



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc
monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competición de karting**

Galarza Noroña, Jorge Raúl y Gallo Vera, Steven Orlando

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz.

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

19 de octubre del 2020

Latacunga



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación: *"Trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competición de karting"*, fue realizado por los señores: **Galarza Noroña, Jorge Raúl y Gallo Vera, Steven Orlando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 19 de octubre del 2020.

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE**

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

C.C: 0501432637

REPORTE DE URKUND



Document Information

Analyzed document	Tesis Galarza - Gallo Resp..docx (D82133799)
Submitted	10/19/2020 10:36:00 PM
Submitted by	Germán Erazo
Submitter email	wgerazo@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	wgerazo.espe@analysis.arkund.com



Sources included in the report

SA	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Cabrera Ramírez Erazo Análisis del desempeño del motor de combustión interna Nis s ...</p> <p>Document Cabrera Ramírez Erazo Análisis del desempeño del motor de combustión interna Nis s ... (D81659566)</p> <p>Submitted by: wgerazo@espe.edu.ec</p> <p>Receiver: wgerazo.espe@analysis.arkund.com</p>	8
SA	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS ESCRITO_TONATO_PUMARICA QUIROZ ERAZO.pdf</p> <p>Document TESIS ESCRITO_TONATO_PUMARICA QUIROZ ERAZO.pdf (D35839322)</p> <p>Submitted by: jlquiroz@espe.edu.ec</p> <p>Receiver: jlquiroz.espe@analysis.arkund.com</p>	2
SA	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS HIDALGO ERAZO REPROGRAMACIÓN ESPE.pdf</p> <p>Document TESIS HIDALGO ERAZO REPROGRAMACIÓN ESPE.pdf (D54466391)</p> <p>Submitted by: wgerazo@espe.edu.ec</p> <p>Receiver: wgerazo.espe@analysis.arkund.com</p>	7
SA	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS UTRERAS RECALDE ERAZO INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL MOTO ...</p> <p>Document TESIS UTRERAS RECALDE ERAZO INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL MOTO ... (D54014101)</p> <p>Submitted by: wgerazo@espe.edu.ec</p> <p>Receiver: wgerazo.espe@analysis.arkund.com</p>	6



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Galarza Noroña, Jorge Raúl** con cédula de ciudadanía N° **1724041536** y **Gallo Vera, Steven Orlando** con cédula de ciudadanía N° **1722462577**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competición de karting"**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 19 de octubre del 2020.

Firma:

Galarza Noroña, Jorge Raúl

C.C.: 1724041536

Gallo Vera, Steven Orlando

C.C.: 1722462577



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Galarza Noroña, Jorge Raúl** con cédula de ciudadanía N° **1724041536** y **Gallo Vera, Steven Orlando** con cédula de ciudadanía N° **1722462577**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competición de karting"**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de octubre del 2020.

Firma:

Galarza Noroña, Jorge Raúl

C.C.: 1724041536

Gallo Vera, Steven Orlando

C.C.: 1722462577

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a la Virgencita de los Dolores que me cuida, protege y guía cada uno de mis días.

Lo dedico a mis padres Anita y Raúl que me han apoyado incondicionalmente permitiéndome cumplir mis sueños y alcanzar mis metas, que gracias a sus consejos soy la persona en la que me he convertido ya que todos mis logros son gracias a su apoyo, a mi hermanita Daniela que de risa en risa me apoya con sus palabras de motivación.

A mi abuelito Pedro que en paz descanse, que con su carisma y bendición lo tengo presente ya que desde el cielo me cuida, a mi abuelita Angelita que se preocupa y me brinda su bendición estando pendiente tanto a lo que salgo como a lo que regreso.

A mi primo Anthony que aunque se adelantó lo tengo presente, así como los sueños y metas que nos conversábamos camino al colegio, poco a poco se los iré cumpliendo, ánimo “Fuerza G”.

Galarza Noroña, Jorge Raúl.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres Raúl y Anita que me han tenido paciencia, me han encaminado para ser la persona que soy, así como su apoyo incondicional para alcanzar todas las metas, sus palabras que me motivaban a seguir adelante, su bendición mientras me encontraba fuera de casa y su confianza en mí que lo puedo lograr, a mi familia que han estado pendientes en mi progreso tanto como persona y en mi vida universitaria.

A mi tutor Ing. Germán Erazo y profesores que nos han impartido sus conocimientos y experiencias brindado su dedicación, paciencia y afecto al enseñar, agradezco por ser parte de nuestras vidas permitiéndonos desarrollar de la mejor manera para el ámbito laboral y para la vida.

A mis amigos y amigas que hemos compartido este tiempo de formación académica tanto en las aulas como fuera de ellas, a nuestro grupo de amigos los “Animal Planet” que hemos compartido tantos buenos ratos, las amanecidas haciendo deberes, cumpleaños e integraciones, pero apoyándonos unos a otros.

A mis compañeros de equipo que confiaron en mí para poder dirigir el equipo de basquetbol de la carrera que fue una experiencia muy grata, así como a la culta barra que estaban presentes en los partidos siempre buscando lo mejor para la carrera.

Galarza Noroña, Jorge Raúl (LOBO 43).

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a todas esas personas que se sienten orgullosos por mi, que aportaron con un granito de arena, un consejo o una palabra de motivación, para verme cumplir este sueño, pero en especial a mis padres Luis Gallo y Nora Vera, porque gracias a ustedes, a su apoyo incondicional, su perseverancia, sus enseñanzas, los valores impartidos y ese amor incomparable, es que he logrado todo esto, gracias por la vida que han dado, son lo más valioso que tengo.

Gallo Vera, Steven Orlando.

AGRADECIMIENTO

La vida se compone de momentos, este es uno de esos momentos que recordaré por siempre, al culminar mi carrera con la mayor felicidad quiero agradecer a Dios por la vida, por bendecirme cada día, y por darme la fortaleza de seguir luchando por mis sueños.

A mis padres Nora y Orlando quienes siempre han sido el pilar fundamental de mi vida, mi madre con su amor desinteresado y su capacidad de siempre ver el lado bueno de la vida y mi padre mi primer maestro quien ha inculcado esta pasión por los fierros en mí y ha sido siempre un guía en mi vida con sus consejos y sabiduría. Ustedes son quienes me formaron con todos los valores que hoy poseo, los amo papá y mamá, nada de esto hubiera sido posible sin ustedes.

A mis hermanas que nunca han dejado de creer en mí, Wendy siempre ha sido un ejemplo de esfuerzo y lucha, motivándome a ser cada día mejor y Estefanía que siempre ha estado conmigo para ayudarme a darme cuenta de mis errores y corregir muchos aspectos de mi vida.

Para mí es muy importante agradecer a todos los familiares que siempre han estado presentes y a esos amigos que a lo largo de este camino se convirtieron en familia, también a todos los docentes que en el transcurso de la carrera han compartido su conocimiento y muchas enseñanzas no solo de educación sino de vida.

A mi tutor Ing. Germán Erazo por su guía en el desarrollo de este proyecto y por sus enseñanzas para la vida profesional, a mi compañero Jorge que es con quien luchamos hasta el final para desarrollar este proyecto a pesar de las adversidades y trabajando juntos para lograr el objetivo propuesto. Por último quiero hacer una mención especial a mis amigos de Cuesta Racing Team quienes han colaborado mucho en el desarrollo de este proyecto y me han enseñado mucho no solo de karting sino de la vida.

Gallo Vera, Steven Orlando.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	1
CERTIFICACIÓN	2
REPORTE DE URKUND	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTO	9
ÍNDICE DE TABLAS	20
ÍNDICE DE FIGURAS	23
ÍNDICE DE ECUACIONES	31
RESUMEN	33
ABSTRACT	34
CAPÍTULO I	
MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	35
1.1. Antecedentes Investigativos	35
1.2. Planteamiento del problema	37

1.3. Descripción resumida del proyecto	40
1.4. Justificación e importancia	41
1.5. Objetivos	43
1.5.1. Objetivo general.....	43
1.5.2. Objetivos específicos.....	43
1.6. Meta del proyecto.....	44
1.7. Hipótesis.....	44
1.8. Variables de la investigación.....	44
1.8.1. Variables independientes	44
1.8.2. Variables dependientes	45
1.9. Metodología de desarrollo del proyecto	46
1.9.1. Método Inductivo.	47
1.9.2. Método Deductivo	47
1.9.3. Método Experimental	48
1.9.4. Método Analítico	48
1.9.6. Método de matematización.....	48
1.9.7. Método observación directa.....	49
1.9.8. Método comparativo	49
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	51

2.1. Historia del Karting	51
2.2. Categorías del Karting	55
2.2.1 Categorías de la copa Rotax Mojo Max	57
2.2.2 Pesos permitidos para cada categoría	57
2.3. Motores de dos tiempos	58
2.3.1. Funcionamiento del motor de dos tiempos.....	60
2.4. Rotax Max 125 cc	62
2.4.1. Ficha técnica del motor Rotax Max.....	63
2.4.2. Rendimiento del motor Rotax Max.....	65
2.5. Partes del motor Rotax Max 125	66
2.5.1. Cilindro	66
2.5.2. Culata	68
2.5.3 Pistón	68
2.5.4. Biela.....	69
2.5.5. Cigüeñal.....	70
2.6. Sistemas del motor Rotax Max 125cc.....	70
2.6.1. Sistema de refrigeración	70
2.6.2. Sistema de alimentación de combustible	71
2.6.3 Sistema de escape.....	73
2.7. Banco de pruebas inercial para motores de kart.....	74

2.8. Sensores del sistema de inyección electrónica.....	75
2.8.1. Sensor TPS.....	75
2.8.2. Sensor IAT	76
2.8.3. Sensor de temperatura del refrigerante.....	78
2.8.4. Sensor de posición del cigüeñal.....	79
2.9. Actuadores del sistema de inyección electrónica.....	81
2.9.1. Inyector	81
2.9.2. Bobina de encendido	83
2.9.3. Bomba de combustible	84
2.9.4. Regulador de presión de combustible	85
2.10. Selección de la ECU	86
2.11. Sistema programable MegaSquirt 2 Extra	87
2.11.1. Interfaz.....	89
2.11.2. Algoritmo de control Speed Density	90
2.11.3. Algoritmo de control Alpha-N.....	91
2.11.4. Algoritmo de control MAF	92
2.11.5. Algoritmo de control ITB.....	93
2.12. Parámetros fundamentales para los cálculos.....	95
2.12.1. Torque.....	95
2.12.2. Potencia	96

