipo inductivo de un vehículo corsa, con filtro de campo magnético. Ver figura 72.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Descida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Indutivo - Subida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Hall - Descida
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Indutivo - Descida
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 72. Configuración inicial – Sensor de rotación

- El modo de ignición es de chispa perdida y el tipo de bobina es doble del vehículo corsa. Ver figura 73.

Configurações do módulo
Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: 20 °C
	Motor quente: 50 °C

Figura 73. Configuraciones iniciales – Modo de ignición y tipo de bobina a utilizar

- El módulo de ignición es de bobina interna. Ver figura 74.

Configurações do módulo

Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 19
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Subida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: Bobina ignição interna
	Motor frio: Power Spark
	Motor quente: MSD
	Motor quente: 50 °C

Figura 74. Configurações iniciais – Módulo de ignição

- El orden de encendido del motor Suzuki acorde a la ficha técnica es de 1-3-4-2. Ver figura 75.

Configurações do módulo

Configurações iniciais

Configuração da Injeção	Configuração da Ignição
Modo de operação: Aspirado MAP	Leitura rotação: Roda fônica
Número de Cilindros: 4	Roda fônica: 60-2
Edição dos Mapas: Avançado	Dente de sincronismo: 15
Limite mapa (MAP): 0,30 bar	Sensor de rotação: Indutivo - Descida
Limite mapa (RPM): 7.200 rpm	Modo de ignição: Centelha perdida
Marcha lenta por: MAP	Tipo de bobina: Dupla
Marcha lenta TPS abaixo de: 1 %	Sincronismo de fase: Antes PMS #1
Marcha lenta abaixo de: 1.200 rpm	Deteção de fase por: Pulso simples
Modo de injeção Bancada A: Normal	Pulsos de fase antes PMS #1: 1
Bancada A utiliza: 1 saída(s) de injetor(es)	Sensor fase: Hall - Subida
Bancada B utilizada?: Não	Módulo de ignição: Bobina ignição interna
Deadtime: 0,60 ms	Ordem de ignição: 1-3-4-2
	Motor frio: Não configurada
	Motor quente: 1-3-4-2
	Motor quente: 1-4-3-2
	Motor quente: 1-3-2-4
	Motor quente: 1-2-4-3

Figura 75. Configurações iniciais – Orden de encendido

- Para la programación el motor se considera frío a 20 grados centígrados y a partir de este valor se considera un rango estable de operación hasta un valor de 50 grados centígrados. Luego de todo este proceso se da clic en aceptar. Ver figura 76.

Figura 76. Configuraciones iniciales – Temperaturas de operación del motor

- Finalizado los parámetros en configuraciones iniciales se procede a Generar mapa básico. Ver figura 77.

Figura 77. Asistente de programación – Generar mapa básico

- Para la configuración de mapa básico se coloca parámetros en la compresión acorde al fabricante del motor Suzuki 1300 cuya relación de compresión es de 9:1. Ver figura 78.

Taxa de compressão do motor	Média: de 9 a 11
Comando de válvulas	Alta: acima de 11 Média: de 9 a 11 Baixa: abaixo de 9
Vazão dos injetores da bancada A	Média: de 60 lb/h a 120 lb/h
Combustível utilizado	Etanol

Figura 78. Generar mapa básico – Tasa de compresión del motor.

- El comando de válvulas del Suzuki 1300 es original ya que no cuenta con un sistema VVTi o el uso de levas de competencia. Ver figura 79.

Taxa de compressão do motor	Média: de 9 a 11
Comando de válvulas	Alta performance Alta performance Original
Vazão dos injetores da bancada A	Original
Combustível utilizado	Etanol

Figura 79. Generar mapa básico – Comando de válvulas

- La capacidad de caudal de los inyectores del cuerpo de aceleración hayabusa consta de 60 a 120 lb/h. Ver figura 80.

Taxa de compressão do motor	Média: de 9 a 11
Comando de válvulas	Alta performance
Vazão dos injetores da bancada A	Média: de 60 lb/h a 120 lb/h
Combustível utilizado	Média: de 60 lb/h a 120 lb/h Alta: acima de 120 lb/h Baixa: abaixo de 60 lb/h

Figura 80. Generar mapa básico – Capacidad de caudal de los inyectores

- EL tipo de combustible usado es extra de 87 octanos. Ver figura 81.

Taxa de compressão do motor	Média: de 9 a 11
Comando de válvulas	Alta performance
Vazão dos injetores da bancada A	Média: de 60 lb/h a 120 lb/h
Combustível utilizado	Gasolina Gasolina Etanol Metanol

Figura 81. Generar mapa básico – Combustible a utilizar

- Al finalizar los ajustes se calibra el sensor TPS y sensor MAP. Para el sensor TPS se sigue las instrucciones del software, como pisar a fondo el acelerador, y soltar el acelerador.
- La calibración MAP el barómetro incorporado se actualiza a la presión atmosférica en el que se encuentra el vehículo.
- La calibración de la ignición está en el diente número 19 de la rueda fónica anteriormente mencionada, el ajuste de afino es de dos grados para compensar la posición del CKP.

4.6 Control de inyección

Para calibraciones de inyección se rectifica la curva según las necesidades del conductor en este caso los investigadores solicitan prestaciones de alto rendimiento ya que en campeonatos de automovilismo es necesaria una mayor potencia a altas revoluciones (rpm).

El tiempo de inyección (ms) se corrige a la variación de presión de admisión (bar) que ocurre al cambiar de marcha. Ver figura 82.

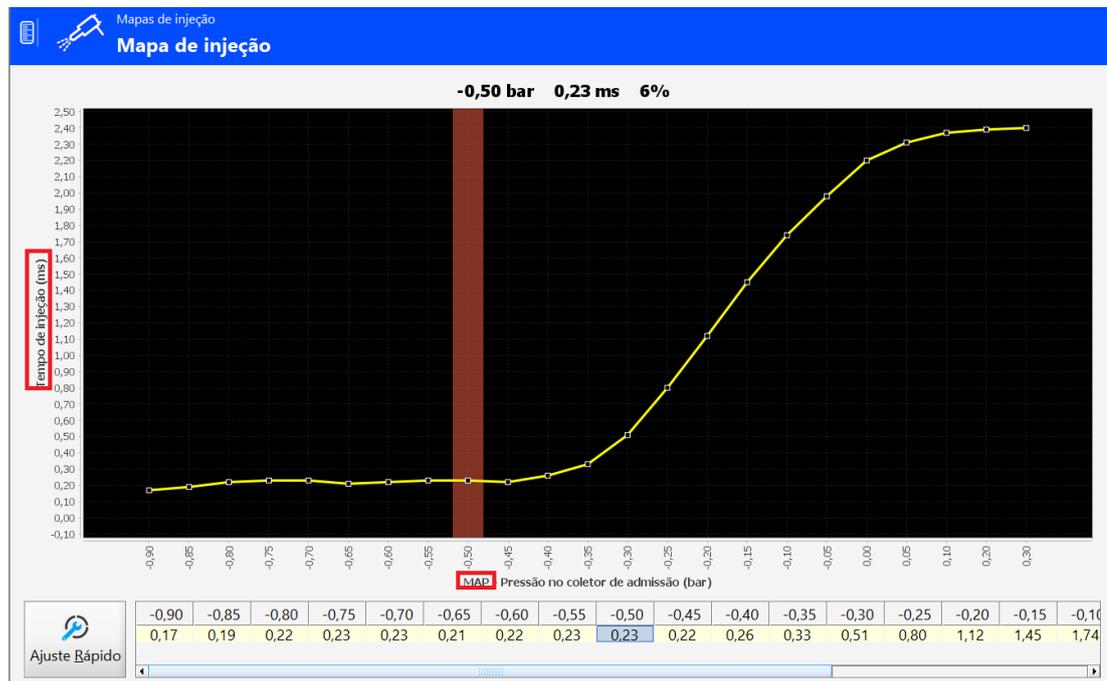


Figura 82. Corrección mapa de inyección

A bajas revoluciones donde el sensor MAP presenta lecturas de -0,50 bar a -0,65 bar, se modifica punto por punto con la finalidad de aumentar el combustible, este proceso afina al motor a ralentí. Ver figura 83.

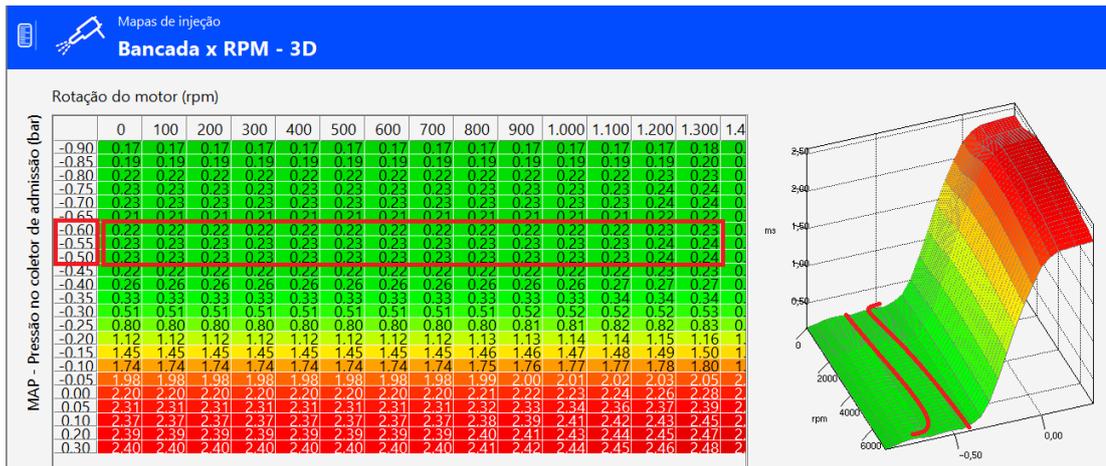


Figura 83. Mapa de inyección tridimensional – Afinado de motor a ralentí

Para altas revoluciones los niveles de economía de combustible será óptimo con la finalidad de una mayor potencia, esto se logra con una corrección de menos un 5% en toda la curva a partir de - 0,65 bar hasta - 0,90 bar. Ver figura 84.

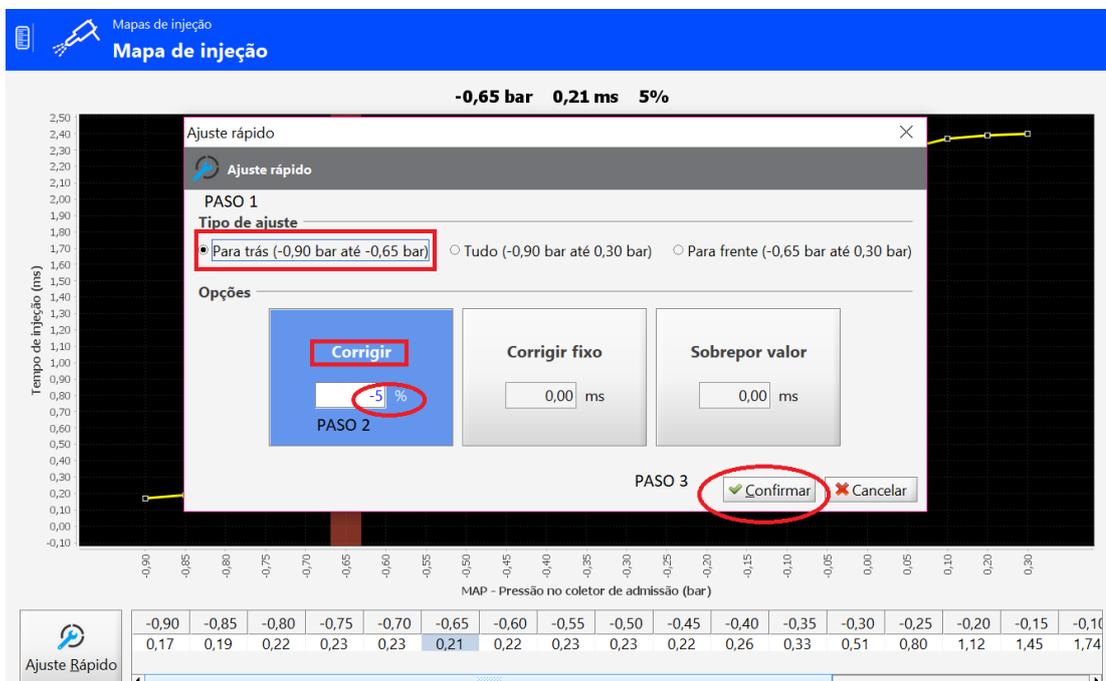


Figura 84. Mapa de inyección – Ajuste rápido a menos 5 %

El tipo de ajuste es de un 5% desde el lugar donde se parametrize con el cursor, el software nos muestra tres parámetros como modificar hacia atrás, toda la gráfica desde -0,90 bar hasta 0,30bar, y hacia el frente. Todo esto se varió respecto a las portaciones del motor acorde a la necesidad de los investigadores. Ver figura 85 y 86.

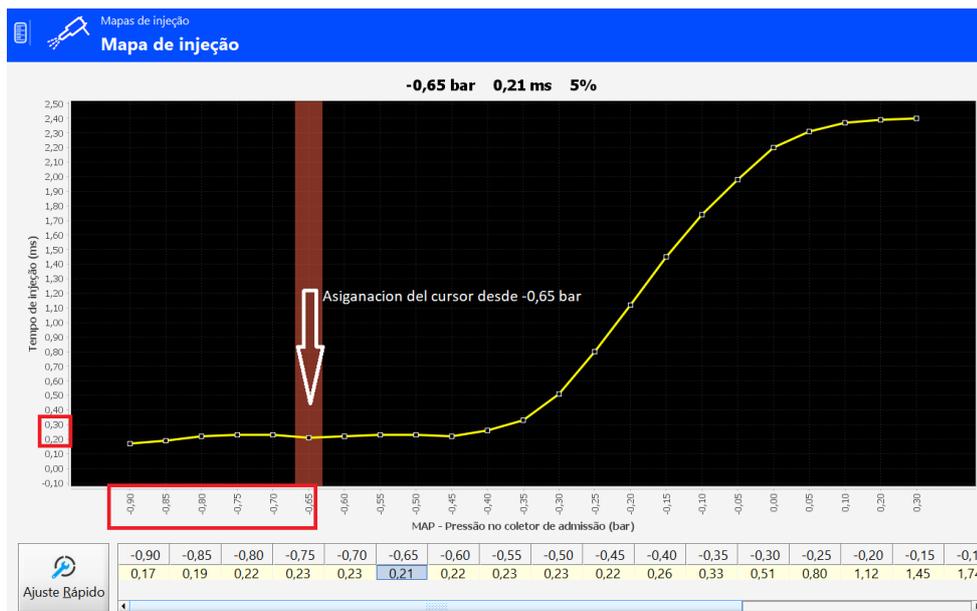


Figura 85. Mapa de inyección – Presión de admisión / Tiempo de inyección.

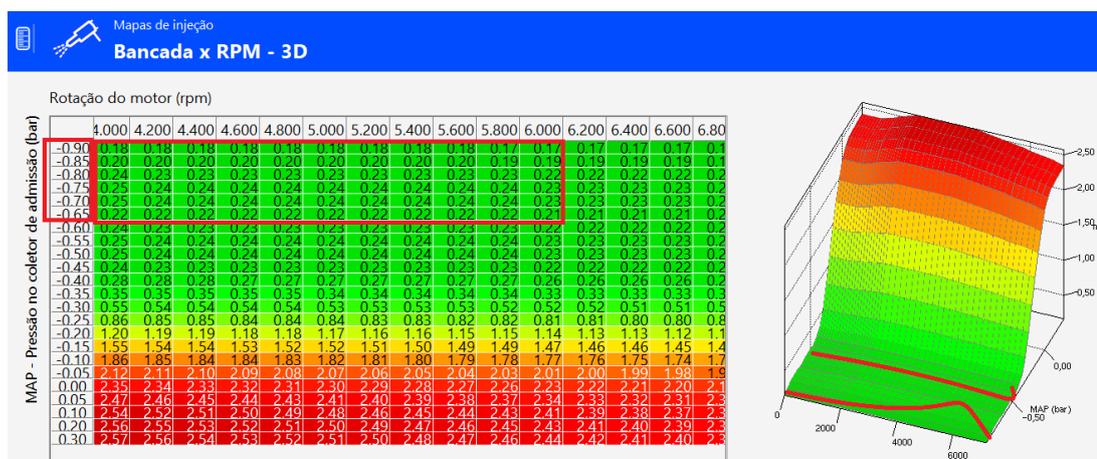


Figura 86. Mapa tridimensional - Corrección de combustible de un 5% a altas revoluciones

4.8 Opciones de encendido

Para la calibración a el avance de encendido, se realiza las correcciones de carga de la bobina con la finalidad que a partir de 1000 rpm se combustione mejor la gasolina.

Las modificaciones correspondientes a partir 1000 rpm se configura la carga de la bobina a 3,8 ms, y posteriormente a partir de 2000 rpm la carga de la bobina será de 3,9 ms. Ver figura 87.

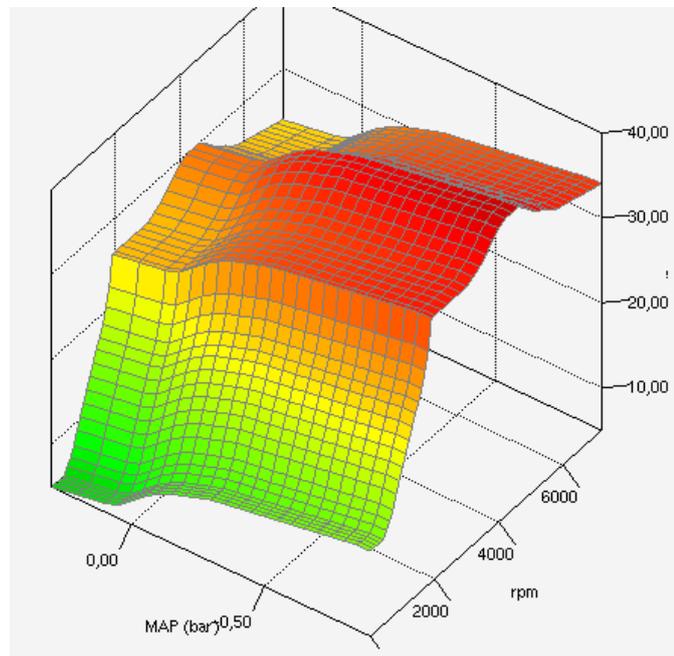


Figura 87. El avance de encendido por rotación para el motor Suzuki 1300

4.9 Protocolo de pruebas y calibración del motor Suzuki 1300

Las pruebas iniciales de torque y potencia se realizó en la ciudad de Latacunga en la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

El dinamómetro usado de marca MOTORROLL está ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, en el laboratorio de motores, se detalla una ficha técnica de las características del dinamómetro. Ver tabla 19.

Tabla 19.

Características del dinamómetro de rodillos

Características dinamómetro MOTORROLL	
Tipo de dinamómetro	Rodillos
Tipo de freno	Hidráulico de 260HP
Diámetro de rodillos	165 mm
Brazo de palanca	256 mm
Peso bruto	950 kg
Carga máxima sobre rodillos	5000 kg
Potencia máxima medible	260 hp
Velocidad máxima	160 km/h (6000 rpm)
Alcance de revoluciones	20000 rpm
Electrónica utilizada	Interfaz motorroll con conexión a pc.
Sensor de velocidad	Óptico
Alimentación eléctrica	220 v/ 30 / 85 Hz

Fuente: (MOTORROLL, 2017)

Las pruebas en el dinamómetro son acordes a la normativa SAE J1349, realizando las inspecciones al vehículo como:

- Verificar la inexistencia de fugas de combustible en regulador de presión
- Verificar la inexistencia de fugas de en el sistema de refrigeración
- Verificar la presión en el sistema de lubricación
- Constatar una temperatura de funcionamiento del motor para pruebas de torque y potencia
- Problemas mecánicos en el sistema de trasmisión

Realizada la inspección del vehículo se procede a:

- Colocar el vehículo entre los rodillos del dinamómetro, teniendo en cuenta que exista una correcta alineación de los neumáticos para evitar descarrilamientos en cuanto esté en operación Ver figura 88.



Figura 88. Vehículo centrado en el banco dinamométrico

- Verificar que el volante y los neumáticos se encuentren correctamente alineados y colocar el extractor de gases en el escape
- Conectar el interfaz con los sensores que se hallan en el banco dinamométrico y la interfaz de comunicación con el computador. Ver figura 89.

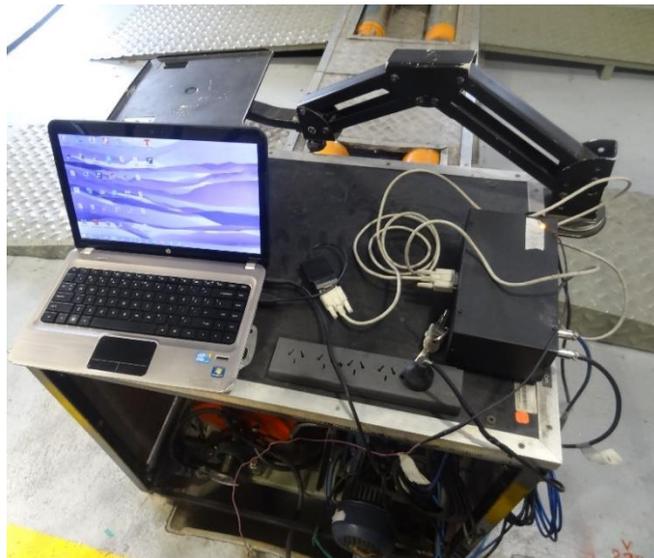


Figura 89. Conexiones del interfaz Motorola

- Verificar las instalaciones de la bomba de agua y seguidamente conectar a una fuente de 110 v con la finalidad de circular el agua al freno hidráulico. Ver figura 90 y 91.

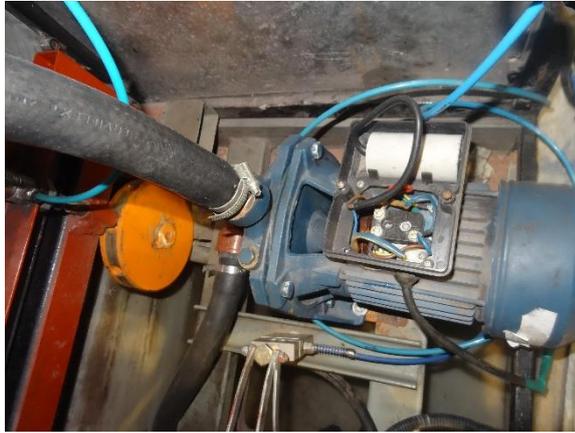


Figura 90. Verificación de conexiones de la bomba hidráulica



Figura 91. Verificación de circulación de agua en el freno hidráulico

- Ajustar el freno hidráulico con la ayuda de una perilla en sentido horario para coincidir los valores de torque y potencia acordes al fabricante Ver figura 92..



Figura 92. Aplicación de carga en el dinamómetro

- Para configurar el banco dinamométrico MOTORROLL se utiliza el software BLAHA con la ayuda de un computador. Ver figura 93.



Figura 93. Inspección de conexiones eléctricas y electrónicas

- Inicializar el programa instalado en el ordenador Ver figura 94.



Figura 94. Software BLAHA

- Ir a “Nueva tirada” para ingresar el nombre y número de prueba. Ver figura 95.

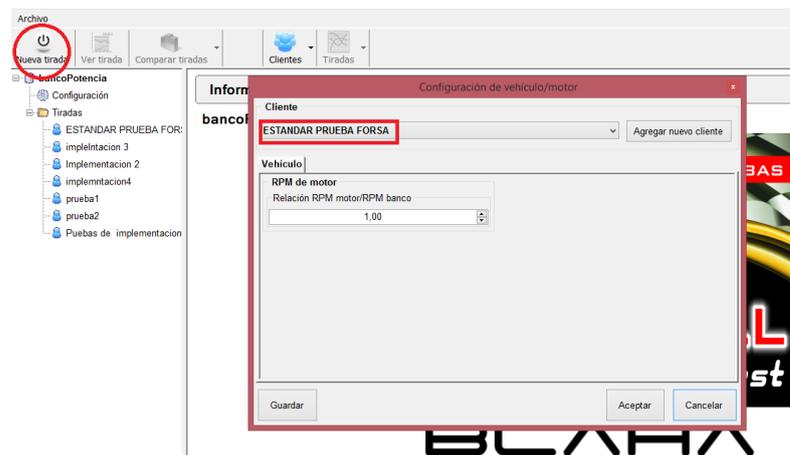


Figura 95. Configuraciones del cliente.

- En configuraciones se seleccionó el tipo de banco de prueba en este caso de rodillo, se ingresó el diámetro de rodillo acorde a las especificaciones técnicas del dinamómetro. Ver figura 96.

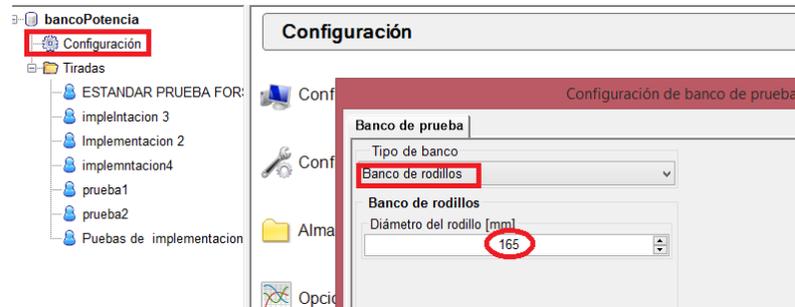


Figura 96. Configuraciones iniciales del software.

- En “Configuración de tirada” se seleccionó el método de medición dinamométrico además se configuró el inicio de tirada a 1200 rpm y el final de tirada a 5500 rpm. Ver figura 97.

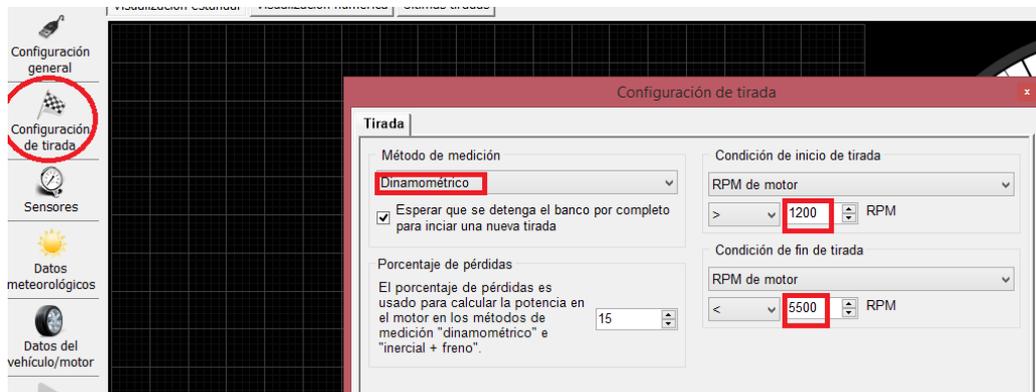


Figura 97. Configuraciones de tirada

- En la opción “Sensores” se procedió a calibrar los rpm del motor con los rpm del banco dinamométrico, el valor a calibra fue a 3000 rpm con un fondo de escala de 8000 rpm del banco. Ver figura 98.

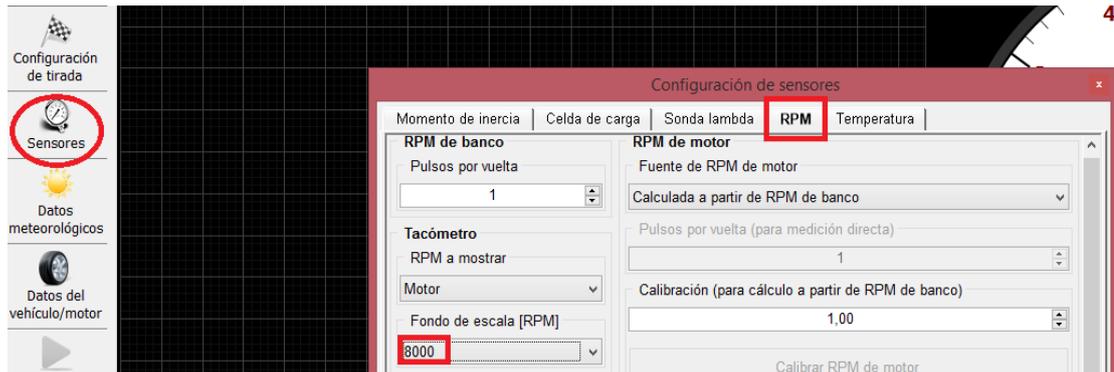


Figura 98. Configuración de sensores

- Realizar numerosas pruebas para una precisión cercana y precisa de valores de torque y potencia. Ver figura 99.

Fecha	Nombre de la tirada	Cliente
2017/06/13, 18:01hs	13062017_180116.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 18:01hs	13062017_180138.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 18:01hs	13062017_180159.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 18:00hs	13062017_180056.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:58hs	13062017_175801.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:56hs	13062017_175601.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:54hs	13062017_175457.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:53hs	13062017_175301.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:53hs	13062017_175332.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:52hs	13062017_175230.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:48hs	13062017_174811.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:48hs	13062017_174850.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:47hs	13062017_174740.xtir	Implementacion 2
2017/06/13, 17:46hs	13062017_174614.xtir	Implementacion 2

Figura 99. Cantidad de pruebas realizadas en el banco

- Observar los resultados del ensayo en el banco dinamométrico Ver figura 100.