2.12.3. Consumo másico de combustible	97
2.12.4. Lubricante Motul kart grand prix GP 2t	98
2.12.5. Masa de combustible	98
2.12.6. Cantidad de masa de aire desplazada.....	99
2.12.7. Eficiencia Volumétrica.....	100
2.12.8. Tabla VE (Eficiencia volumétrica).....	101
2.12.9. Zonas de la Tabla VE (Eficiencia volumétrica).....	103
2.12.10. Relación aire-combustible (AFR).....	104
2.12.11. Presión media efectiva (pme)	105
2.13. Rendimiento del motor.....	106
2.13.1. Rendimiento mecánico	106
2.13.2. Rendimiento térmico	107
2.13.3. Rendimiento indicado	108
2.13.4. Rendimiento efectivo total del motor	109
2.14. Avance al encendido	110
2.15. Mapas de inyección y encendido.....	112
2.15.1. Mapa tridimensional de inyección de combustible	112
2.15.2. Mapa tridimensional de avance de encendido.....	114
2.15.3. Zonas en el mapa tridimensional	115
2.16. Correcciones y enriquecimientos.....	116

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE LA COMPUTADORA PROGRAMABLE CON TODOS SUS COMPONENTES	118
3.1. Introducción.....	118
3.2. Especificaciones del motor Rotax Max 125cc.....	118
3.3. Herramientas de medición.....	120
3.3.1. Multímetro automotriz.....	120
3.3.2. Software banco de pruebas GS.....	124
3.3.3. Banco de pruebas inercial para motores de kart.....	130
3.3.4. Mychron.....	132
3.3.5. Software Race Studio.....	138
3.4.1. Distribución de pines.....	146
3.4.2. Cable de conexión.....	148
3.5. Sensores.....	149
3.5.1. Sensor TPS + IAT.....	149
3.5.2. Sensor CKP.....	151
3.6. Actuadores.....	152
3.6.1. Inyector.....	152
3.6.2. Bobina de encendido.....	153
3.6.3. Bomba de combustible.....	154
3.7. Instalación de componentes eléctricos.....	155

3.8. Adaptaciones mecánicas.....	157
3.9. Instalación de la ECU Megasquirt 2 extra	159
3.10. Instalación del sistema de inyección electrónica.....	162
3.10.1. Instalación de los sensores	162
3.10.2. Instalación de los actuadores.....	163
3.11. Instalación del software TunerStudio	164
3.12. Proyecto nuevo	167
3.13. Configuraciones generales.....	169
3.13.1. Motor y configuraciones secuenciales.....	169
3.13.2. Configuración del combustible requerido	170
3.13.3. Configuraciones generales.....	171
3.13.4. Limitado de revoluciones.....	172
3.13.5. Configuración del inyector	173
3.13.6. Configuración del encendido y decodificador de rueda	174
3.13.7. Configuración de la rueda fónica	175
3.13.8. Relojes marcadores.....	178
3.13.9. Activación de actuadores.....	180
3.13.10. Calibración de los sensores.....	181
CAPÍTULO IV	
DESARROLLO DE PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	185

4.1. Cálculos de los parámetros fundamentales para la calibración.	185
4.1.1. Cálculo de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor.	185
4.1.2. Eficiencia volumétrica.	187
4.1.3. Velocidad con la que ingresa aire al motor.	188
4.1.4. Masa de combustible a proporcionar.	190
4.1.5. Consumo de combustible.	191
4.1.6. Tiempo de apertura del inyector.	196
4.1.7. Ciclo de trabajo del inyector.	197
4.1.8. Presión media efectiva.	199
4.1.9. Potencia indicada.	200
4.1.10. Potencia efectiva.	202
4.1.11. Rendimiento indicado.	203
4.1.12. Rendimiento mecánico.	204
4.1.13. Rendimiento efectivo.	205
4.1.14. Rendimiento térmico.	206
4.2. Pruebas de torque y potencia en el banco de pruebas inercial.	208
4.2.1. Primera prueba sobre el banco de pruebas a carburador.	208
4.2.2. Segunda prueba sobre el banco de pruebas con el mapa base.	213
4.2.3. Tercera prueba sobre el banco de pruebas con la primera calibración.	218
4.2.4. Cuarta prueba sobre el banco de pruebas con la segunda calibración.	221

4.2.5. Tabulación y comparación de los valores de potencia y torque del motor.....	225
4.3. Pruebas en pista.....	231
4.3.1. Consideraciones para pruebas en pista	231
4.3.2. Normativas en el circuito de karting.....	232
4.3.3. Protocolo de bioseguridad para el uso de pista	233
4.3.4. Circuito establecido de la prueba	234
4.3.5. Chasis de go-kart seleccionado para la prueba	235
4.3.6. Descripción de las pruebas de pista.....	236
4.3.7. Primera prueba en pista.	237
4.3.8. Segunda prueba en pista.	238
4.3.9. Tercera prueba en pista	240
4.3.10. Cuarta prueba en pista.....	242
4.3.11. Comparación de los resultados obtenidos en las pruebas de pista.....	243
4.4. Pruebas de consumo de combustible.....	247
 CAPÍTULO V	
MARCO ADMINISTRATIVO	250
5.1. Recursos.....	250
5.2. Recursos humanos.....	250
5.3. Recursos tecnológicos.....	251
5.4. Recursos materiales.....	251

5.5. Análisis de presupuesto invertido en el proyecto.	252
CONCLUSIONES	254
RECOMENDACIONES	256
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257
ANEXOS	267

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable independiente: ("Trucaje electrónico"). Utilización de software	45
Tabla 2 Variable dependiente. Competición de Karting.....	45
Tabla 3 Metodología de la investigación	49
Tabla 4 Selección de la ECU.	86
Tabla 5 Parámetros del avance de encendido.....	112
Tabla 6 Enriquecimientos y correcciones.	117
Tabla 7 Ficha técnica del motor Rotax Max 125cc	119
Tabla 8 Funciones del multímetro automotriz	121
Tabla 9 Descripción de los iconos del menú del MyChron 5.....	136
Tabla 10 Características de la unidad de control programable	145
Tabla 11 Especificaciones de cada pin del conector 1 de la ECU MS2 extra	146
Tabla 12 Especificaciones de cada pin del conector 2 de la ECU MS2 extra	147
Tabla 13 Especificaciones de cada pin del conector 3 de la ECU MS2 extra.....	148
Tabla 14 Características del sensor TPS + IAT.....	149
Tabla 15 Características del sensor ECT.....	151
Tabla 16 Características del sensor CKP	152
Tabla 17 Características del inyector.....	153
Tabla 18 Características de la bobina de encendido.	154
Tabla 19 Características de la bomba de combustible.	155

Tabla 20 Instalación de componentes eléctricos.....	155
Tabla 21 Adaptaciones mecánicas.....	157
Tabla 22 Instalación de los sensores	162
Tabla 23 Instalación de los actuadores.....	163
Tabla 24 Instalación de software	165
Tabla 25 Pasos para crear un proyecto nuevo	167
Tabla 26 Parámetros para los cálculos de la cantidad de masa del aire	186
Tabla 27 Parámetros para la eficiencia volumétrica.	187
Tabla 28 Parámetros para la velocidad con la que ingresa aire al motor	189
Tabla 29 Parámetros para los cálculos de la masa de combustible a proporcionar	190
Tabla 30 Parámetros para los cálculos del consumo de combustible.....	193
Tabla 31 Parámetros para los cálculos del tiempo de apertura del inyector.....	196
Tabla 32 Parámetros para los cálculos del ciclo de trabajo.....	198
Tabla 33 Parámetros para los cálculos de la presión media efectiva.....	199
Tabla 34 Parámetros específicos del motor Rotax Junior Max	200
Tabla 35 Parámetros para los cálculos de la potencia indicada.	201
Tabla 36 Parámetros para los cálculos de la potencia efectiva.....	202
Tabla 37 Parámetros para los cálculos del rendimiento indicado.....	203
Tabla 38 Parámetros para los cálculos del rendimiento mecánico	204
Tabla 39 Parámetros para los cálculos del rendimiento térmico.....	205

Tabla 40 Parámetros para los cálculos del rendimiento térmico.....	207
Tabla 41 Calibraciones consideradas en el seteo del carburador	208
Tabla 42 Prueba N°1 de potencia a carburador con shiglor 162.....	211
Tabla 43 Prueba N°1 de torque a carburador con shiglor 162.....	212
Tabla 44 Prueba N°2 de potencia con mapa base	216
Tabla 45 Prueba N°2 de torque con el mapa base	217
Tabla 46 Prueba N°3 de potencia con la primera calibración	219
Tabla 47 Prueba N°3 de torque con la primera calibración	220
Tabla 48 Prueba N°4 de potencia con la segunda modificación	223
Tabla 49 Prueba N°4 de torque con la segunda modificación.....	224
Tabla 50 Tabla comparativa de potencia.....	226
Tabla 51 Tabla comparativa de torque.....	227
Tabla 52 Parámetros obtenidos en las pruebas de pista.....	244
Tabla 53 Parámetros obtenidos en las pruebas de consumo.....	248
Tabla 54 Recursos humanos partícipes del proyecto de investigación	250
Tabla 55 Componentes tecnológicos empleados.....	251
Tabla 56 Materiales empleados.....	252
Tabla 57 Recursos económicos.....	253

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de planteamiento de los problemas	39
Figura 2 Métodos aplicados en la investigación	46
Figura 3 Historia del Karting	51
Figura 4 Go-Kart Manufacturing	52
Figura 5 Primeros Karts.....	53
Figura 6 Fernando Alonso	54
Figura 7 Go-kart.....	54
Figura 8 Categorías del karting	55
Figura 9 Go-kart.....	56
Figura 10 Ciclo de un motor dos tiempos.....	59
Figura 11 Admisión al cárter y explosión.....	61
Figura 12 Apertura de la lumbrera de escape	61
Figura 13 Apertura de la lumbrera de carga.....	62
Figura 14 Detalle técnicos del Rotax Max 125CC	63
Figura 15 Ficha Técnica 125 Max.....	64
Figura 16 Curva de rendimiento	65
Figura 17 Motor Rotax Max completo.....	66
Figura 18 Partes Motor Rotax Max.....	67
Figura 19 Despiece del Cilindro del Motor Rotax Max	68

Figura 20 Pistón del Motor Rotax Max	69
Figura 21 Biela del Motor Rotax Max	69
Figura 22 Conjunto Biela – Cigüeñal del Motor Rotax Max	70
Figura 23 Radiador de agua del Motor Rotax Max.....	71
Figura 24 Carburador del Motor Rotax Max.....	72
Figura 25 Bomba de Combustible del Motor Rotax Max	73
Figura 26 Escape del Motor Rotax Max 125	74
Figura 27 Banco de pruebas inercial.....	75
Figura 28 Curva característica sensor TPS.	76
Figura 29 Curva característica del sensor IAT	77
Figura 30 Partes del sensor IAT	77
Figura 31 Sensor ECT.....	78
Figura 32 Curva característica del sensor ECT	79
Figura 33 Forma de onda del sensor CKP.	80
Figura 34 Señal inductiva, pulso por vuelta.....	80
Figura 35 Señal inductiva de la rueda fónica	81
Figura 36 Inyector.....	82
Figura 37 Señal al transistor de potencia	82
Figura 38 Modulación del ancho de pulso y ciclo útil.....	83
Figura 39 Bobina de encendido.	84