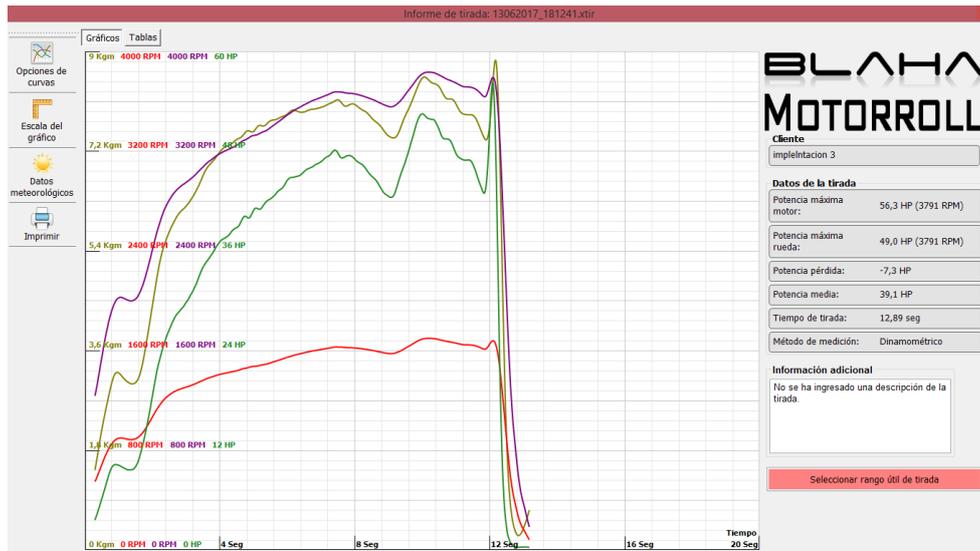


Figura 100. Informe de torque y potencia realizadas en el banco

4.10 Protocolo de análisis de escape

Para proceder a realizar las pruebas de análisis de gases se procede con los siguientes pasos:

- Se procede a encender el equipo a usar. Ver figura 101.



Figura 101. Encender equipo analizador de gases.

- Se coloca la sonda del analizador de gases en el escape. Ver figura 102.



Figura 102. Colocar la sonda del analizador de gases.

- Se enciende el vehículo y se coloca en neutro. Ver figura 103.



Figura 103. Vehículo en encendido

- En ralentí el analizador calibra automáticamente su sistema y envía los primeros datos obtenidos CO, CO₂, HC, y O₂. Ver figura 104.



Figura 104. Datos obtenidos del analizador de gases

- Se procede a imprimir los datos obtenidos. Ver figura 105.



Figura 105. Impresión de los análisis de gases

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis comparativo de rendimiento.

Finalizado los protocolos de pruebas dinamométricas, y protocolo de pruebas en análisis de gases, los investigadores analizaron los valores obtenidos, para su respectiva comparación por porcentajes de variación al implementar el sistema de estrangulación independiente ITB.

5.2 Potencia

En la tabla 20 se muestra los valores obtenidos de cada prueba dinamométrica en condiciones estándar del motor Suzuki 1300, en el cual posteriormente se efectuó un promedio de estas. Ver figura 106 y 107.

Tabla 20.

Pruebas de potencia del motor Suzuki 1300 estándar

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Promedio	
RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	Potencia [HP]	Potencia [KW]
1373	5,1	938	2,4	1541	6,8	4,77	33,55
3108	45,5	3089	44,0	2707	36,0	41,83	31,20
3262	54,4	3254	53,3	3068	48,6	52,10	38,85
3224	55,8	3228	54,2	3107	51,9	53,97	40,24
3219	55,6	3176	53,6	3095	52,0	53,73	40,07
3155	55,2	3072	52,5	3077	52,3	53,33	39,77
3142	55,2	3060	51,7	3074	52,6	53,17	39,65
3124	54,8	3008	51,0	3075	53,1	52,97	39,50
3101	54,1	2961	48,8	3068	52,9	51,93	38,73
3081	54,0	2890	45,3	3051	52,7	50,67	37,78
3067	53,5	2771	40,0	3045	52,6	48,70	36,32
3058	53,6	2973	49,8	3041	52,3	51,90	38,70

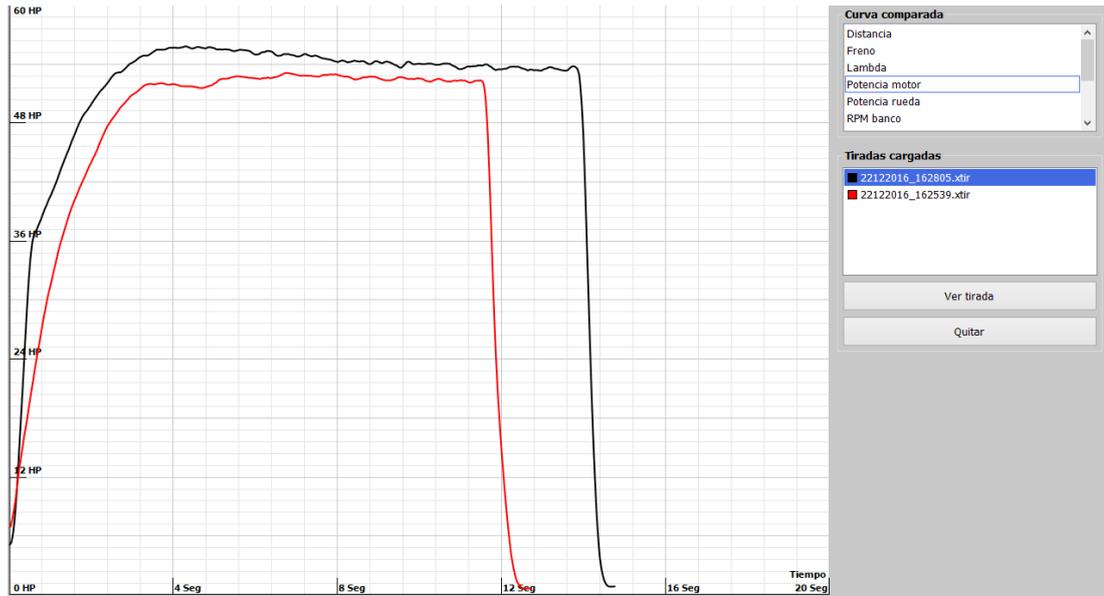


Figura 106. BLAHA MOTORROL – Curvas de potencia del vehículo estándar

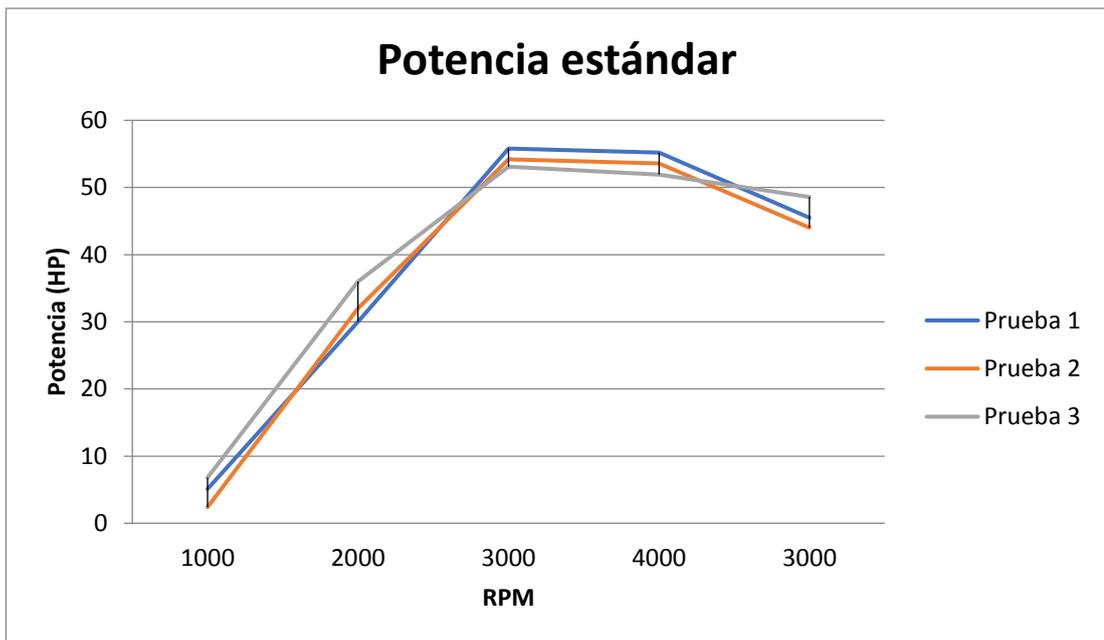


Figura 107. Curvas de potencia vs rpm del motor estándar con tres pruebas distintas.

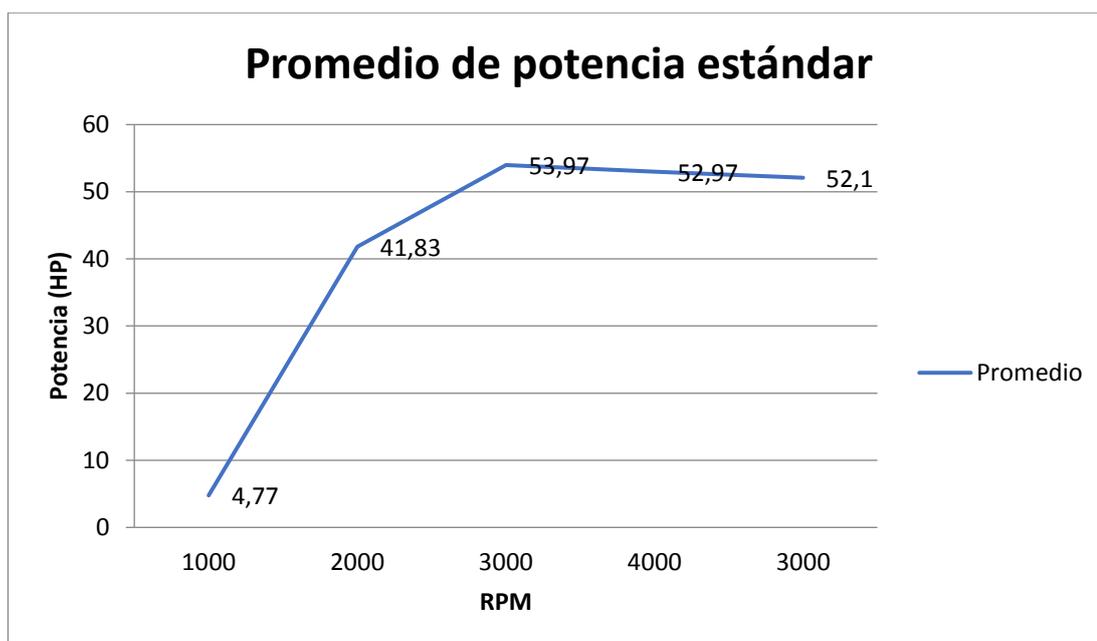


Figura 108. Curva promedio de potencia vs rpm del motor Suzuki 1300 estándar

En la tabla 21 se muestra los valores de potencia obtenidos luego de la implantación del sistema de estrangulación independiente ITB en el motor Suzuki 1300. Véase tabla 21 y figuras 109, 110 y 111.

Tabla 21.

Datos de potencia obtenidos del motor Suzuki 1300 implementado el sistema ITB

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Promedio	
RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	Potencia [HP]	Potencia [KW]
1308	2,1	1311	3,7	1659	3,7	3,17	2,36
2843	17,3	2655	22,8	3365	34,7	24,93	18,59
3143	22,6	3151	36,1	3943	41,0	33,23	24,78
3291	25,1	3548	45,5	3979	41,0	37,20	27,74
3505	30,2	3755	50,7	4087	43,2	41,37	30,85
3610	33,4	3862	53,0	4186	44,9	43,77	32,64
3783	37,8	3958	54,2	4243	46,0	46,00	34,30
3904	40,7	4073	59,4	4297	47,1	49,07	36,59
4531	72,3	4211	69,9	4724	73,0	71,73	53,49
4638	67,5	4229	65,4	4804	67,4	66,77	49,79
4650	66,0	4229	64,9	4807	64,4	65,10	48,55
4656	63,3	2294	10,4	4492	43,9	39,20	29,23

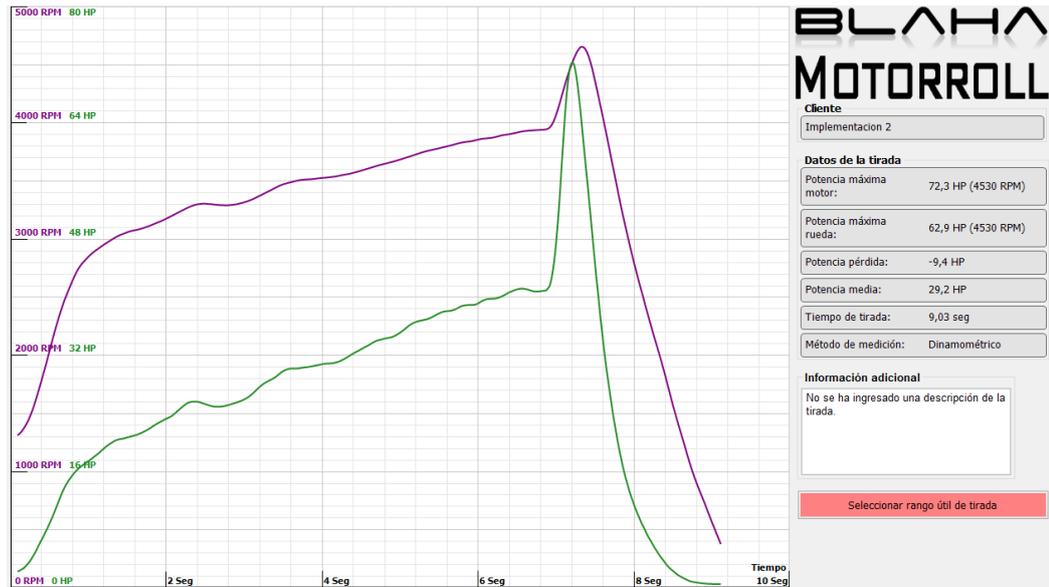


Figura 109. BLAHA MOTORROLL – Curvas de potencia del motor Suzuki 1300 implantado el sistema ITB

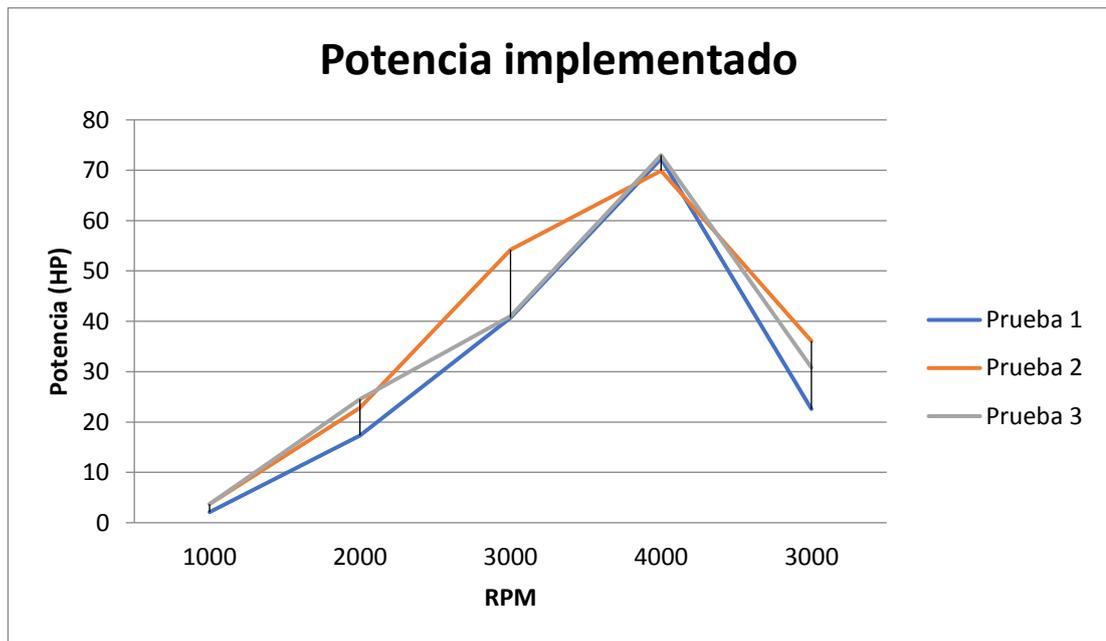


Figura 110. Curvas de potencia vs rpm del motor estándar con tres pruebas distintas.

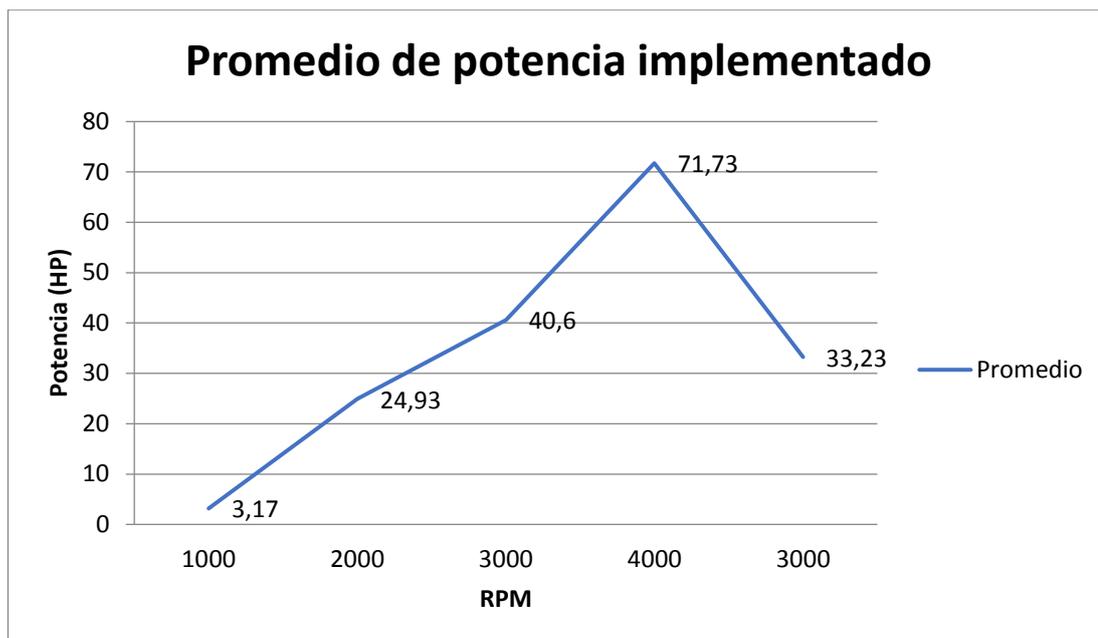


Figura 111. Curva promedio potencia vs rpm del motor implementado el sistema ITB

Los datos obtenidos de la prueba dinamométrica por potencia se muestran en la tabla 21, en el cual se refleja la ganancia de un 26,15% al implementar el sistema de estrangulación independiente ITB. Véase figura 112 y 113.

Tabla 22.

Porcentaje de ganancia en potencia al implementar el sistema ITB

	RPM Vehículo	Potencia Máxima (HP)
Estándar	3224	52,97
Pandoo	4724	71,73
Ganancia neta		18,76
Porcentaje de ganancia		26.15%

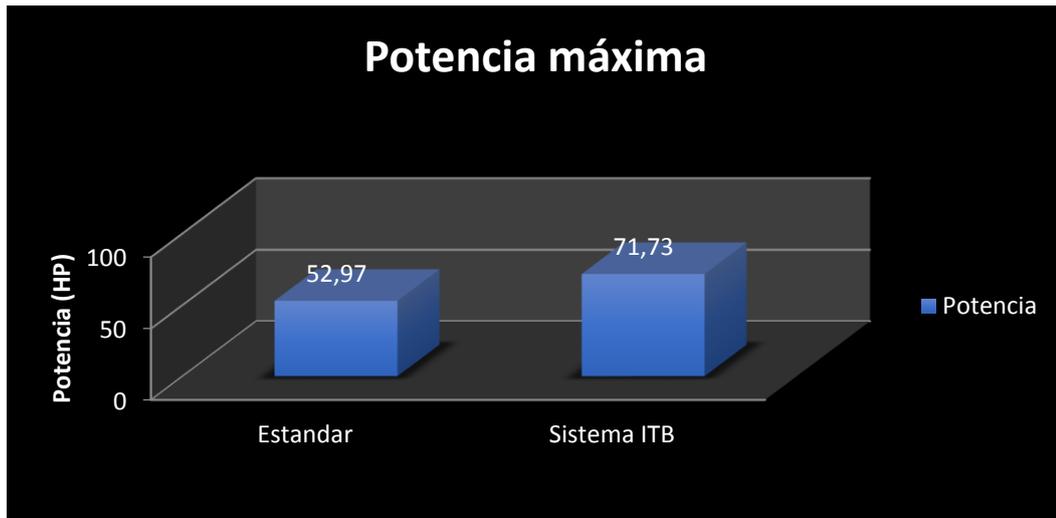


Figura 112. Resumen estadístico de potencias máximas

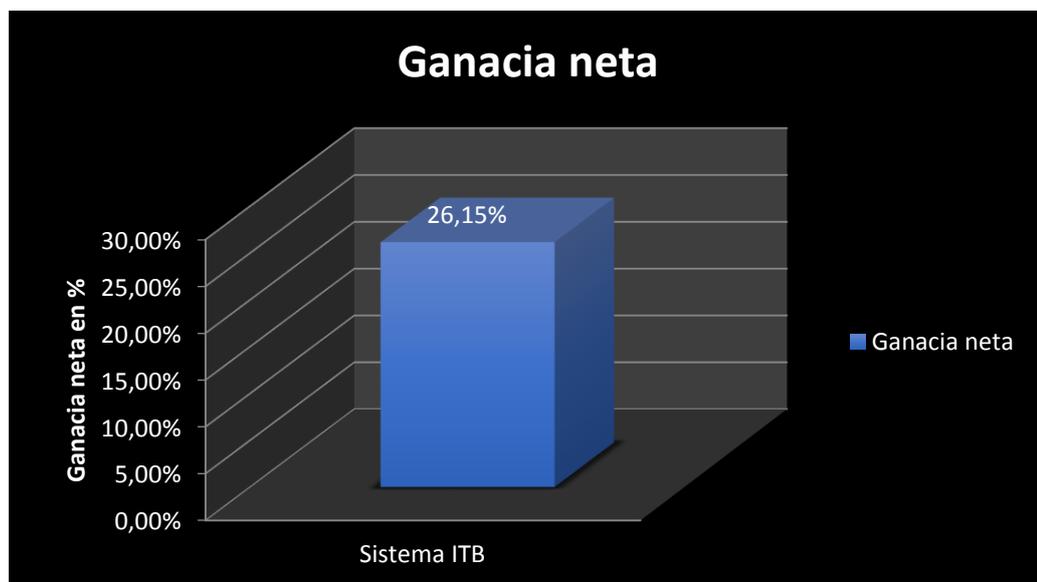


Figura 113. Porcentaje de ganancia neta

5.3 Torque

El torque que se obtuvo al motor estándar se tabula en la siguiente tabla 23. Ver figura 114, 115 y 116.

Tabla 23.

Pruebas de torque del motor Suzuki 1300 estándar

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Promedio	
RPM	Torque [kgm]	RPM	Torque [kgm]	RPM	Torque [kgm]	Torque [kgm]	Torque [Nm]
1373	2,11	938	1,14	1541	2,52	1,92	18,86
3108	8,31	3089	8,02	2707	7,43	7,92	77,67
3262	9,45	3254	9,39	3068	9,02	9,29	91,07
3224	9,53	3228	9,61	3107	9,54	9,56	93,75
3219	9,91	3176	9,69	3095	9,64	9,75	95,58
3155	9,93	3072	9,83	3077	9,71	9,82	96,33
3142	10,07	3060	9,74	3074	9,82	9,88	96,86
3124	10,10	3008	9,73	3075	9,89	9,91	97,15
3101	10,09	2961	9,48	3068	9,87	9,81	96,24
3081	10,02	2890	9,05	3051	9,91	9,66	94,73
3067	10,06	2771	8,35	3045	9,93	9,45	92,64
3058	10,07	2973	9,61	3041	9,90	9,86	96,69



Figura 114. BLAHA MOTORROLL – Curva de torque del motor Suzuki 1300 estándar

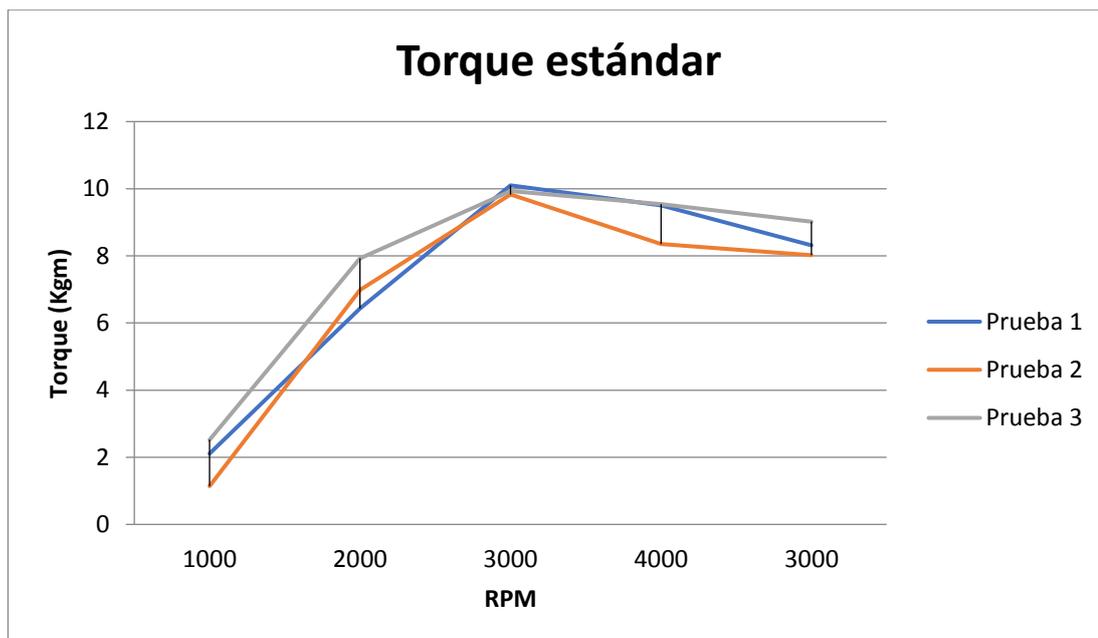


Figura 115. Curvas de torque vs rpm en el motor Suzuki 1300 estándar

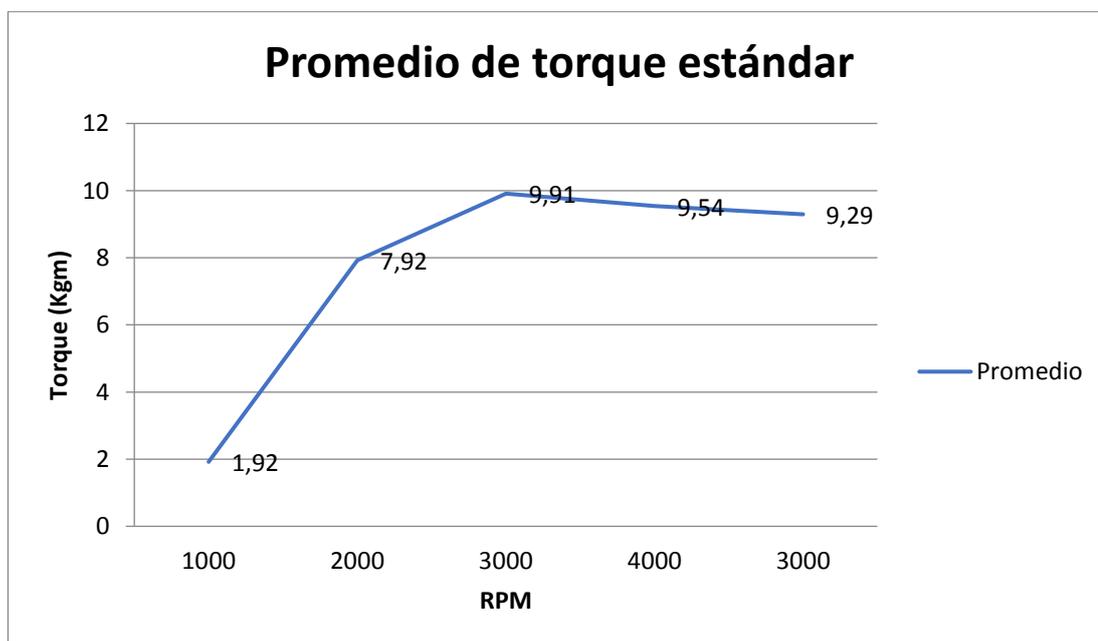


Figura 116. Curva promedio de torque vs rpm en el Suzuki 1300 estándar

Una vez implementado el proyecto al motor Suzuki 1300 se obtuvo los siguientes datos que se puede ver en la tabla 24 y en las figuras 117, 118, y 119.

Tabla 24.

Datos obtenidos del motor Suzuki 1300 implementado el sistema ITB.