Figura 40 Bomba de combustible	85
Figura 41 Regulador de presión de combustible	86
Figura 42 MegaSquirt 2 Extra	88
Figura 43 Esquema funcional de la ECU	89
Figura 44 Tabla AFR utilizando algoritmo speed density.....	90
Figura 45 Tabla AFR utilizando algoritmo alpha-n.....	91
Figura 46 Tabla de combustible para ITB sintonizado con MAP.	94
Figura 47 Mapa de combustible para ITB sintonizado con TPS.....	95
Figura 48 Curva de Potencia y par motor	96
Figura 49 Curva de potencia	96
Figura 50 Curva de consumo de combustible	97
Figura 51 Propiedades del Lubricante Motul GP 2T	98
Figura 52 Tabla de eficiencia volumétrica	102
Figura 53 Zonas de la tabla VE	103
Figura 54 Curva para obtener el η_m	107
Figura 55 Comparación entre el área del diagrama teórico y del diagrama real o del indicador ..	109
Figura 56 Pérdidas de energía desde los cilindros a las ruedas tractoras	110
Figura 57 Mapa tridimensional de inyección de combustible.....	113
Figura 58 Mapa y tabla de avance al encendido	114
Figura 59 Motor Rotax Max 125cc.....	119

Figura 60 Multímetro automotriz.....	121
Figura 61 Medición voltaje de la batería	122
Figura 62 Medición de voltajes del sistema de control electrónico	123
Figura 63 Medición de resistencia	124
Figura 64 Setup de instalación del software GS	125
Figura 65 Asistente de instalación del software GS.....	125
Figura 66 Carpeta de instalación del software GS.....	126
Figura 67 Software banco de pruebas GS.....	127
Figura 68 Interfaz de configuración del banco de pruebas	128
Figura 69 Interfaz de adquisición del banco de pruebas	129
Figura 70 Interfaz de gráficos del banco de pruebas.....	129
Figura 71 Equipo de medición del banco de pruebas inercial.....	131
Figura 72 Banco de pruebas inercial para motores de karting.....	131
Figura 73 Motor Rotax en el banco de pruebas inercial para motores de karting.....	132
Figura 74 Partes del MyChron 5	134
Figura 75 Sujeción del MyChron 5 al volante del kart.....	134
Figura 76 Conexión del cable de rpm del MyChron 5.....	135
Figura 77 Conexión del sensor de temperatura del MyChron 5.....	135
Figura 78 Pantalla de menú del MyChron 5	136
Figura 79 Paquete software Race Studio.....	138

Figura 80 Preferencias Race Studio 3.	139
Figura 81 Configuración de la descarga de datos	140
Figura 82 Ventana de configuración general.....	140
Figura 83 Opción de descarga del dispositivo.	141
Figura 84 Pantalla de selección – Race Studio Analysis.....	142
Figura 85 Lap Manager – Race Studio Analysis	142
Figura 86 Measures Graph – Race Studio Analysis.....	143
Figura 87 Mapa de la Prueba – Race Studio Analysis	144
Figura 88 Megasquirt 2 extra.....	144
Figura 89 Distribución de pines de la ECU Megasquirt 2 extra	146
Figura 90 Cable de transferencia de datos usb tipo B.	149
Figura 91 Sensor TPS + IAT.....	150
Figura 92 Sensor de temperatura del refrigerante.....	151
Figura 93 Sensor de posición del cigüeñal.....	152
Figura 94 Inyector.....	153
Figura 95 Bobina con módulo integrado.....	154
Figura 96 Bomba de combustible	155
Figura 97 Diagrama de conexión de los sensores.....	160
Figura 98 Diagrama de conexión de los actuadores	161
Figura 99 Configuración del motor y secuencias.....	170

Figura 100 Configuración de combustible requerido	171
Figura 101 Configuraciones generales.....	172
Figura 102 Limitador de revoluciones.	173
Figura 103 Configuración del inyector.....	173
Figura 104 Configuración del encendido	174
Figura 105 Ubicación para la rueda fónica	175
Figura 106 Rueda fónica relación 12-1	176
Figura 107 Configuración de la rueda fónica.....	177
Figura 108 Boceto de la rueda fónica	177
Figura 109 Relojes marcadores.....	179
Figura 110 Opciones de relojes marcadores	180
Figura 111 Modo de prueba de salida	181
Figura 112 Menú calibración de sensores.	182
Figura 113 Calibración sensor TPS	182
Figura 114 Calibración termistores.....	183
Figura 115 Carburador con shiglor 162	210
Figura 116 Guillotina y aguja seteadas	210
Figura 117 Motor sobre el banco de pruebas con el sistema a carburador.....	210
Figura 118 Curvas de potencia de la prueba N°1 a carburador con shiglor 162	212
Figura 119 Curvas de torque de la prueba N°1 a carburador con shiglor 162	213

Figura 120 Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°2	214
Figura 121 Mapa tridimensional VE para la prueba N°2	215
Figura 122 Motor sobre el banco de pruebas con el sistema a inyección.....	215
Figura 123 Curvas de potencia de la prueba N°2 con el mapa base	216
Figura 124 Curvas de torque de la prueba N°2 con el mapa base.....	217
Figura 125 Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°3	218
Figura 126 Mapa tridimensional VE para la prueba N°3	219
Figura 127 Curvas de potencia de la prueba N°3 con la primera calibración.....	220
Figura 128 Curvas de torque de la prueba N°3 con la primera calibración.....	221
Figura 129 Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°4.....	222
Figura 130 Tabla VE con los valores interpolados	222
Figura 131 Mapa tridimensional VE para la prueba N°4	223
Figura 132 Curvas de potencia de la prueba N°4 con la segunda modificación.....	224
Figura 133 Curvas de torque de la prueba N°4 con la segunda modificación.....	225
Figura 134 Configuraciones para el banco de pruebas.....	226
Figura 135 Tabla comparativa de potencia	227
Figura 136 Tabla comparativa de torque.....	228
Figura 137 Curvas comparativas de potencia.....	229
Figura 138 Valores de las curvas comparativas de potencia	229
Figura 139 Curvas comparativas de torque.....	230

Figura 140 Valores de las curvas comparativas de torque	230
Figura 141 Protocolo de bioseguridad kartódromo Cotopaxi	234
Figura 142 Circuito de pruebas establecido	235
Figura 143 Chasis “CRG FS4” - equipo CRT	236
Figura 144 Lap manager analysis - prueba 1.	237
Figura 145 Curva de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 1.....	238
Figura 146 Lap manager analysis - prueba 2	239
Figura 147 Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 2	239
Figura 148 Lap manager analysis - prueba 3	240
Figura 149 Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 3	241
Figura 150 Lap manager analysis - prueba 4	242
Figura 151 Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo - prueba 4.....	243
Figura 152 Comparación, velocidad vs distancia – prueba1 y prueba 4	245
Figura 153 Comparación, velocidad vs tiempo – prueba 1 y prueba 4	245
Figura 154 Comparación, rpm vs distancia – prueba1 y prueba 4	246
Figura 155 Comparación, rpm vs tiempo – prueba 1 y prueba 4	246
Figura 156 Medición en probeta graduada	247
Figura 157 Comparación pruebas de consumo de combustible	249

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Masa de combustible.	99
Ecuación 2 Masa del aire desplazada.	99
Ecuación 3 Eficiencia volumétrica porcentual.	100
Ecuación 4 Presión Media Efectiva	105
Ecuación 5 Rendimiento mecánico.....	106
Ecuación 6 Rendimiento térmico.....	108
Ecuación 7 Rendimiento indicado	108
Ecuación 8 Masa del aire	185
Ecuación 9 Eficiencia volumétrica	187
Ecuación 10 Velocidad de ingreso de aire	188
Ecuación 11 Masa de combustible a proporcionar	190
Ecuación 12 Cantidad de masa de combustible	192
Ecuación 13 Densidad de la mezcla de combustible	192
Ecuación 14 Ecuación de la densidad.	193
Ecuación 15 Tiempo de apertura del inyector.....	196
Ecuación 16 Ciclo de trabajo.....	197
Ecuación 17 Periodo del inyector.	197
Ecuación 18 Presión media efectiva.	199
Ecuación 19 Potencia indicada motores 2t.....	200

Ecuación 20 Potencia efectiva	202
Ecuación 21 Rendimiento indicado	203
Ecuación 22 Rendimiento mecánico.....	204
Ecuación 23 Rendimiento efectivo	205
Ecuación 24 Rendimiento térmico.....	206

RESUMEN

En el deporte del automovilismo existen muchas disciplinas, el karting es una de las variantes y es también considerado como la escuela de grandes pilotos, con el propósito de implementar los avances tecnológicos con en este deporte se da inicio a este proyecto en el cual se implementó varias mejoras tecnológicas en un motor de carreras de Karting. En este trabajo de titulación se realizó la comparación de un motor de carreras de Karting carburado y el mismo motor con sistema de inyección electrónica reprogramable mediante ensayos en pista y en banco de pruebas para obtener parámetros característicos del motor como torque, potencia y consumo de combustible y también valores referenciales como tiempo de vuelta en pista, velocidad máxima y número máximo de revoluciones alcanzadas. La tecnología implementada consiste en un sistema de alimentación electrónico que consta de ECU reprogramable MS2 Extra, cuerpo de aceleración ITB, inyector, bomba de combustible, bobina, sensor de posición del cigüeñal, sensor de temperatura del motor, sensor de posición de mariposa de aceleración y sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión, dichos elementos trabajando en conjunto con una correcta programación resultaron en mejores prestaciones en el motor tanto en torque, potencia y consumo, mejorando sus parámetros iniciales sin realizar cambios mecánicos en el mismo. El motor empleado para las pruebas antes mencionadas es un Rotax Junior Max mono cilíndrico de 2 tiempos, posee una cilindrada de 125 cc, el mismo que fue proporcionado por el equipo de carreras de karting “Cuesta Racing Team”.

PALABRAS CLAVE:

- **KARTING**
- **PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR**
- **INYECCIÓN ELECTRÓNICA REPROGRAMABLE**
- **MONOCILÍNDRICO**

ABSTRACT

In motorsport racing there are many disciplines, karting is one of the variants and it is also considered as the school of great drivers, with the purpose of implementing technological advances in this sport, this project begins in which it was implemented technological improvements in a Karting racing engine. In this titration work, the comparison of a carbureted karting racing engine and the same engine with reprogrammable electronic injection system was carried out through tests on the track and on a test bench to obtain characteristic engine parameters such as torque, power and fuel consumption and also reference values such as lap time on the track, maximum speed and maximum number of revolutions reached. The technology implemented in the engine consists of an electronic feeding system consisting of a reprogrammable MS2 Extra ECU, an ITB throttle body, an injector, fuel pump, coil, crankshaft position sensor, engine temperature sensor, sensor of the position of the throttle butterfly and absolute pressure sensor in the intake manifold, these elements working together with correct programming resulted in better engine performance in terms of torque, power and consumption, improving its initial parameters without having to make mechanical changes to it. The engine used for the aforementioned tests is a 2-stroke mono cylinder Rotax Junior Max with a displacement of 125 cc, the same that was provided by the karting racing team "Cuesta Racing Team".