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Promedio	
RPM	Torque [kgm]	RPM	Torque [kgm]	RPM	Torque [kgm]	Torque [kgm]	Torque [Nm]
1308	0,96	1311	1,43	1659	1,35	1,25	12,23
2843	3,58	2655	4,98	3365	5,67	4,74	46,52
3143	4,22	3151	6,81	3943	6,29	5,77	56,62
3291	4,54	3548	7,64	3979	6,16	6,11	59,95
3505	5,16	3755	8,04	4087	6,32	6,51	63,81
3610	5,48	3862	8,20	4186	6,42	6,70	65,70
3783	5,93	3958	8,20	4243	6,47	6,87	67,34
3904	6,18	4073	8,26	4297	6,56	7,00	68,65
4531	8,80	4211	9,24	4724	8,39	8,81	86,40
4638	9,29	4229	9,65	4804	8,96	9,30	91,20
4650	9,28	4229	9,65	4807	8,90	9,28	90,97
4656	9,17	2294	2,85	4492	7,06	6,36	62,37

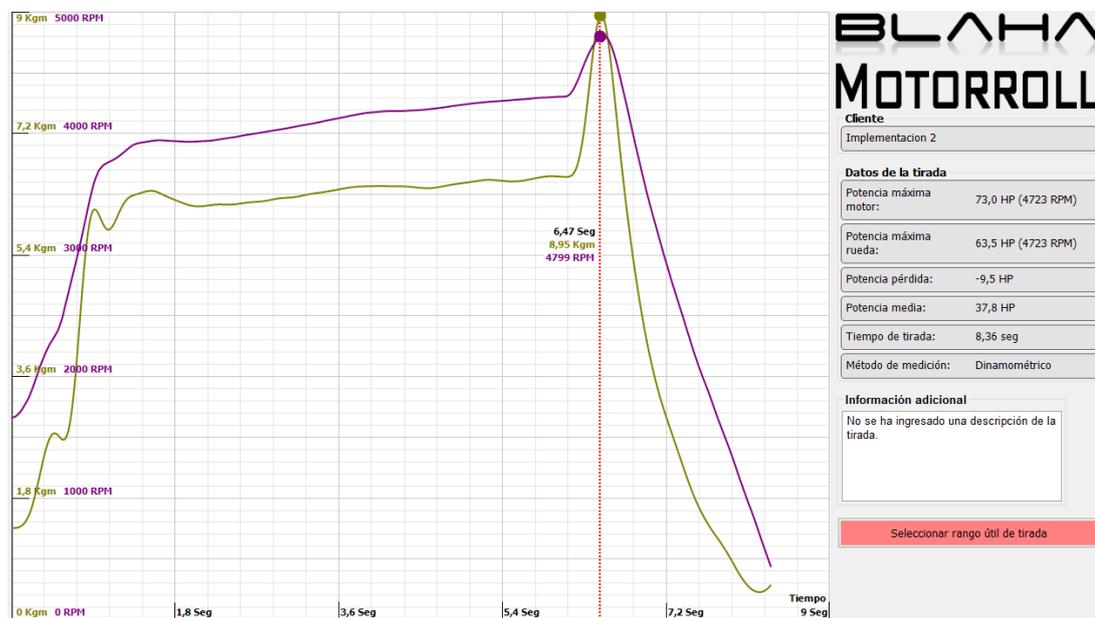


Figura 117. BLAHA MOTORROLL – Curvas de torque del motor Suzuki 1300 implantado el sistema ITB

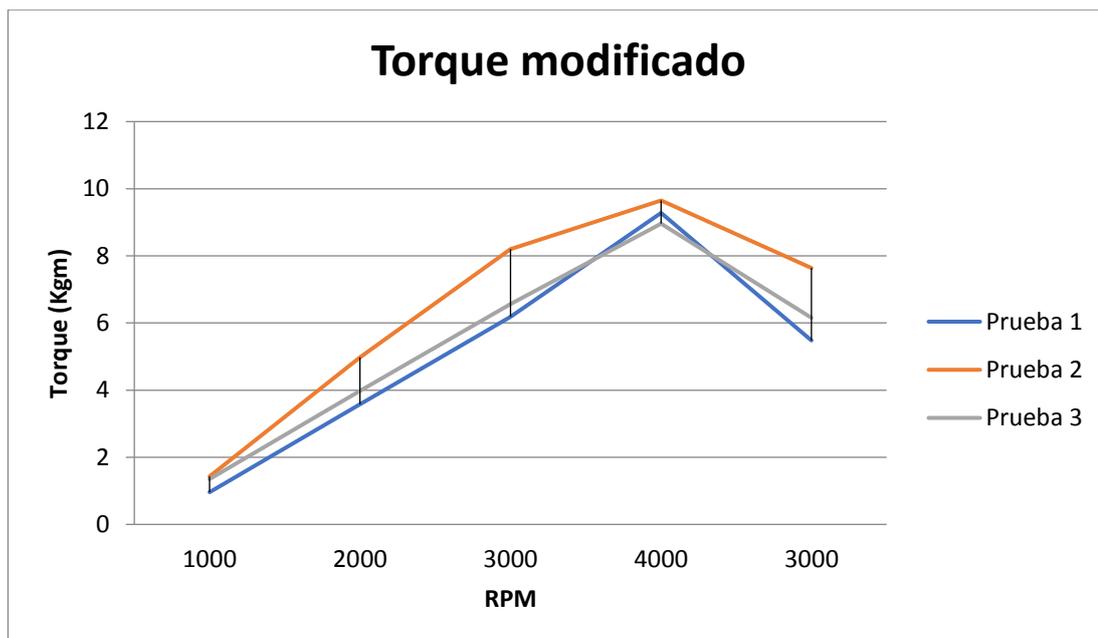


Figura 118. Curvas de torque vs rpm de tres pruebas en el Suzuki 1300 implementación

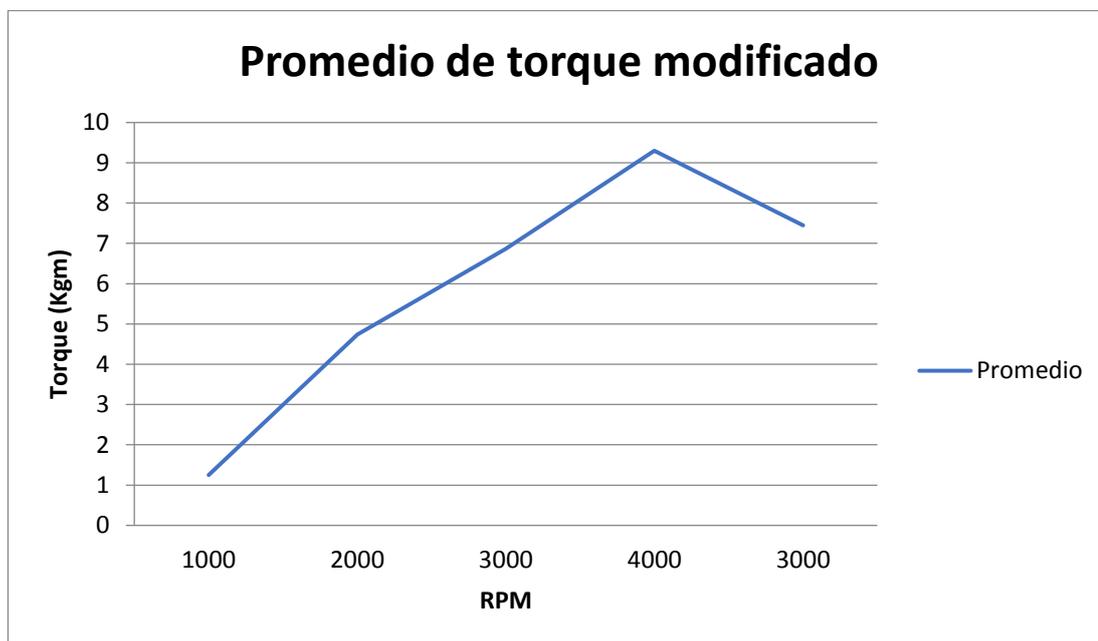


Figura 119. Curva promedio de torque vs rpm en motor Suzuki 1300 modificado

En la tabla 25 nos muestra las ganancias de torque del motor suzuki1300 en estándar y modificado. Ver figura 120.

Tabla 25.

Promedio de ganancias de torque.

	RPM Vehículo	Torque Máximo (kgm)
Estándar	3224	9,91
Pandoo	4724	9,3
Ganancia neta		0,61
Porcentaje de ganancia		6,15%

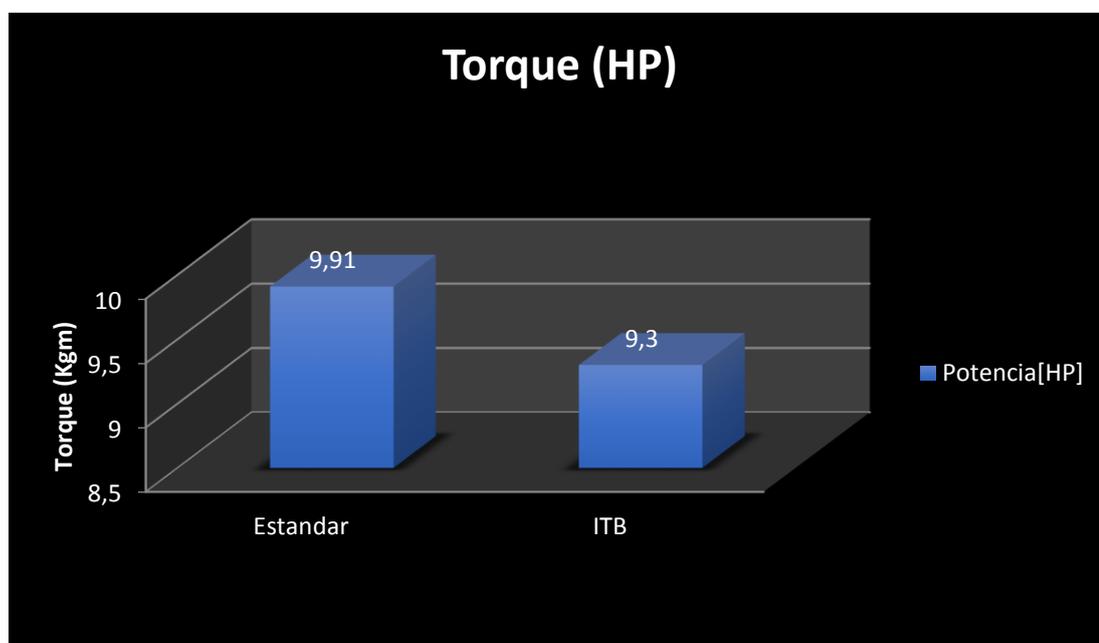


Figura 120. Resumen estadístico de torque

5.4 Consumo.

Para la prueba de consumo se realizó mediante una ruta que consiste de 10 km de ida y vuelta en total 20 km en asfalto con gradientes y curvas, esta ruta comprendió en la ciudad de Ambato desde el sector de la Manuelita Sáenz (Rompecorazones) hasta el sector de Aguajan.

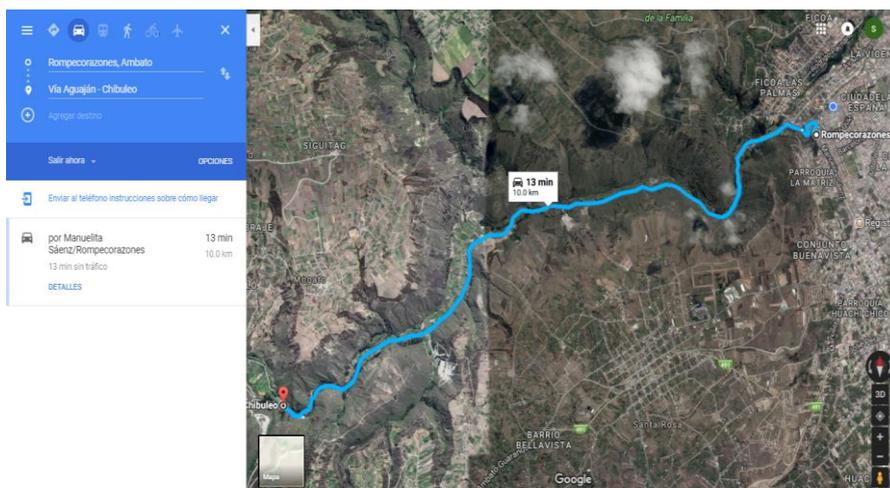


Figura 121. Hoja de ruta tomada para el consumo de combustible 20km de recorrido

Para proceder a realizar la prueba de consumo se llenó completamente el tanque de combustible y se realizó 3 veces el recorrido a distintas velocidades como son 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h, las cuales se regresó al mismo punto de inicio en la gasolinera y se procedía el llenado de nuevo, los datos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla siguiente:

Los datos obtenidos son con el vehículo estándar sin ninguna modificación, véase tabla 26

Tanque lleno: 6,219 Galones

1 galón = 3,785 Litros

Distancia recorrida = 20 km

Calcular Galones a Litros

$$\frac{1 \text{ Galon}}{0,402 \text{ Galon}} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{x} = \frac{0,402 \text{ Galon} \times 3,785 \text{ litros}}{1 \text{ Galon}} = 1,52 \text{ litros}$$

Tabla 26.

Análisis de consumo en motor estándar

Velocidad	Consumo (Galones)	Consumo (Litros)
60 km/h	0,402	1,52

CONTINUÁ



80 km/h	0,460	1,74
100 km/h	0,512	1,93

Con los valores transformados a litros se procede a calcular los kilómetros por litros del vehículo estándar con un promedio de consumo en litros de 1,73 a 20 km.

$$\frac{Distancia}{Consumo} = \frac{20 \text{ km}}{1,73 \text{ litros}} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{1 \text{ Galon}} = \frac{75,7 \text{ km}}{1,73 \text{ Galon}} = 43,75 \text{ km/Galon}$$

En esta prueba de consumo se realizó ya implementado el sistema ITB. Ver tabla 27.

Tanque lleno: 5,338 Galones

1 galón = 3,785 Litros

Distancia recorrida = 20 km

Calcular Galones a Litros

$$\frac{1 \text{ Galon}}{0,437 \text{ Galon}} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{x} = \frac{0,437 \text{ Galon} \times 3,785 \text{ litros}}{1 \text{ Galon}} = 1,65 \text{ litros}$$

Tabla 27.