KEYWORDS:

- **KARTING**
- **CHARACTERISTIC MOTOR PARAMETERS**
- **REPROGRAMMABLE ELECTRONIC INJECTION**
- **MONO CYLINDRICAL**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

"TRUCAJE ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR ROTAX MAX 125 CC MONOCILÍNDRICO DE DOS TIEMPOS, PARA UTILIZARLO EN COMPETICIÓN DE KARTING".

1.1. Antecedentes Investigativos

(Torres, 2009) menciona que: Un karting es un vehículo terrestre monoplaza sin techo o CoCKPit, sin suspensiones y con o sin elementos de carrocería, con cuatro ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo, las dos delanteras ejerciendo el control de la dirección y las dos traseras conectadas por un eje de una pieza que transmiten la potencia de un motor monocilíndrico.

(United States Patente nº 6,056,080, 2000) establece que: “Los go-karts (conocidos comúnmente como karts) son generalmente conocidos en los Estados Unidos. Además, el interés en las carreras de karts, en las cuales los karts alcanzan velocidades de hasta 100 millas por hora alrededor de una pista, ha aumentado en popularidad. En general, los karts son vehículos de motor bastante simples, pequeños y muy económicos para una sola persona (el conductor), propulsados por un pequeño motor de dos tiempos. Los karts no son vehículos de la calle, se usan generalmente en pistas especiales. Sin embargo, los karts de carreras se han vuelto bastante sofisticados. Como ejemplo, las características de manejo de un kart de carreras, particularmente a altas velocidades,

son bastante agudas y requieren una considerable cantidad de habilidad y experiencia. Por lo tanto, cualquier cosa que interfiera con la manipulación adecuada de un kart de carreras es perjudicial para su rendimiento de carreras”.

(Córdor, 2018) en su investigación menciona que: “En el resto del mundo el karting se revelaba como una auténtica escuela de pilotos de conducción de formación para el deporte del automovilismo, debido a las exigencias del mismo, este deporte incluso cuenta con la Comisión Internacional de Karting y es regularizado por la Federación Internacional de Automovilismo (CIK, FIA)”.

(Molano, 2011) asevera que: “Es aquí donde la mayoría de sus habilidades florecen y en donde con el pasar del tiempo comienza a verse el nacimiento de nuevas fortalezas del automovilismo deportivo, el karting paradójicamente es casi tan viejo como la F1, categoría a donde todos los que corren karting sueñan y aspiran llegar en algún momento de sus carreras”.

(Beirao, 2009) menciona que: “Cuyas virtudes formativas aún se elogian hoy jóvenes pilotos como: Ayrton Senna, Alain Prost o Riccardo Patrese, Schumacher, Herbert, Frentzen, Alesi, Hakkinen, Coulthard, Barrichello y Alonso, comienzan así a recibir sus clases prácticas en sus competiciones infantiles y a promocionar esta disciplina cuando desembarcaron en la Fórmula 1 en los años 80”.

(Sánchez, 2018) en su investigación menciona que: “Hace 40 años aproximadamente con el impulso de varios pilotos, comienza con identificar la necesidad de introducir y dar impulso a la

práctica del go-kart en el país, importando desde el extranjero. En 1975 se construye el primer kartódromo en Quito en la mitad del mundo, que logró despertar el interés de muchas personas por incursionar en el automovilismo y se obtuvo la acogida esperada, gracias a esto se vio la necesidad de construir pistas de competencias en Guayaquil y Cuenca, este deporte llevó a despertar interés hasta mediados de la década de los noventas”.

(Mora, Zambrano, Erazo, & Villacís, 2017) en su investigación afirma que: “En el ámbito de la competición es necesaria una mayor respuesta del motor en torque y potencia a altos regímenes de giro por esa razón que al implementar el ITB (Individual Throttle Body) se busca un incremento notable en el motor, al incrementar el diámetro del cuerpo de aceleración se logra notablemente este objetivo, aumentar la cantidad de combustible inyectado, la cantidad de aire que ingresa al motor, con el diseño del cuerpo de admisión”.

1.2. Planteamiento del problema

Los desarrollos tecnológicos en la industria automotriz a través de nuevas mejoras en el sistema de alimentación implementados en el ámbito deportivo del mundo tuerca genera grandes desarrollos en el karting, que gracias a la aplicación de estudios, investigaciones y métodos factibles se busca alternativas con el fin de aumentar la eficiencia del motor monocilíndrico Rotax Max 125cc sin alterar sus elementos mecánicos, por lo cual se ha visto la necesidad de aplicar la autotrónica.

Por falta de experiencia en modificaciones electrónicas en motores monocilíndricos de dos tiempos es necesario aplicar la autotrónica en los vehículos de competencia de karting de

combustión interna, la cual es imprescindible desarrollar tecnologías que implementan ECUs programables compatibles con motores de dos tiempos nos permite modificar los mapas de inyección de combustible y el avance al encendido, utilizando dispositivos de control electrónico con el propósito de observar y optimizar el desempeño del motor, buscando su configuración más óptima.

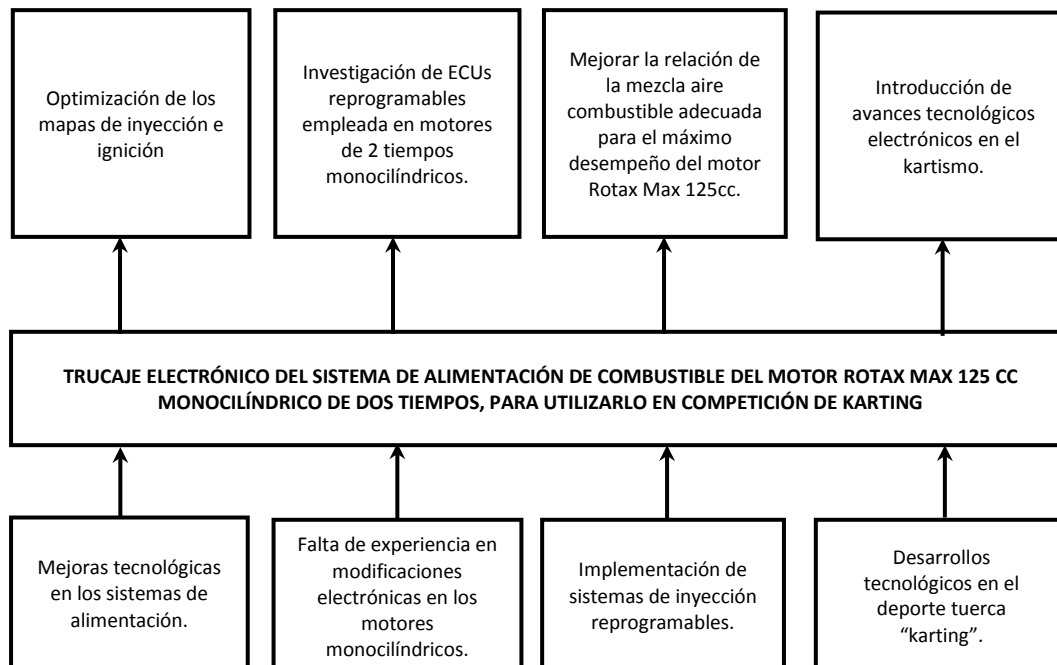
Un inconveniente al momento de alcanzar la máxima potencia del motor es la mezcla aire – combustible deficiente, esto conlleva a que el motor no alcance el torque máximo, la potencia máxima y que tenga un consumo de combustible irregular, con la implementación de un sistema de inyección electrónica se mejora la precisión de la mezcla lo que ayuda a evitar los inconvenientes mencionados anteriormente.

Se puede verificar los cambios del motor mediante el empleo de equipos de medición especializados como son: el dinamómetro de rodillos, cronometraje en un circuito y consumo de combustible por distancia recorrida, logrando el objetivo de desarrollar un motor repotenciado, eficiente y confiable para utilizarlo en karting.

Actualmente en el kartismo ecuatoriano no existe una categoría que incluya motores con sistema de alimentación electrónico, todas las categorías permiten únicamente un sistema de alimentación convencional a carburador, con el desarrollo tecnológico actual de los sistemas de alimentación se plantea implementar dichos avances en los motores de dos tiempos con el objetivo de mejorar sus prestaciones y generar un avance tecnológico en el deporte tuerca Karting.

Figura 1

Esquema de planteamiento de los problemas



En la figura 1 se ilustra un cuadro esquemático del planteamiento del problema con su correspondiente resolución, para el trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125cc, con el fin de utilizarlo en competencia de karting.

En tal virtud el problema a generar es el trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competencia de karting.

1.3. Descripción resumida del proyecto

Se realizó una investigación bibliográfica profunda y detallada acerca de los parámetros específicos y características propias del motor Rotax Max 125cc, los cuales se obtienen del manual de usuario otorgado por el fabricante.

Se ejecutaron pruebas iniciales de torque, potencia y consumo de combustible en el motor a carburador para determinar parámetros mecánicos como torque, potencia, fuerzas que actúan sobre el émbolo y la biela, de la misma manera se calculó los rendimientos.

Al terminar las pruebas iniciales se procedió a la selección del nuevo sistema de alimentación de combustible con asistencia electrónica considerando el uso de un cuerpo de aceleración.

Una vez que se seleccionaron los elementos necesarios y se los instaló en el motor Rotax Max 125, se procedió a realizar la programación de la ECU y poner a punto el funcionamiento del motor.

Se efectuaron las pruebas de funcionamiento del sistema por lo que se instaló el motor en un go-kart y se realizó pruebas en pista y en el dinamómetro, conjuntamente con las pruebas se realizó diferentes mapeos de la computadora reprogramable, empleando el de mejores prestaciones.

Al finalizar las pruebas se compararon los resultados con los obtenidos de las pruebas iniciales.

1.4. Justificación e importancia

El karting es un deporte tuerca considerado mundialmente como la cuna de los deportes de motor siendo ideal para el ingreso al mundo del automovilismo.

(Salazar, 2019) asevera que: “Se han formado no sólo pilotos de la Fórmula 1 como son: Fernando Alonso, Ayrton Senna, Michael Schumacher, Carlos Sainz, Lewis Hamilton y Max Verstappen, por mencionar sólo algunos campeones de la Fórmula 1, quienes hicieron sus primeras experiencias arriba de un kart, incluso muchos pilotos que triunfan en modalidades como rally y autos de turismo han tenido algún paso por el karting”.

En el deporte del automovilismo, la mayoría de los corredores comienzan con karting debido a su simplicidad, siendo una forma segura de comenzar a entrenar en las pistas de carreras reales, el karting es un excelente punto de partida respecto a los principiantes, es aquí donde los pilotos asientan sus bases correctas de técnicas de pilotaje, desarrollan sus habilidades, destrezas y valores del automovilismo desde temprana edad.