Análisis de consumo en motor modificado

Velocidad	Consumo (Galones)	Consumo (Litros)
60 km/h	0,437	1,65
80 km/h	0,530	2,00
100 km/h	0,93	3,52

Con los valores transformados a litros se procede a calcular los kilómetros por litros del vehículo con un promedio de consumo en litros de 2,39 a 20 km. Véase figura 122.

$$\frac{Distancia}{Consumo} = \frac{20 \text{ km}}{2,39 \text{ litros}} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{1 \text{ Galon}} = \frac{75,7 \text{ km}}{2,39 \text{ Galon}} = 31,67 \text{ km/Galon}$$

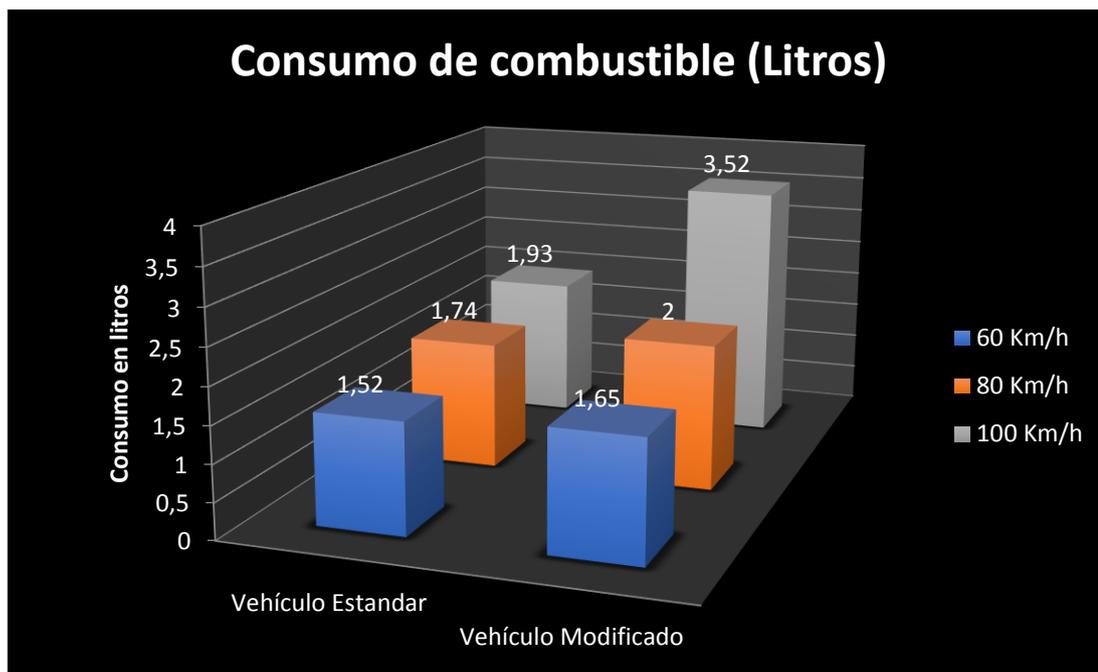


Figura 122. Comparación de consumo de combustible entre estándar vs modificado

5.3 Análisis de estudio en gases de escape.

Una vez que se realizó las pruebas respectivas en el analizador de gases se determina un incremento considerable de los factores que no muestra el equipo, entre el vehículo estándar con el vehículo ya modificado.

En la tabla siguiente se realizó un estudio comparativo de los gases para antes y después del haber implementado el proyecto. Véase figura 123.

Tabla 28.

Análisis de gases de escape en el motor estándar y modificado

Descripción	CO ₂ %	CO %	O ₂ %	HC (ppm)	Lambda
Vehículo Estándar	11,5	0,27	3,33	129	1,181
Vehículo Modificado	4,8	0,36	12,96	1867	-----

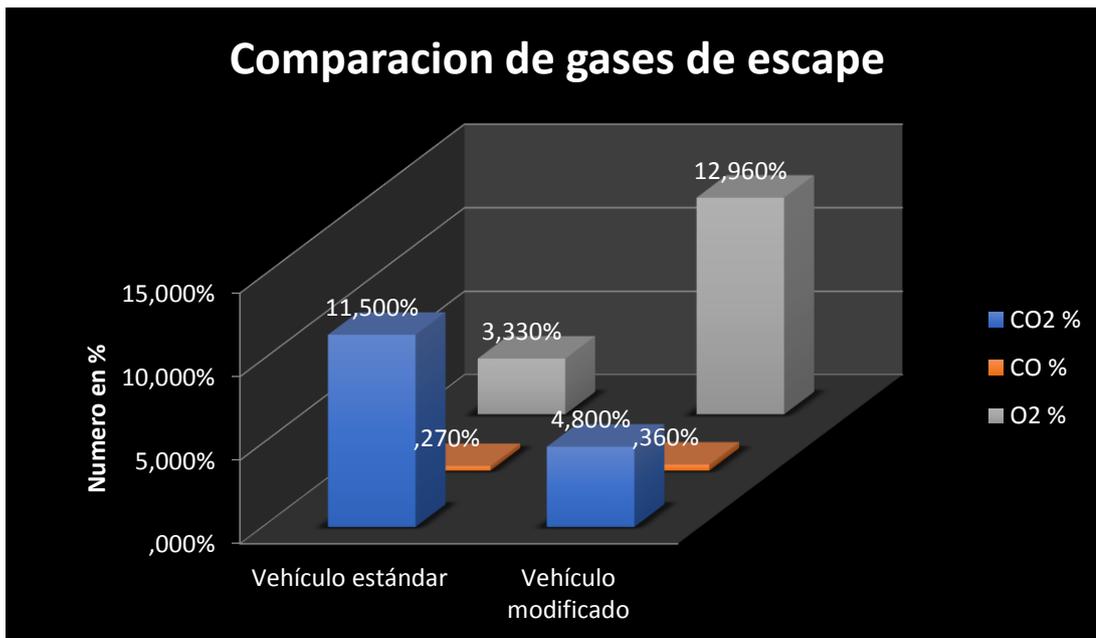


Figura 123. Comparación de gases de escape entre estándar y modificado

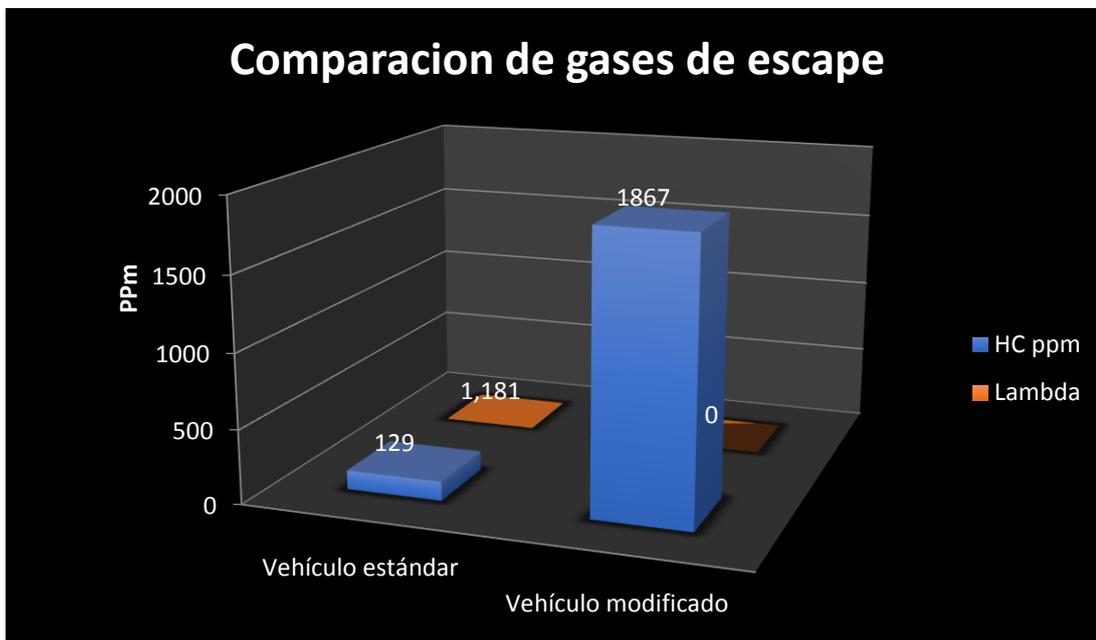


Figura 124. Comparación de gases de escape en ppm entre estándar y modificado

Se puede observar el incremento notable de cada uno de los elementos esto se debe a que existe mayor ingreso de combustible y mayor cantidad de ingreso de aire para mejorar el rendimiento del motor.

Cabe recalcar que esta clase de programación va hacer usada netamente para las competencias de trepada de montaña donde no se restringe ningún excesivo ingreso de gasolina ya que las competencias son por corto lapso de tiempo.

5.5 Matematización de cálculos mecánicos y térmicos.

Uno de los métodos que se utilizó para la mate matización fue la interpolación lineal para el conocimiento de coeficientes que se encuentran dentro de un conjunto discreto de puntos. Véase figura 124.

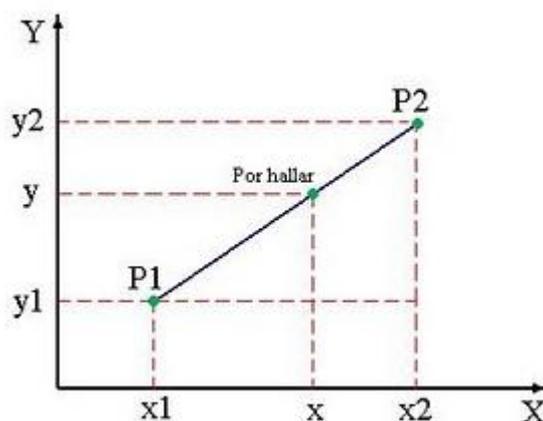


Figura 125. Interpolación lineal con semejanza de triángulos

$$y = y_1 + \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

Ecuación 47: Interpolación lineal

En la investigación Jójvaj S.,(1982), señala que “para motores de encendido por chispa en el eje X se tomara valores de 1000 a 3000 cm³, en el eje Y los valores de los coeficientes a hallar ”.

Los investigadores realizaron los analisis pertinentes con una cilindrada de 1298 cm³ del motor Suzuki 1300.

Presión de admisión

Para hallar la presión en ciclo de admisión se calculó lo siguiente:

Densidad de la carga de admisión (Kg/m³)

$$\rho_0 = \frac{P_0}{RT_0}$$

Ecuación 8

$$\rho_0 = \frac{0,73 * 10^5}{286,9 \frac{N * m}{Kg * ^\circ K} (296,15 ^\circ K)}$$

$$\rho_0 = 1,07 \frac{Kg}{m^3}$$

Velocidad del aire en la entrada del sistema de admisión (m/s)

En su investigación Jójvaj S.,(1982) expone que “Segun datos experimentales obtenidos al investigar motores de automovil, para la apertura completa de la valvula en el regimen nominal, la velocidad de movimiento de la carga en la seccion de paso es , $(\beta^2 + \xi) = “2,5.....4”$, y la velocidad de movimiento de la caraga es $wad = “50 ...130 m/s”$ determinados desde motores de 1000 a 3000 cc”(p.89).

$$wad = y_1 + \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$wad = 50 + \frac{(1298 - 1000)(130 - 50)}{(3000 - 1000)}$$

$$wad = 61,92 \frac{m}{s}$$

Coeficiente de amortiguación y resistencia del sistema de admisión

$$(\beta^2 + \xi) = 2,5 + \frac{(1298 - 1000)(4 - 2,5)}{(3000 - 1000)}$$

$$(\beta^2 + \xi) = 2,7235$$

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) \frac{wad^2}{2} (\rho_0) 10^{-6}$$

Ecuación 7

$$P_a = 0,073 \text{ MPa} - 2,7235 \frac{61,92^2}{2} (1,07) 10^{-6}$$

$$P_a = 0,067 \text{ MPa}$$

Temperatura en admisión

En su investigación Jójvaj S.,(1982) expone que “Segun datos experimentales obtenidos al investigar motores de automovil, el coeficiente de gases residuales es , $\gamma_r = “0,06\dots 0,1”$, y la temperatura de gases residuales es $T_r = “900 \dots 1000 \text{ } ^\circ\text{K}”$ determinados desde motores de 1000 a 3000 cc”(p.89).

Coeficiente de gases residuales

$$\gamma_r = 0,06 + \frac{(1298 - 1000)(0,01 - 0,06)}{(3000 - 1000)}$$

$$\gamma_r = 0,06596$$

Temperatura de los gases residuales. ($^\circ\text{K}$), se utilizó la ecuación 9

$$T_r = 900 + \frac{(1000 - 900)(0,01 - 0,06)}{(3000 - 1000)}$$

$$T_r = 914,9 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

$$T_a = \frac{296,15 \text{ } ^\circ\text{K} + 285,15 \text{ } ^\circ\text{K} + (0,06596)(914,9 \text{ } ^\circ\text{K})}{1 + 0,06596}$$

$$T_a = 345,69 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Presión de compresión

En su investigación Jójvaj S.,(1982) expone que “Segun datos experimentales obtenidos al investigar motores de automovil, el exponente polintropico medio de compresion es , $n_1 = “1,30.....1,37”$, el coeficiente polintropico de expansion $n_2 = “1,23.....1,30”$, y la temperatura de combustion en el ciclo de trabajo $T_z = “2300...2400 \text{ } ^\circ\text{K}”$ determinados desde motores de 1000 a 3000 cc”(pp.114-118).

Exponente poli trópico medio de compresión

$$n_1 = 1,30 + \frac{(1000 - 900)(1,37 - 1,30)}{(3000 - 1000)}$$

$$\mathbf{n_1 = 1,31043}$$

Para el cálculo de presión de compresión se utilizó la ecuación 10

$$P_C = P_a \epsilon^{n_1}$$

$$P_C = 0,067 \text{ MPa} (10)^{1,31043}$$

$$\mathbf{P_C = 1,37762 \text{ MPa}}$$

Temperatura en compresión

Para el cálculo de la temperatura de compresión se utilizó la ecuación 11

$$T_C = T_a \epsilon^{n_1 - 1}$$

$$T_C = 353,1562 \text{ } ^\circ\text{K} (10)^{1,31043 - 1}$$

$$\mathbf{T_C = 721,7667 \text{ } ^\circ\text{K}}$$

Temperatura en explosión

$$T_z = 2300 \text{ } ^\circ\text{K} + \frac{(1298 - 1000)(2400 \text{ } ^\circ\text{K} - 2300 \text{ } ^\circ\text{K})}{(3000 - 1000)}$$

$$\mathbf{T_z = 2314,9 \text{ } ^\circ\text{K}}$$

Presión en explosión

Coeficiente real de variación molecular se usó la ecuación 13

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Ecuación 13

$$\mu_r = \frac{1,08 + 0,06596}{1 + 0,06596}$$

$$\mu_r = 1,075$$

$$P_z = \mu_r \frac{T_z}{T_c} P_c$$

Para el cálculo de la presión de trabajo se utilizó la ecuación 12

$$P_z = 1,075 \frac{2314,9 \text{ } ^\circ K}{721,7667 \text{ } ^\circ K} 1,37762 \text{ MPa}$$

$$P_z = 4,763033 \text{ MPa}$$

Presión en escape

Para el cálculo de la presión de escape, se utilizó la ecuación 14

$$n_2 = 1,23 + \frac{(1000 - 900)(1,30 - 1,23)}{(3000 - 1000)}$$

$$n_2 = 1,24043$$

$$P_b = \frac{P_z}{\epsilon^{n_2}}$$

$$P_b = \frac{4,7630 \text{ MPa}}{(10)^{1,24043}}$$

$$P_b = 0,273813 \text{ MPa}$$

Temperatura en escape

Para el cálculo de la temperatura de escape, se utilizó la ecuación 15

$$T_b = \frac{T_z}{\epsilon^{n_2 - 1}}$$

$$T_b = \frac{2314,9 \text{ } ^\circ K}{(10)^{1,24043 - 1}}$$

$$T_b = 1330,768 \text{ } ^\circ K$$

Tabla 29.