(Salazar, 2019) menciona que: “El país cuenta con varios representantes ecuatorianos que se desempeñan en distintas categorías automovilísticas a nivel internacional como son: Juan Manuel Correa, Julio Moreno, Patricio Larrea, Sebastián Merchán, Diego Morán, Henry Taleb, entre otros pilotos. Afortunadamente, la actividad es muy practicada en Ecuador a través de sus escuelas de

karting que no solo forma a los pequeños corredores, sino que también les brinda la posibilidad de competir en campeonatos como el Rotax Max Challenge Ecuador, el Campeonato Ecuatoriano de Karting, permitiéndoles hacer sus primeros pasos en el automovilismo a los futuros campeones”.

Un go-kart al ser un vehículo bastante pequeño, también es fácil de transportar, tampoco es tan complicado como un automóvil de carrera, por lo que las reparaciones menores o mayores generalmente pueden ser realizadas por el piloto, excepto por la reconstrucción del motor, que debe ser realizada por un profesional.

Los karts emplean el sistema de alimentación a carburador que es un componente de funcionamiento mecánico encargado de preparar la mezcla aire-combustible que ingresa a la cámara de combustión, pero con proporciones inadecuadas lo que genera consumo innecesario de combustible y elevada cantidad de gases de escape, al modificar el sistema de alimentación aplicando la autotrónica, al implementar una unidad de control electrónica que procesa los datos captados por los sensores estableciendo los tiempos de inyección e ignición permitiendo ejecutar órdenes de valores de tiempo en milisegundos, e incrementando los valores de potencia, par y reduciendo notablemente el consumo de combustible

En el deporte tuerca al preparar un motor de competencia no basta solo con realizar modificaciones mecánicas, por lo que al emplear componentes electrónicos se consigue aumentar la potencia, haciéndolo más eficiente y que tenga un mayor desempeño durante su funcionamiento.

Se verifica los cambios del motor mediante el empleo de equipos de medición especializados como son: el dinamómetro de rodillos, cronometraje en un circuito y consumo de combustible por distancia recorrida; logrando el objetivo de desarrollar un motor repotenciado, eficiente y confiable para utilizarlo en karting.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Realizar el trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc monocilíndrico de dos tiempos, para utilizarlo en competición de karting.

1.5.2. Objetivos específicos

- Seleccionar e instalar el nuevo sistema de alimentación de combustible con asistencia electrónica considerando el uso del cuerpo de aceleración TBI, en el motor Rotax Max 125cc monocilíndrico de dos tiempos.
- Efectuar pruebas dinamométricas al motor tanto con el sistema a carburador como con el sistema de inyección electrónica y realizar un análisis de su comportamiento en funcionamiento a plena carga.
- Programar la ECU con los diferentes mapas de inyección necesarios para las pruebas dinamométricas y en pista.

- Realizar cálculos tomando en cuenta datos técnicos así como los parámetros fundamentales.
- Tabular datos de los resultados obtenidos y generar las curvas de torque y potencia del motor.
- Analizar los resultados de las pruebas realizadas y valorar la factibilidad del proyecto realizado.

1.6. Meta del proyecto

- Implementar un sistema de alimentación de combustible en el motor Rotax Max 125cc empleado en vehículos de karting con el fin de obtener un aumento de 10% a 20% en la potencia del motor y un ahorro de 5% en el consumo de combustible.

1.7. Hipótesis

- ¿La implementación del sistema de control electrónico en el sistema de alimentación permitirá tener mejores prestaciones en el aspecto mecánico y energético del motor Rotax Max 125 cc?

1.8. Variables de la investigación

1.8.1. Variables independientes

"TRUCAJE ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR ROTAX MAX 125 CC MONOCILÍNDRICO DE DOS TIEMPOS, PARA UTILIZARLO EN COMPETICIÓN DE KARTING"

Sistema programable.

Tabla 1

Variable independiente: ("Trucaje electrónico"). Utilización de software

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos
Es el trucaje electrónico utilizando una ECU reprogramable para obtener un aumento de potencia y torque.	Académica Tecnológico	IAT	V °C	Experimental	Protocolo de prueba
		CKP	RPM	Experimental	Protocolo de prueba
		TPS	V %	Experimental	Protocolo de prueba
		MAP	V KPa	Experimental	Protocolo de prueba
		Avance de Encendido	°	Experimental	Protocolo de prueba
		Ancho de pulso de Encendido	ms	Experimental	Protocolo de prueba
		Mapa ignición avance	° %	Experimental	Protocolo de prueba
Equipamiento tecnológico, utilizado la ECU programables, para utilizarla en el deporte tuerca.	Académica Tecnológico	Hardware	Fija programa ble	Experimental	Protocolo de prueba
		Software	Especializ ado	Experimental	Protocolo de prueba

1.8.2. Variables dependientes

Tabla 2

Variable dependiente. Competición de Karting. Operacionalización de la variable dependiente

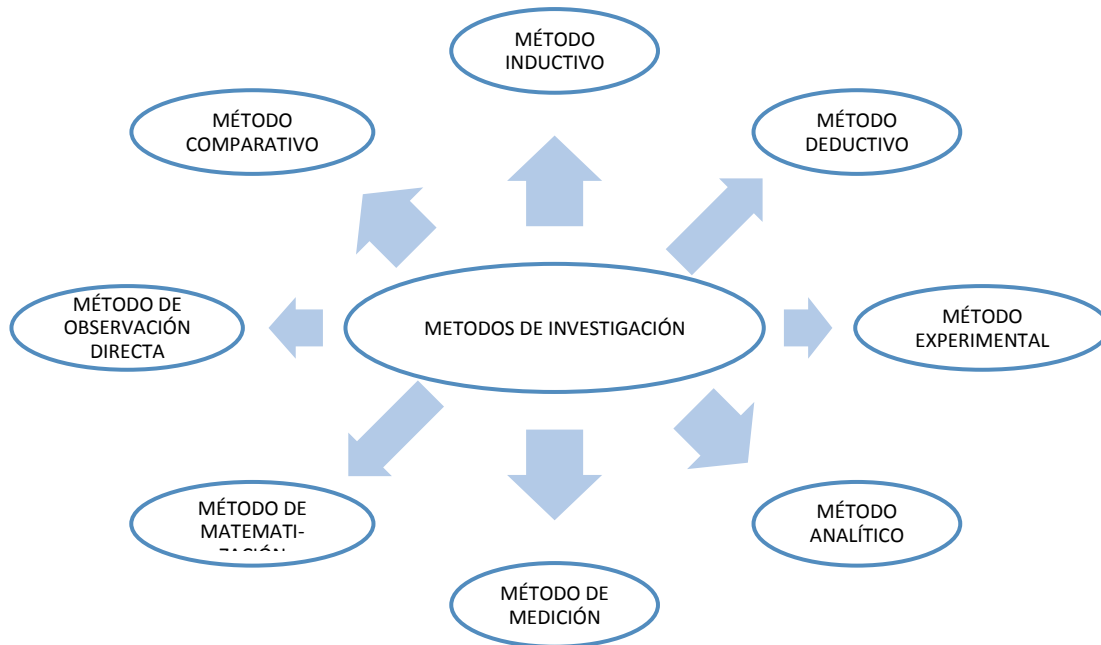
Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica	Instrumentos
Características mecánicas del motor a combustión interna, referente al desempeño	Académica Tecnológico	Potencia	HP	Experimental	Protocolo de prueba
		Torque	lb in	Experimental	Protocolo de prueba
		Consumo	l/km	Experimental	Protocolo de prueba
		Emisiones	NOx CO2 HC	Experimental	Protocolo de prueba
		Rendimiento	Térmico Volumétrico Mecánico	Matematización	Protocolo de prueba

1.9. Metodología de desarrollo del proyecto

Se analizaron los diferentes métodos de estudio empleados referente al desarrollo de este proyecto de investigación, por medio de la Figura 2 se da a conocer cada uno de ellos.

Figura 2

Métodos aplicados en la investigación



1.9.1. Método Inductivo.

Este método inductivo se realizó en el motor Rotax Max 125cc empleado en Karting, permitiendo analizar y probar el sistema de alimentación empleado y los mapas de inyección e ignición en el software, con la finalidad de obtener un motor más eficiente.

1.9.2. Método Deductivo

Este método deductivo nos permitió preparar diferentes mapas de inyección y avance al encendido, tomando en cuenta la mezcla estequiométrica ideal, control electrónico del sistema de alimentación con el uso del software dedicado a la reprogramación, se analizó la información recopilada mejorando el rendimiento del motor Rotax Max 125cc.

1.9.3. Método Experimental

Mediante la metodología experimental se trabajó en pruebas en el motor Rotax Max 125cc, puesto se emplearon distintos parámetros de inyección e ignición debido a que se efectuó varios ensayos en diferentes condiciones de tiempo y presiones atmosféricas empleado en pruebas en el dinamómetro y pruebas cronometradas en pista realizadas en el Kartódromo de Cotopaxi.

1.9.4. Método Analítico

A través del método analítico se analizó que en el software dedicado se pueda variar los distintos parámetros característicos del motor Rotax Max 125cc empleado en karting, verificando con equipo especializado de medición y puesto en pista.

1.9.5. Métodos de medición

Es adecuado emplear el método de medición teniendo en cuenta que fue necesario realizar varias mediciones de Torque, Potencia y Consumo, determinando la programación más eficiente en el motor Rotax Max 125cc.

1.9.6. Método de matematización

Se empleó el método de matematización debido a que en el cálculo de torque, potencia y consumo intervienen ecuaciones matemáticas las cuales se emplearon para determinar de manera precisa los cambios realizados en los parámetros del motor Rotax Max 125cc.

1.9.7. Método observación directa

A través de la aplicación del método, se verificó el estado del motor antes de realizar las modificaciones planificadas, principalmente detectar fallas en el motor, además permitió evidenciar los resultados obtenidos luego de la realización de los cambios en el motor.

1.9.8. Método comparativo

Teniendo en cuenta que se realizaron pruebas antes y después de las modificaciones en el sistema de alimentación es indispensable emplear este método para comparar ambas pruebas y evidenciar las mejoras obtenidas con el nuevo sistema de alimentación electrónico.