Resumen de presiones y temperaturas

Presiones	Temperaturas
$P_a = 0,067 \text{ MPa}$	$T_a = 345,69 \text{ } ^\circ K$
$P_c = 1,37762 \text{ MPa}$	$T_c = 721,7667 \text{ } ^\circ K$
$P_z = 4,763033 \text{ MPa}$	$T_z = 2314,9 \text{ } ^\circ K$
$P_b = 0,273813 \text{ MPa}$	$T_b = 1330,768 \text{ } ^\circ K$

Para el análisis de fuerzas del pistón en el ciclo de trabajo se tomó un ángulo $\alpha = 55^\circ$ medido desde el PMS, y para hallar la presión de los gases en este punto se realizó, una interpolación de presiones entre el calor suministrado y el calor excedido.

Sección del pistón

$$Ap = \frac{\pi\theta^2}{4}$$

Ecuación 6

$$Ap = \frac{\pi(76,5 \text{ mm})^2}{4}$$

$$Ap = 0,00459635 \text{ m}^2$$

$$F_G = P_G * Ap$$

Ecuación 16

$$F_G = 3,3910 \text{ MPa} * 0,00459635 \text{ m}^2$$

$$F_G = 15586,466 \text{ N}$$

Fuerza de la biela

$$\lambda = \frac{r}{l}$$

Ecuación 19

$$\lambda = \frac{35,765 \text{ mm}}{119,82 \text{ mm}}$$

$$\lambda = 0,2984$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin \alpha^2}$$

Ecuación 18

$$\cos \beta = \sqrt{1 - 0,2984^2 \sin 55^2}$$

$$F_b = \frac{F_G}{\cos \beta}$$

Ecuación 17

$$F_b = \frac{15586,466 \text{ N}}{\sqrt{1 - 0,2984^2 \sin 55^2}}$$

$$F_b = 16074,368 \text{ N}$$

Fuerza radial

$$F_c = \frac{F_G \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Ecuación 21

$$F_c = \frac{21892,39 \text{ N} \cos(55 + 14,152)}{\cos 14,152}$$

$$F_c = 5720,5042 \text{ N}$$

Para realizar los cálculos de los parámetros técnicos de motor Suzuki 1300, acorde a la investigación de Quimbita A. & Wualichico W.,(2017), se tomaron los datos técnicos del combustible del cual el poder calorífico superior de la gasolina Extra es de 46201,779 KJ/Kg.

Potencia indicada

Para calcular la potencia indicada se utilizaron las ecuaciones 28,29 y 30. Ver tabla 30

Tabla 30.

Potencia indicada

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Presión medio indicado no redondeado ($p_{i nr}$)	P_o	0,073	MPa	$p_{i nr} = P_o \frac{\varepsilon^{n1}}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_c} \right) - \frac{1}{n1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$	1,207	MPa
	ε	10				
	T_a	345,69	°K			
	T_b	1330,76	°K			
	T_c	706,51	°K			
	T_z	2314,9	°K			
	$n1$	1,31				
	$n2$	1,24				
Presión media indicada (p_i)	$p_{i nr}$	1,1407	MPa	$p_i = p_{i nr} * \phi$	1,18	MPa
	ϕ	0,97				
	p_i	1,106	MPa			
Potencia indicada (N_i)	V_h	0,3263	l	$N_i = \frac{p_i V_h * n * i}{30 * \tau}$	60,26	kW
	n	4700	Rpm			
	i	4				
	τ	4				

Rendimiento mecánico

Se realiza el cálculo de rendimiento mecánico con el motor estándar y después implementado el sistema de estrangulación independiente. Ver tabla 31.

Tabla 31.

Rendimientos mecánicos

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Estándar	N_e	40,24	kW	$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$	66,77	%
	N_i	60,26	kW			
Implementado ITB	N_e	53,49	kW			
	N_i	60,26	kW			

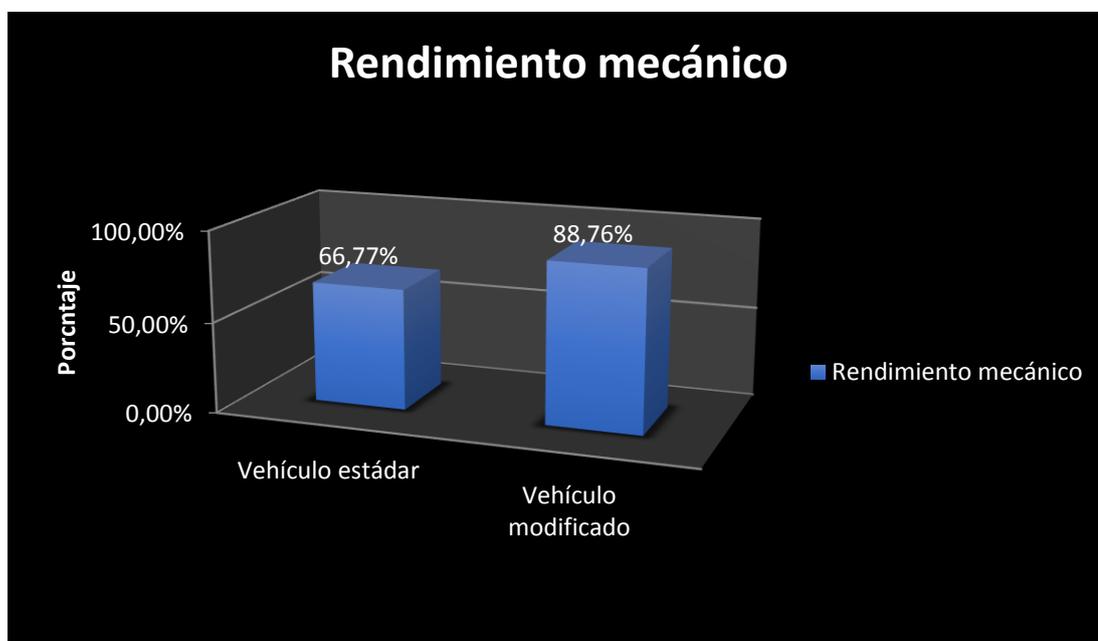


Figura 126. Porcentaje rendimiento mecánico

Rendimiento térmico

Para calcular el rendimiento térmico del motor Suzuki 1300 estándar e implementado se utilizaron la ecuación 1 y 25

Tabla 32.

Rendimientos térmicos

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Estándar	K	1,4		$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$	60,18	
	ε	10				
Implementado ITB	C_v	0,719	KJ/Kg $^{\circ}$ K	$\eta_t = 1 - \frac{C_v(T_b - T_a)}{C_v(T_z - T_c)}$	62,96	%
	T_a	345,69	$^{\circ}$ K			
	T_b	1330,76	$^{\circ}$ K			
	T_c	706,51	$^{\circ}$ K			
	T_z	2314,9	$^{\circ}$ K			

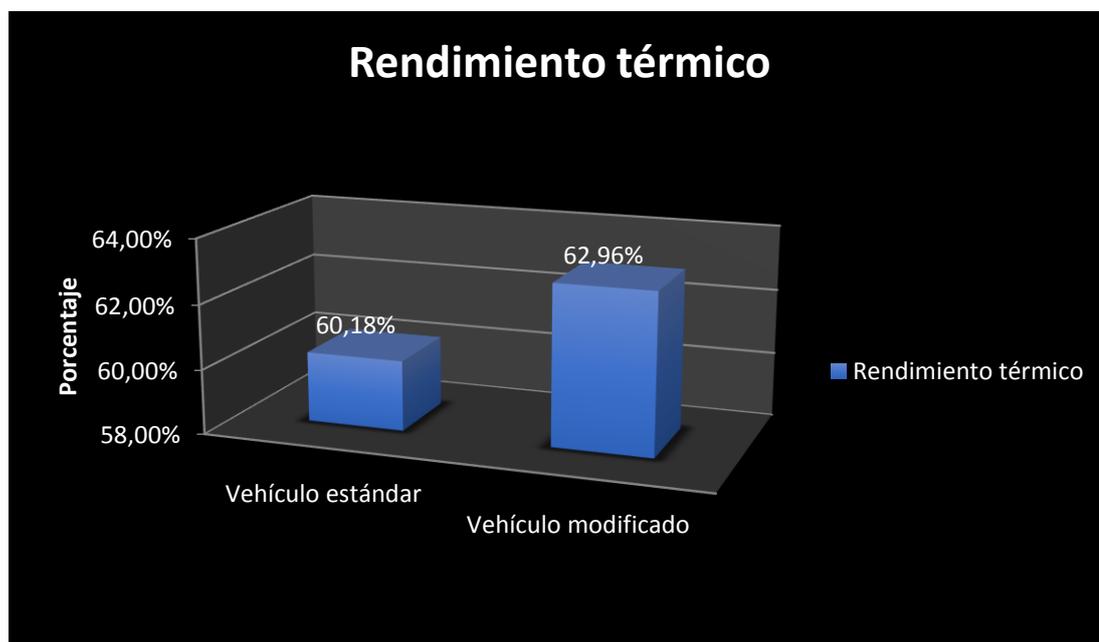


Figura 127. Porcentaje rendimiento térmico.

Rendimiento volumétrico

Para determinar la diferencia de rendimiento volumétrico se utilizó la ecuación 32.

Tabla 33.

Rendimientos volumétricos

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Estándar	\dot{m}_a	0,1535	Kg/s		51,55	
	n	53,66	Rps			
	VH	0,01298	M 3			
	ρ_0	0,8549	Kg/m 3			

CONTINÚA



	ξ	1		$\eta_v = \frac{\dot{m}_a}{\frac{n}{2} VH * \rho_0} \xi \quad \text{\%}$	
Implementado ITB	\dot{m}_a	0,2037	Kg/s		
	n	53,66	Rps		
	VH	0,01298	M ³		68,41
	ρ_0	0,8549	Kg/m ³		
	ξ	1			

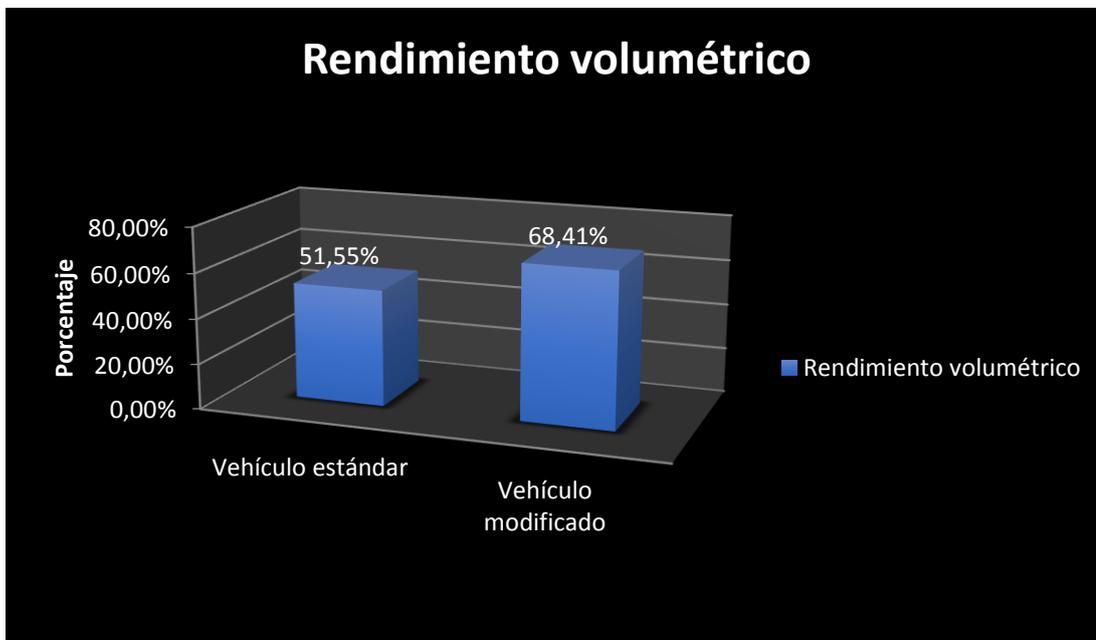


Figura 128. Porcentaje rendimiento volumétrico.

Tabla 34.

Porcentajes de rendimientos.

	Rendimiento mecánico	Rendimiento térmico	Rendimiento volumétrico
Estándar	66,77%	60,18%	51,55%
Modificado	88,76%	62,96%	68,41%
Porcentaje de ganancia	21,99%	2,78%	16,86%

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1 Recursos

Este capítulo permitirá un detallado financiamiento del proyecto de manera eficiente y organizada, con lo cual se analizará los siguientes recursos utilizados:

6.1.1 Recursos humanos

Para la investigación de empleo los siguientes recursos humanos:

Tabla 35.

Recursos humanos usados en el proyecto.

NOMBRES			
INVESTIGADORES:	David Escola Francisco Mora		Investigador Investigador
DIRECTOR DE PROYECTO:	Ing. Danilo Zambrano		Director de Proyecto
COLABORADORES CIENTÍFICOS:	Ing. Leonidas Quiroz		Colaborador análisis de gases y revisión proyecto de investigación
	Ing. Germán Erazo		Colaborador científico

6.1.2 Recursos Tecnológicos

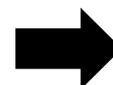
Para los recursos tecnológicos fueron utilizados los siguientes recursos:

Tabla 36.

Recursos tecnológicos usados en el proyecto.

Orden	Descripción	Cantidad
1	Software PANDOO	1 Unidad

CONTINÚA



2	Software Banco Potencia	1 Unidad
3	Software Dinamatic	1 Unidad
4	Software Analizador de Gases	1 Unidad

6.1.3 Recursos Materiales

Los recursos materiales utilizados se detallan a continuación:

Tabla 37.

Recursos materiales usados en el proyecto.

Orden	Descripción	Cantidad
1	Módulo De Control PANDOO (Fuel Injection)	1 Unidad
2	ITBS Hayabusa 1300 con TPS	1 Unidad
3	Múltiple de Admisión (Elaborado)	1 Unidad
4	Rueda Fónica 60-2 dientes Corsa (Elaborado)	1 Unidad
5	Sensor CKP Corsa	1 Unidad
6	Sensor HEGO Corsa	1 Unidad
7	Sensor IAC Corsa	1 Unidad
8	Sensor ECT Corsa	1 Unidad
9	Bobina de Encendido Corsa	1 Unidad
10	Mangueras De Gasolina 6mm	10 metros
11	Regulador de Presión de Gasolina	1 Unidad
12	Bomba Bosch De Gasolina 4 Bares	1 Unidad
13	Bujías de Iridio de 4 Electrodo Bosch	4 Unidades
14	Cables de Bujías	4 Unidades
15	Sistema de Escape (Header)	1 Unidad
16	Relés	4 Unidades
17	Cable N° 14	10 metros
18	Tape	3 Unidades

6.2 Análisis de costos del proyecto

En las siguientes tablas se detalla los costos de todos los materiales que se usaron para la implementación del proyecto.