Tabla 3

Metodología de la investigación

Táctica o método	Descripción	Instrumentos o equipos	Laboratorio
Método Inductivo	Se realizó en el motor Rotax Max 125cc empleado en Karting, permitiendo analizar y probar el sistema de alimentación elegido y los mapas de inyección e ignición en el software, con la finalidad de obtener un motor más eficiente.	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor Rotax Max 125cc. ● Laptop ● Computadora Reprogramable. ● Software. 	Laboratorio de Autotrónica
Método Deductivo	Permite preparar diferentes mapas de inyección y avance al encendido, tomando en cuenta la mezcla estequiométrica ideal, control electrónico del sistema de alimentación con el uso del software dedicado a la reprogramación, se analizará la información recopilada mejorando el rendimiento del motor Rotax Max 125cc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor Rotax Max 125cc. ● Laptop ● Computadora Reprogramable. ● Software 	Laboratorio de Autotrónica, Kartódromo de Cotopaxi.
Método Experimental	Mediante la metodología experimental se trabajó en pruebas en el motor Rotax Max 125cc, puesto se emplearon distintos parámetros de	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor Rotax Max 125cc. ● Laptop 	Laboratorio de Autotrónica, Kartódromo de

Táctica o método	Descripción	Instrumentos o equipos	Laboratorio
	inyección e ignición debido a que se efectuó varios ensayos en diferentes condiciones de tiempo y presiones atmosféricas empleado en pruebas en el dinamómetro y pruebas cronometradas en pista realizadas en el Kartódromo de Cotopaxi.	<ul style="list-style-type: none"> ● Computadora Reprogramable. ● Software 	Cotopaxi.
Método Analítico	A través del método analítico se analizó que en el software dedicado se pueda variar los distintos parámetros característicos del motor Rotax Max 125cc empleado en karting, verificando con equipo especializado de medición y puesto en pista.	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor Rotax Max 125cc. ● Laptop ● Computadora Reprogramable. ● Software 	Laboratorio de Autotrónica, Kartódromo de Cotopaxi.
Métodos De Medición	Es adecuado emplear el método de medición teniendo en cuenta que fue necesario realizar varias mediciones de Torque, Potencia y Consumo, determinando la programación más eficiente en el motor Rotax Max 125cc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Dinamómetro de rodillos. ● Cronometría. ● Medidor de volumen Quick 2 Mix 	Kartódromo de Cotopaxi.
Método de Matematización	Se empleó el método de matematización debido a que en el cálculo de torque, potencia y consumo intervienen ecuaciones matemáticas las cuales se emplearon para determinar de manera precisa los cambios realizados en los parámetros del motor Rotax Max 125cc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Computadora ● Calculadora ● Textos matemáticos 	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método Observación Directa	A través de la aplicación del método, se verificó el estado del motor antes de realizar las modificaciones planificadas, principalmente detectar fallas en el motor, además permitió evidenciar los resultados obtenidos luego de la realización de los cambios en el motor.	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor Rotax Max 125cc. ● Laptop ● Computadora Reprogramable. ● Software ● Dinamómetro de rodillos. ● Cronometría. 	Laboratorio de Autotrónica Kartódromo de Cotopaxi
Método Comparativo	Teniendo en cuenta que se realizaron pruebas antes y después de las modificaciones en el sistema de alimentación es indispensable emplear este método para comparar ambas pruebas y evidenciar las mejoras obtenidas con el nuevo sistema de alimentación electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> ● Dinamómetro de rodillos. ● Cronometría. ● Go-kart. ● Computadora. ● Pista de karting. 	Laboratorio de Autotrónica Kartódromo de Cotopaxi

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del Karting

(Loayza, 2015) asevera que: el Karting nació en 1951 en una Base Aérea de Estados Unidos, su primer diseño fue realizado con tubos de calefacción, un motor cortacésped y partes de un avión en desuso, éstos fueron sus inicios. En aquel entonces era visto como un simple hobby, para más tarde establecerse como un deporte debidamente estructurado, con normas de construcción y reglamentos de conducción dentro de la pista, su primer diseño alcanzaba un máximo de 50 km/h.

Figura 3

Historia del Karting



Nota: (Loayza, 2015)

(Loayza, 2015) menciona que: el primer Kart comercial fue construido en agosto de 1956 por Arte Ingels, quien era un ingeniero y diseñador especializado en autos de competición, sobre

todo en monoplazas, y quien sin saberlo había creado un vehículo que nació con el único interés de ser un coche de diversión; la primera empresa en desarrollar Karting en serie fue Go-Kart Manufacturing, en el año de 1958. Año seguido, McCulloch, es quien se dedica a desarrollar motores específicos para Karting sacando su primer modelo, el McCulloch MC-10, que básicamente era un motor de motosierra de dos tiempos.

Figura 4

Go-Kart Manufacturing



Nota: (Pinterest, 2019)

Según (Villacreses, 2010), al principio el karting hizo las delicias de todos los amantes del bricolaje que pudieron expresar su ingenio creativo. Si al principio los motores de cortacesped MacCulloch, con sus 9 cv, hacían disfrutar a los pilotos, pronto quedaron desbancados por las marcas Montesa, Parrilla, Rotax y Comer.

(Molano, 2011) menciona que: “En 1957, la Federación Internacional de Automovilismo (FIA), comenzó a establecer normas para las competiciones de los Karts. En 1960, las carreras de Kart comenzaron a aparecer en las pistas locales en todo los Estados Unidos. A lo largo de la década, nuevas pistas de Karts aparecieron en muchas ciudades y estados diferentes. Los Karts continuaron evolucionando gracias a la innovación de los constructores y de los diseñadores. Éstos originalmente eran máquinas simples y sencillas. A lo largo de las últimas cinco décadas, surgieron máquinas que implican un ensamblaje sofisticado y avanzado. A pesar del avance en los estilos, las carreras de Kart siguen siendo la forma más económica de las carreras profesionales de autos”.

Figura 5

Primeros Karts



Nota: (Sainz, 2019)

Para (Villacreses, 2010), en 50 años el karting ha obtenido el respeto y el reconocimiento como un deporte completo y una formidable escuela de conducción. Pilotos de la talla de Michael Schumacher, Mika Häkkinen, Kimi Räikkönen, Fernando Alonso y otros muchos, colaboraron en sus inicios deportivos para que el deporte del karting sea uno de los más difundidos en todo el mundo y sobre todo la base más importante del deporte automovilístico actual.

Figura 6

Fernando Alonso



Fuente: (Daly, 2019)

(Loayza, 2015) dice que: desde aquella primera construcción hasta la actualidad el desarrollo del Karting ha sido una evolución constante, comenzando por sus tubos de calefacción los cuales fueron reemplazados rápidamente por un chasis con menor peso, y a su vez se implementó el sistema de Frenos, actualmente estos Karting alcanzan una velocidad superior a los 250 km/h.

Figura 7

Go-kart



Nota: (Razvanchirnoaga, 2012)

2.2. Categorías del Karting

Todas estas categorías utilizan motores de 125 cc, de dos tiempos, con embrague centrífugo, encendido eléctrico, de un solo cilindro y con un sistema de refrigeración por agua, dependiendo en la categoría en la que se desea competir se exigen distintos aspectos técnicos.

(Salazar, 2019) habla sobre: la etapa formativa, que existen distintas categorías para todas las edades. Los niños de entre 4 y 6 años que comienzan en las escuelas que existen en Ecuador a bordo de chasis equipados con motores de 50cc, mientras que los que tienen entre 7 y 14 años por lo general lo hacen sobre chasis homologados por la FIA (Federación Internacional de Automovilismo) para uso profesional. Los motores que propulsan estos karts son a combustión de dos tiempos, aunque en este caso su modelo y potencia varía de acuerdo al nivel de formación del piloto (básico, intermedio y avanzado).

Figura 8

Categorías del karting



Nota: (Tayupanta, 2015)

(Cóndor, 2018) expresa que: tratándose de vehículos de competición aparentemente con un funcionamiento muy sencillo, su comportamiento y su conducción es comparable con cualquier categoría automovilística del más alto nivel, razón por la cual el diseño de los diferentes componentes involucra un desarrollo tecnológico de alta ingeniería comprendiendo como partes principales del Kart al chasis: la carrocería, los neumáticos, dirección y el motor como ya se había mencionado.

Según (Ortigueira, 2010), la disciplina deportiva del automovilismo que se practica con karts es denominada Karting. Y los circuitos de karting o pistas de karting sobre la que se desarrolla esta actividad tienen una longitud aceptada entre 600 a 1.700 metros de longitud, y una anchura de entre 8 y 15 metros.

Figura 9

Go-kart



Nota: (Canal Motor, 2018)

2.2.1 Categorías de la copa Rotax Mojo Max

Para (Rotax Mojo Max Challenge, 2017), los Karts que se utilizan en la Rotax Mojo Max Challenge (RMC) se dividen en los siguientes grupos:

- Rotax 125 MICRO MAX EVO.
- Rotax 125 MINI MAX EVO.
- Rotax 125 JUNIOR MAX EVO.
- Rotax 125 MAX EVO: SENIOR Y MASTER.
- Rotax 125 MAX: SENIOR NACIONAL Y MASTER NACIONAL.
- Rotax 125 DD2 EVO: SENIOR Y MASTER (cilindrada 125 cc, 2 velocidades).

2.2.2 Pesos permitidos para cada categoría

Según (Rotax Mojo Max Challenge, 2017), los Karts que se utilizan en la Rotax Mojo Max Challenge (RMC) tienen pesos que se deben respetar dependiendo de cada categoría como son:

- **CATEGORÍA MICRO:** Mínimo 115 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA MINI:** Mínimo 130 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA JUNIOR:** Mínimo 145 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.

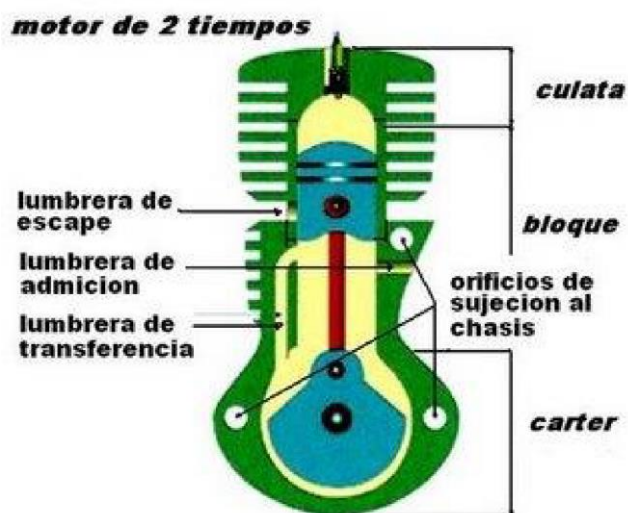
- **CATEGORÍA SENIOR:** Mínimo 160 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA SENIOR NACIONAL:** Mínimo 165 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA MASTER NACIONAL:** Mínimo 175 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA MASTER MAX:** Mínimo 175 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **CATEGORÍA DD2 SENIOR Y MÁSTER:** Mínimo 178 kg. Como mínimo, la suma de piloto más el peso del kart y equipo completo tomado en línea de llegada.
- **NO SE AGREGARA EL PESO DE LOS ELEMENTOS PERDIDOS DURANTE LA COMPETENCIA**
- **El piloto que supere (piloto y kart sin lastre) los 10 Kg, se le autoriza el uso de un diente de corona más.**

2.3. Motores de dos tiempos

(EcuRed, 2019) manifiesta que: el motor de dos ciclos, es un motor de combustión interna el cual realiza las cuatro etapas (admisión, compresión, explosión, escape) cada dos carreras (una vuelta del cigüeñal), a diferencia del motor de cuatro tiempos que realiza las cuatro etapas cada cuatro carreras (dos vueltas del cigüeñal). Existen tanto de gasolina como de diésel.

Figura 10

Ciclo de un motor dos tiempos.



Nota: (Mecánica de autos, 2019)

(Narváez, Acevedo, Ávila, & Zapata, 2015) indican que: los motores de dos tiempos también se conocen como motores de ciclos. Este es un motor de combustión interna que realiza cuatro etapas termodinámicas que son admisión, compresión, explosión y escape, en dos movimientos lineales del pistón no sea una sola vuelta del cigüeñal.

(Lucendo, 2019) menciona que: los motores de dos tiempos producen una explosión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos hace la explosión por cada dos vueltas del cigüeñal lo que significa que el motor dos tiempos suele ser más potente, pero a su vez también generar más emisiones de gases contaminantes y un mayor consumo de combustible. Un motor de dos tiempos se caracteriza por su sencillez ya que está compuesto de pocas piezas ya que no contienen válvulas de admisión ni de escape. Los motores de dos tiempos son refrigerados por aire y su mezcla de combustible y aceite lo cual lo hace más contaminante para el medio ambiente.

(Córdova, 2013) expresa que: el motor de dos tiempos, en lugar de desarrollar una potencia del 100% mayor, solo desarrolla del 70-90% más que el motor de cuatro tiempos de la misma cilindrada o desplazamiento debido:

- Un barrido más pobre o incompleto.
- Una menor masa de mezcla de combustible para un desplazamiento dado del émbolo.
- Una mayor pérdida de combustible no quemado.
- Un pequeño consumo de energía para comprimir el aire que barre el cilindro.
- La pérdida de presión debida al escape prematuro.

Para un motor de dos tiempos, la diferencia radica en que las operaciones (0,1) y (1,0) la admisión y el escape no se realizan en dichas emboladas, por cuanto en estos motores existe un sistema de compresión que comunica con las lumbreras colocadas cerca del P.M.I. El émbolo las descubre en su movimiento hacia dicho punto y las cierra en su carrera de vuelta, habiendo sustituido previamente los productos de la combustión por una nueva carga fresca carburada, (Córdova, 2013, pág. 37)

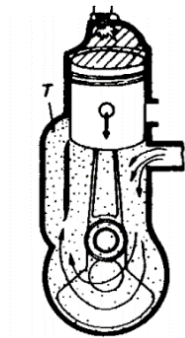
2.3.1. Funcionamiento del motor de dos tiempos

(Fiallo, 2005) presenta que: el funcionamiento de un motor de dos tiempos de la siguiente manera:

- a) El pistón se mueve hacia arriba comprimiendo la mezcla y manteniendo cerradas todas las lumbreras, al llegar a un punto determinado en su carrera ascendente (compresión), se abre la lumbrera del cárter (admisión) y comienza a entrar la mezcla gaseosa de combustible y aire en el cárter. Al llegar al P.M.S. se produce la explosión de la mezcla por medio de la chispa de la bujía y los gases comprimidos se expanden, produciendo el movimiento del cigüeñal.

Figura 11

Admisión al cárter y explosión

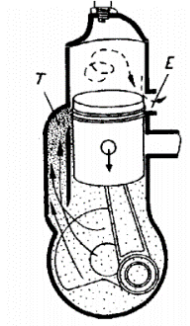


Nota: (Fiallo, 2005, pág. 5)

- b) Durante la carrera descendente sigue entrando mezcla en el cárter, hasta que el pistón termina por cerrar la lumbrera de admisión y continuando su carrera comienza a dejar abierta la lumbrera de escape, los gases quemados salen por ella.

Figura 12

Apertura de la lumbrera de escape

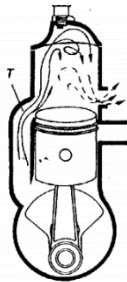


Nota: (Fiallo, 2005, pág. 6)

- c) Un poco después, y a través del tubo, comienza la entrada en el cilindro de la mezcla pre-comprimida en el cárter al abrirse la lumbrera de carga. Estos gases empujan y barren los gases quemados, quedando el cilindro lleno de la mezcla de combustible y el pistón en el P.M.I., en posición para reiniciar el ciclo.

Figura 13

Apertura de la lumbrera de carga



Nota: (Fiallo, 2005, pág. 7)

2.4. Rotax Max 125 cc

Según (KPSrancing, 2017), el motor Rotax 125 Max es perfecto para pilotos de competición y hobby. A partir de los 15 años. Genera 22 kW / 30 hp a 11.500 rpm. El peso del motor es de 12 kg.

Peso pack completo: 23,1 kg. Cilindro con válvula de escape. El pack incluye: filtro aire, carburador, bomba gasolina, motor, escape, radiador, soporte para la batería, cableado, relé e interruptor ON/OFF. El carburador nuevo es más fácil de poner a punto y permite una mejor respuesta del motor. Reduce mucho los cambios de ajustes del carburador, por lo cual es más sencillo de utilizar.

(KPS Racing, 2019) asevera que: la caja electrónica Dellorto que controla los tiempos del encendido para distintas especificaciones de los varios modelos del Rotax 125 y mejora la performance del motor. Válvula electrónica: Esta válvula se abre en un determinado y fijo rango de revoluciones. Hay dos posibilidades de reglaje para distintas formas de conducción. Un escape en dos cuerpos, menor peso, menos ruido y más durabilidad. Nuevo soporte de batería con el botón ON/OFF/START integrado. Más sencillo de instalar y más sencillo de utilizar. Nueva biela y pistón.

Figura 14

Detalle técnicos del Rotax Max 125CC



DETALLES TÉCNICOS

Familia de motores	2-tiempos
Número de cilindros	1
Potencia	22 kW / 29 HP
~ Peso	23.1 kg
Potencia R.P.M.	22 kW / 11500 rpm
Momento de giro R.P.M.	21 Nm / 9000 rpm
Engranaje	Ninguno

Nota: (KPSrancing, 2017)

2.4.1. Ficha técnica del motor Rotax Max

Figura 15

Ficha Técnica 125 Max



Engine Type	125 MAX/125 Junior MAX/ 125 Mini MAX/125 Micro MAX
Bore/stroke	54.0 mm/54.5 mm
Displacement	125.0 cm ³
Nominal power(max.) 125 MAX 125 Junior MAX 125 Mini MAX 125 Micro MAX	21 kW at 11.500 rpm 15 kW at 8.500 rpm 10 kW at 8.500 rpm 5 kW at 6.500 rpm
Torque (max.) 125 MAX 125 Junior MAX 125 Mini MAX 125 Micro MAX	21 Nm at 8.750 rpm 17 Nm at 8.500 rpm 12 Nm at 7.500 rpm 8 Nm at 5.500 rpm
Idle speed	1.500 rpm at 2000 rpm
Highest permissible speed 125 MAX 125 Junior MAX 125 Mini MAX 125 Micro MAX	13.500 rpm (at operation on the track, under load) 12.200 rpm (at operation on the track, under load) 11.500 rpm 10.500 rpm NOTICE Do not operate the engine without load!
Ignition unit	Contactless, DENSO digital coil ignition
Spark plug	DENSO IW 24 DENSO IW 27 DENSO IW 29 DENSO IW 31, M14x1.25
Electrode gap	0.45 - 0.7 mm (DENSO)
Fuel	SUPER unleaded fuel
RON (min.)	Min. 95 Octane
Cooling	Liquid cooling: Cooling circuit with integrated coolant pump
Injection quantity of the coolant pump	approx. 22 Litres at 11.000 rpm.
Coolant mixture	50 % Water (distilled) 50 % Anti-freeze. Observe the condition from the operator of Kart!
Coolant capacity	0.6 Litres
Engine lubrication	Oil-in-gasoline lubrication, synthetic 2 Stroke oil (ROTAX XPS KART-TEC Oil part no. 29460 recommended).
Mixture ratio	1:50 (2 % Oil)
Lubrication of the differential drive	SAE Engine oil 15W-40
Engine oil capacity	0.05 l (= 50 ml) (for plastic AGR) 0.1 l (= 100 ml) (for steel AGR)
Clutch	Centrifugal clutch, in oil-bath
Engagement speed	approx. 4000 rpm

Nota: (Rotax New Age Karting, 2010)

2.4.2. Rendimiento del motor Rotax Max

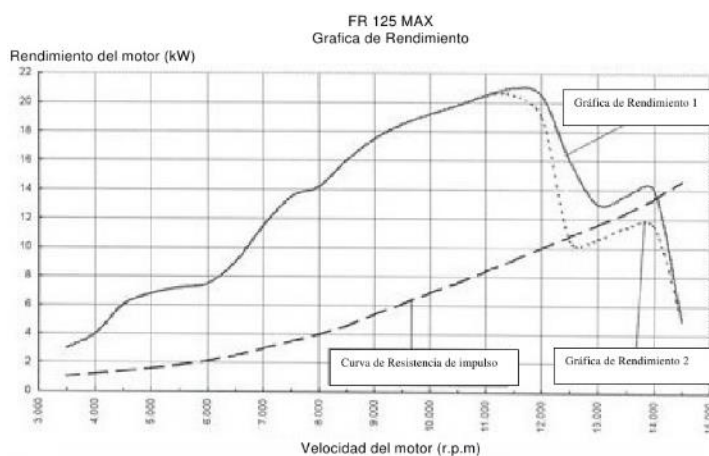
(Karts, 2003) menciona que: la “Curva de Resistencia de Impulso” muestra la resistencia de impulso del kart que está sujeta a variación de acuerdo con el peso del piloto, relación de transmisión y agarre de las llantas.

(Karts, 2003) establece que: la “curva de rendimiento 1” muestra el desempeño característico de un motor tipo FR 125 Max con el mejor tamaño posible de espera principal. La característica de desempeño del motor siempre es arriba de la resistencia de impulso del kart y el motor pudiera llegar a la máxima velocidad de 14000 r.p.m.

La “curva de rendimiento 2” muestra un desempeño de motor característico con una espera principal no optimizada. La característica de rendimiento del motor y la resistencia de impulso del kart se cruzan. La velocidad máxima del motor en este caso sería en la intersección de las dos curvas (aprox 12400 rpm).

Figura 16

Curva de rendimiento



Nota: (Karts, 2003)

2.5. Partes del motor Rotax Max 125

Figura 17

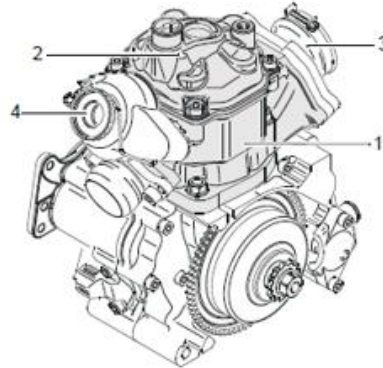
Motor Rotax Max completo



Nota: (KartMag, 2015)

2.5.1. Cilindro

(Ramírez & Zaruma, 2010) establece que: los cilindros son cavidades, donde se desplazan los pistones y su propósito primordial es recoger la mezcla de aire-combustible para luego comprimirla y hacerla explotar mediante la chispa concebida por la bujía, generando así la fuerza que se transfiere a las ruedas por medio de la transmisión.

Figura 18*Partes Motor Rotax Max*

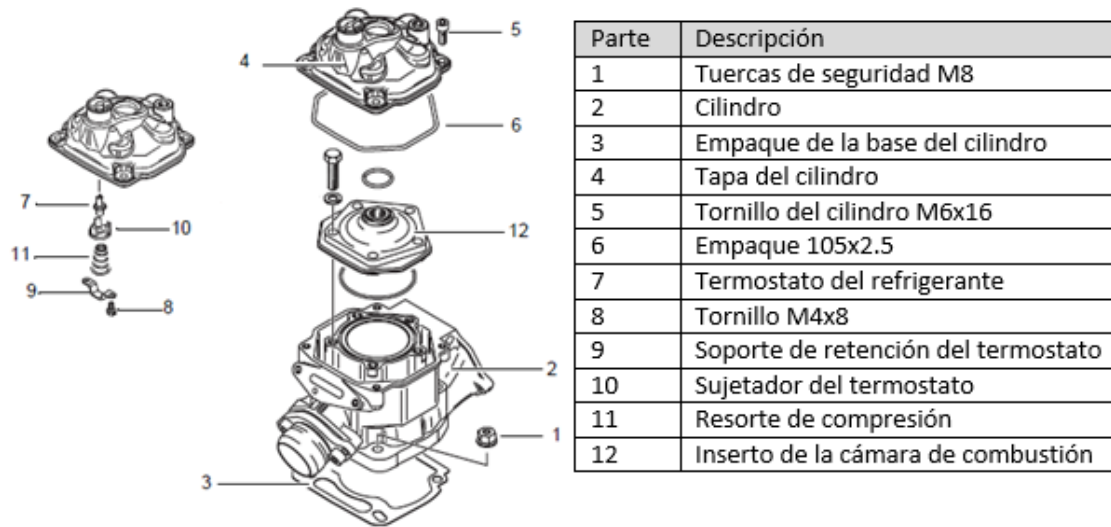
Parte	Descripción
1	Cilindro
2	Tapa de cilindro
3	Acople del carburador
4	Válvula de escape

Nota: (Rotax BRP, 2010)

(Ramírez & Zaruma, 2010) menciona que: Los cilindros básicamente tienen 3 aberturas o Lumbreras, 1 de admisión, 1 de escape y 1 de transvase o "transfer". La de admisión normalmente está enfrente del escape y los transfers a los lados. La que está más alta, es decir más próxima al borde superior del cilindro, es el escape, un poco más abajo los transfers y la más inferior y cercana al cárter la admisión. La altura de las aberturas y su disposición permiten deducir las distintas fases de la distribución).

Figura 19

Despiece del Cilindro del Motor Rotax Max



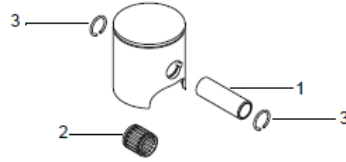
Nota: (Rotax BRP, 2010)

2.5.2. Culata

(Ramírez & Zaruma, 2010) “La culata es la tapa del cilindro, se ubica en la parte superior del bloque de cilindros, aquí se encuentran las lumbreras de admisión y escape, también se encuentran las bujías”.

2.5.3 Pistón

(Ramírez & Zaruma, 2010) “Al pistón como un elemento que realiza movimientos descendentes y ascendentes dentro de cada uno de los cilindros. Enlaza la fuerza que produce la combustión a la biela, quien a su vez la transmite al cigüeñal”.

Figura 20*Pistón del Motor Rotax Max*

Parte	Descripción
1	Bulón del pistón
2	Rodamiento de canastilla
3	Anillo de retención

Nota: (Rotax BRP, 2010)

2.5.4. Biela

(Ramírez & Zaruma, 2010) “Es un brazo que comunica el movimiento ascendente y descendente del pistón al cigüeñal”.

(Rotax Racing, 2016) afirma que: la longitud de la biela determina la carrera en el caso del motor Rotax Max es 54'5 mm (+/-) 0'1mm. La biela tiene que mostrar el número “213” o “365” o “367” o “362” en el eje. Las bielas con el número “213” o “365” o “367” no están mecanizadas tienen baño de cobre. La biela con el número “362” no tiene baño de cobre y tiene color gris.

Figura 21*Biela del Motor Rotax Max*

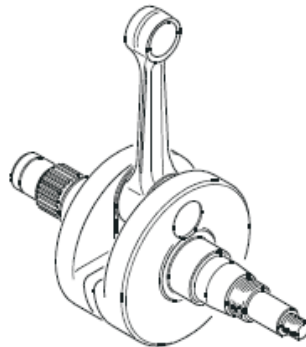
Nota: (Rotax Racing, 2016)

2.5.5. Cigüeñal

(Ramírez & Zaruma, 2010) “El cigüeñal es el eje con codos en forma de manija, que reciben el movimiento ascendente y descendente del conjunto biela-pistón, para convertir este movimiento en uno giratorio que será transmitido a las ruedas”.

Figura 22

Conjunto Biela – Cigüeñal del Motor Rotax Max



Nota: (Rotax BRP, 2010) (Type, Max, Max, & Max, n.d.)

2.6. Sistemas del motor Rotax Max 125cc

2.6.1. Sistema de refrigeración

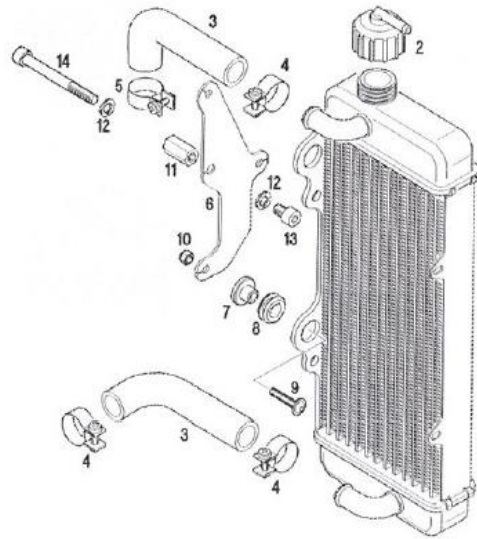
El sistema de refrigeración evita que el motor alcance temperaturas demasiado elevadas.

El sistema de refrigeración tiene como función eliminar el calor excesivo que se produce por la actividad y combustión, impidiendo superar los límites de resistencia térmica de las distintas piezas que hacen parte del motor. También evita la dilatación excesiva provocada por el calor de

diferentes partes del motor como lo son las paredes internas de cilindros, pistones, válvulas entre otras (Mecánica Fácil, s/f, párrafo primero).

Figura 23

Radiador de agua del Motor Rotax Max



Nota: (Karts, 2003)

2.6.2. Sistema de alimentación de combustible

El motor inicialmente cuenta con un sistema de alimentación de combustible convencional que emplea un carburador para realizar la mezcla aire-combustible en proporciones aproximadas y una bomba de combustible de diafragma para la succión de combustible del tanque.

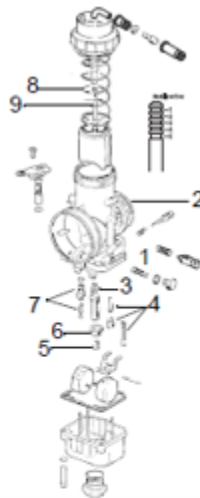
a. El Carburador

(Sánchez, 2018) El propósito principal del carburador es conseguir que la gasolina líquida que se le suministra desde el tanque de combustible, se transforme en una mezcla explosiva una

vez que esté dentro del motor, en la cámara de combustión, para lograr esto, se precisa de otro elemento aparte de la gasolina, el aire que contiene oxígeno, y sin el cual no habría combustión.

Figura 24

Carburador del Motor Rotax Max



Parte	Descripción
1	Filtro de combustible
2	Carburador
3,4,5,6,7	Shiglores
8	Arandela de seguridad
9	Aguja del shiglor

Nota: (Kart-RotaxBPR, 2010)

El motor Rotax Max 125 emplea un carburador de competición marca Dell'Orto, el cual se encarga de la preparación de la mezcla de aire y combustible para enviar a la cámara de combustión.

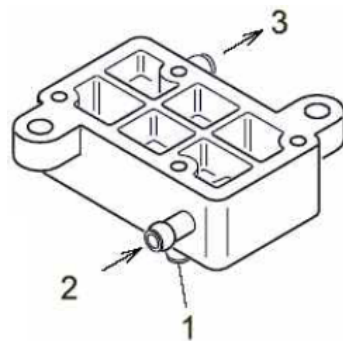
b. Bomba de combustible

(Karts, 2003) indica que: la bomba de combustible se activa por los cambios de presión pulsantes dentro de la carcasa y la bomba transfiere la gasolina del tanque de gas al carburador.

Un filtro de gasolina en línea (entre el tanque y la bomba de gas) evita que entren partículas extrañas a la bomba y al carburador.

Figura 25

Bomba de Combustible del Motor Rotax Max

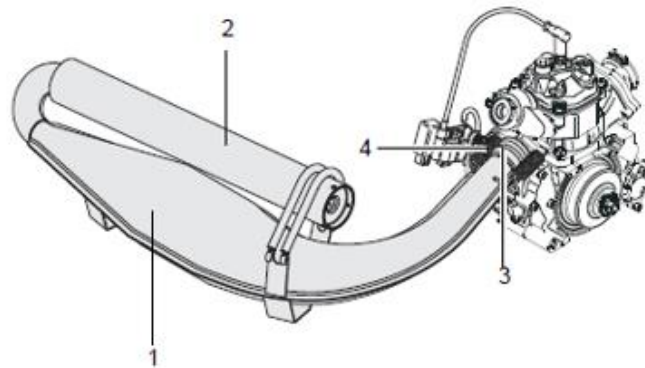


- 1. Línea de impulsión**
- 2. Línea de suministro**
- 3. Línea de salida (al Carburador)**

Nota: (Rotax BRP, 2010)

2.6.3 Sistema de escape

(Narváez, 2012) establece que: es un sistema que tienen los motores de combustión interna, el cual permite que los gases generados en la combustión sean expulsados hacia afuera del motor, mejorando la combustión y disminuyendo los gases nocivos. Los gases que son producidos por la combustión interna, son empujados por el pistón en una carrera ascendente que sale a través de la válvula de escape hacia el múltiple de escape.

Figura 26*Escape del Motor Rotax Max 125*

Parte	Descripción
1	Silenciador de escape
2	Silenciador
3	Acople de bola
4	Resorte