6.2.1 Costo de recursos materiales.

Son los elementos que fueron usados en el proyecto, los cuales se detalla a continuación:

Tabla 38.

Recurso de materiales

Orden	Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)
1	Módulo De Control PANDOO (Fuel Inyection)	1 Unidad	1100
2	ITBS Hayabusa 1300 con TPS	1 Unidad	400
3	Múltiple de Admisión (Elaborado)	1 Unidad	110
4	Rueda Fónica 60-2 dientes Corsa (Elaborado)	1 Unidad	80
5	Sensor CKP Corsa	1 Unidad	32
6	Sensor HEGO Corsa	1 Unidad	60
7	Sensor IAC Corsa	1 Unidad	25
8	Sensor ECT Corsa	1 Unidad	20
9	Bobina de Encendido Corsa	1 Unidad	39
10	Mangueras De Gasolina 6mm	10 metros	20
11	Regulador de Presión de Gasolina	1 Unidad	40
12	Bomba Bosch De Gasolina 4 Bares	1 Unidad	65
13	Bujías de Iridio de 4 Electrodo Bosch	4 Unidades	25
14	Cables de Bujías	4 Unidades	20
15	Sistema de Escape (Header)	1 Unidad	200
16	Relés	4 Unidades	10
17	Cable N° 14	10 metros	10
18	Tape	3 Unidades	3
19	Base de sensor CKP	1 Unidad	20
TOTAL			2279

6.2.2 Costo de recursos humanos

El recurso humano fue un apoyo muy importante en conocimientos al elaborar el proyecto de investigación:

Tabla 39.

Costo de recursos humanos

Orden	Descripción	Costo (Dólares)
1	Renta de Espacio de Trabajo	400
2	Renta de Espacio Parte Eléctrica	130
3	Renta de Dinamómetro Dinamyca Competición	50
TOTAL		580

6.2.3 Costo de recursos movilización e insumos

Los recursos de movilización e insumos fueron gastos generados por la movilización a distintos lugares para la elaboración de pruebas:

Tabla 40.

Costo de recursos movilización e insumos

Orden	Descripción	Costo (Dólares)
1	Movilización Latacunga	20
2	Movilización Quito	30
3	Combustible	50
	TOTAL	100

6.2.4 Costo neto del proyecto

Según lo detallado en las tablas anteriores el costo neto del proyecto de investigación asciende en \$ 3009 detallados de acuerdo a cada recurso indicado.

Tabla 41.

Costo neto del proyecto

Orden	Descripción	Costo (USD)
1	Recursos materiales	2279
2	Recursos humanos	580
3	Recursos movilización e insumos	100
4	Imprevistos	50
	TOTAL	3009

6.2.5 Financiamiento

El financiamiento en su totalidad fue cubierto por los investigadores Carlos David Escola Viñan y Francisco Javier Mora Martínez en lo que es mano de obra, materiales, implementaciones, mano factura, y en lo antes detallado, con un valor total de proyecto de \$ 3009.

6.3 Propuesta de proyecto

El uso de un módulo programable para mejorar el rendimiento y aumentar la potencia y el torque del vehículo para uso en el ámbito de la competición (trepadas de montaña) o en vehículos de serie.

6.3.1 Desarrollo de la propuesta

Esta propuesta es usada para vehículos de uso en el ámbito deportivo automotriz (trepada de montaña), pero también puede ser usada para mejorar las prestaciones de los vehículos de serie.

Otro objetivo es mejorar un vehículo antiguo con una inyección electrónica lo cual puede ser un negocio rentable de acuerdo a las prestaciones que requiera el cliente.

6.3.2 Costo – Beneficio

En el proyecto realizado el beneficio se vio reflejado en el segundo año debido a la implementación de cada uno de los rubros para que el proyecto sea factible.

En la tabla siguiente se puede encontrar todos los ítems que son necesarios para la fabricación del proyecto, en los cuales intervienen la mana de obra, materiales e insumos, así como costos o gastos indirectos que forman parte de la producción:

Tabla 42.

Datos de costo indirecto

Valor neto del Proyecto	3009
CIF	10%
Costo Indirecto de Fabricación	300,9

De acuerdo con los datos de la tabla anterior se calcula la utilidad del proyecto para 5 años.

Tabla 43.**Utilidad obtenida con el proyecto.**

Años	Ingresos	Materia Prima	Mano Obra	Utilidad
1	2500	2279	730	-509
2	2900	2279	580	41
3	3100	2279	580	241
4	3300	2279	580	441
5	3300	2279	580	441
Total	15100	11395	3050	655

$$Utilidad = Ingreso - Materia Prima - Mano Obra$$

$$Utilidad 1 año = 2500 - 2279 - 730 = -509$$

$$Utilidad 2 año = 2900 - 2279 - 580 = 41$$

De acuerdo a los valores mostrados son en la creación y venta del producto, en la tabla se muestra una inversión para 5 años y que el primer año es de pérdida debido a que es el año de elaboración de proyecto, existen gastos como son los imprevisto y gastos en movilización para las pruebas realizadas, a partir del segundo año se observa las ganancias en el proyecto ya que se elimina completamente los gastos que ya no son parte del proyecto de titulación.

Tabla 44.**Ganancia anual con producción de 6 unidades**

Utilidad	655
Costos Indirectos de Fabricación	300,9
Ganancia Obtenida por unidad	354,1
Unidades Producidas Anual	6
Ganancia Anual	2124,6

$$Ganacia Obtenida x unidad = Utilidad - Gastos Indirectos de fabricacion$$

$$Ganancia Obtenida x unidad = 655 - 300,9 = 354,1$$

$$Ganancia Obtenida x 6unidad = 354,1 \times 6 = 2124,6$$

Cabe recalcar que para el cálculo de costo beneficio se tomó en cuenta solo un producto finalizado considerando que si existiera la posibilidad de la creación de dos o más productos aumentaría considerablemente el beneficio o la utilidad en nuestro caso se estima una producción de 6 proyectos en el año.

Además, a lo mencionado se consideró un crecimiento de 10% anual en los ingresos en el cual se cree el aumento del valor del producto en \$ 250 por año, los costos que se genera en la materia prima y mano de obra los considerados fijos, para su variación se toma como costos indirectos de fabricación.

Tabla 45.

Beneficio - costo del proyecto.

Ingresos	15100
Inversión total para 5 años	14445
Beneficio-Costo	1,0453

$$\text{Beneficio} - \text{Costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Inversión}}$$

$$\text{Beneficio} - \text{Costo} = \frac{15100}{14445} = 1,0453$$

Una vez realizada la proyección se obtuvo como resultado que el porcentaje de costo beneficio es de 1,0453, dando como resultado que el proyecto es factible para su realización en un tiempo ya antes dicho de 5 años.

CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo de investigación se concluye que:

- Se investigó en fuentes bibliográficas relevantes, como mejorar el rendimiento térmico y mecánico al implementar el sistema de estrangulación independiente ITB, que solo constan motos Hayabusa.
- Se modeló y diseñó un múltiple de admisión para el sistema de estrangulación independiente ITB, en el cual el rendimiento volumétrico del motor estándar de un 51,55 %, alcanzó un valor de 68,41% con el sistema implementado, el cual se considera muy eficiente en la investigación.
- Con la ayuda de un módulo de control programable, se configuró los mapas de inyección y de ignición, con el cual aumentó su potencia en un 26,15%, lo cual sobrepasó lo estimado por los investigadores.
- Una vez que se implementó el sistema ITB hubo un incremento de consumo de combustible el cual se analizó antes de la aplicación del sistema el consumo es de 43,73 Km/galón y que ya implementado el sistema el consumo es de 31,67 Km/galón con un 27,57% de incremento, esto se determinó mediante cierto tipo de velocidades como son 60, 80 y 100 Km/h en un recorrido que constaba de 20 km de distancia.
- Existió un incremento de emisión de gases de escape después de ampliar el sistema debido a que existe más ingreso de aire y combustible para mejorar la mezcla estequiométrica.
- Se implementó componentes electrónicos y mecánicos que en su gran mayoría fueron del vehículo Chevrolet corsa, ya que este fue una mejora del vehículo Suzuki Forsa en la gama hatchback.
- Se tabularon datos y se representaron gráficamente las curvas de torque y potencia.
- Al analizar la viabilidad del proyecto en términos económicos se concluyó que es rentable por ganancias de 354,1 por proyecto.

RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo de investigación se recomienda que:

- Actualizar el módulo de control con el último Firmware de programación Pandoo
- Verificar acorde la ficha técnica el orden de encendido del motor, de esta manera se puede evitar inconvenientes al momento de encenderlo.
- Revisar las conexiones de los sensores implementados, es de suma importancia que el sensor CKP se encuentre a 90° con la rueda fónica ya que este controla el encendido del vehículo, se debe visualizar sus valores de medición en el cuadró de dialogo del software.
- Investigar los ángulos de avance de encendido, con la finalidad de prolongar la vida útil del motor, y así evitar fisuras en cojinetes de bancada y roturas en el block.
- Realizar correcciones punto por punto en el mapa de inyección acorde a la posición del pedal del acelerador, ya que esto rige las cargas del motor al realizar un cambio de marcha.
- Realizar correcciones de ajuste rápido desde un punto determinado solo en porcentajes, ya sean hacía delante o hacia tras del punto a corregir, esto puede ayudar al reducir o aumentar el consumo de combustible ya que el módulo permite manejar la inyección y el ancho de pulso de los inyectores.
- Verificar que los componentes mecánicos y electrónicos del dinamómetro se encuentren en excelentes condiciones para realizar las pruebas de torque y potencia.
- Gracias a los avances tecnológicos para una mejor ergonomía de programación se podría utilizar la telemetría, con el cual el conductor daría el máximo potencial de conducción, y todas las lecturas que envía los componentes electrónicos del motor se ajustarían desde los pits.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACTUALIDAD MOTOR* . (19 de Septiembre de 2013). Recuperado 03/03/2017 Obtenido de Taller virtual : <https://www.actualidadmotor.com/inyeccion-indirecta-e-inyeccion-directa/>
- Arieh Nachum. (2014). Demostrador de Encendido Electrónico AT-3002. 103. Obtenido de www.degem.com
- AUTOAVANCE, I. (24 de Agosto de 2013). *Blog Técnico Automotriz*. Recuperado 08/03/2017 Obtenido de <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/167-procesamiento-de-datos-controladores-y-memorias-computadoras-automotrices>
- Banish, G. (2009). Designin & tuning high-performance fuel injection system. *CarTech*, 128.
- Bosch. (10 de Octubre de 2012). *Sensores Bosch*. Obtenido de http://es-ww.bosch-automotive.com/media/parts/brochures_1/sensors_1/sensores_2_ES.pdf
- Bosch, R. (2005). En *Manual de la técnica del automóvil 4 edición* (pág. 456). Alemania: Printed in Germany.
- Cisterna, M. (31 de Mayo de 2014). *SlideShare*. Recuperado 12/05/2017 Obtenido de <https://es.slideshare.net/MatiasCisterna/sensores-35345127>
- Díaz , M., & Sopa, G. (2013). Reprogramación electrónica del vehículo corsa evolution1.4, para elevar los parámetros característicos del motor de combustión interna. *Energía mecánica, innovación y futuro* , 7.
- Gillieri, S. (1995). Manual De Electrónica Del Automovil. En S. Gillieri, *Manual De Electrónica Del Automovil* (págs. 196-214). España: Ediciones CEAC.

- Gonzalo Tinizaray, D. (2015). REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL CONTROL DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO DEL MOTOR CBR 600 f4i, PARA EL VEHÍCULO FORMULA STUDENT . 139.
- J., B. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Jóvaj S. (1982). *Motores de automóvil*. Moscu : EDITORIAL MIR.
- Mastermagazine. (29 de Mayo de 2017). *Mastermagazine*. Recuperado 03/05/2017 Obtenido de Memoria EPROM: <https://www.mastermagazine.info/termino/4902.php>
- Mecánica Autotmotriz .ORG*. (21 de Diciembre de 2012). Recuperado 09/05/2017 Obtenido de <https://www.mecanicoautomotriz.org/1766-manual-sistemas-inyeccion-encendido-circuitos-electronica>
- MOTORROLL. (2017). Recuperado 13/05/2017 Obtenido de <http://www.motorroll.com/>
- Parera, A. M. (1990). *Inyección electrónica de motores de gasolina*. Barcelona -España: MARCOMBO. S. A. Recuperado el 19 de Septiembre de 2016, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghl1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=innovaci%C3%B3n+de+la+inyeccion++un+motor+a+gasolina&ots=qGblUASZdM&sig=p3R-juU0qBb7J7tws17IFKR1GPc#v=onepage&q=innovaci%C3%B3n%20de%20la%20inyeccion%20%20un%20motor%20a%20gasolina&>
- Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: REVERTE, S.A.
- Penagos, J. (20 de Marzo de 2015). *AutoDaewooSpark*. Recuperado 21/05/2017 Obtenido de <http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>
- Performance, P. (s.f.). *Manual de Instalación y operación*. Rio de Janeiro: Pandoo Performance.
- Quimbita , A., & Wualichico. (s.f.).

- Reyes Sandoval, V. E. (4 de Junio de 2013). *Sistema electrónico del automóvil*. Recuperado 02/06/2017 Obtenido de <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>
- Romero J. et Al. (2006). Módulo de un sistema de inyección electrónico de gasolina basado en el microcontrolador INTEL 8751. *Scientia et Technica Ano XII*, 196. Recuperado el 7 de Febrero de 2017, de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6525/3775>
- Ruiz, C. U. (1 de Febrero de 2000). *Estructura de Memoria*. Recuperado 23/04/2017 Obtenido de <http://www.pchardware.org/memorias/index.php>
- Sanchez, C. J., & Paspuezan , C. A. (s.f de s.f de 2013). diseño, construcción y montaje de un sistema independiente de admisión con control electrónico programable megasquirt para un vehículo chevrolet aveo 1.4(Tesis Pregrado). *Tesis pregrado*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: s.f.
- Santander, J. R. (2006). En J. R. Santander, *Manual Técnico de Fuel Injection* (págs. 58-60). Guayaquil: diseli.
- SUZUKI. (17 de Diciembre de 2009). *super97.wordpress.com*. Recuperado 08/05/2017 Obtenido de <https://super97.files.wordpress.com/2009/12/suzu.png>
- test engine argentina*. (23 de Abril de 2007). Recuperado 12/05/2017 Obtenido de <http://testengineargentina.blogspot.com/2007/04/inyectores-diferentes-tipos.html>
- Universidad de Sevilla. (13 de Abril de 2015). *Departamento de física aplicada III*. Recuperado 22/04/2017 Obtenido de http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
CARLOS DAVID ESCOLA VIÑAN y **FRANCISCO JAVIER MORA MARTÍNEZ**.

En la ciudad de Latacunga, a los **19 días del mes de julio del 2017**

Ing. Víctor Danilo Zambrano

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Víctor Danilo Zambrano

DIRECTOR DE CARRERA

Aprobado por



Dr. Freddy W. Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO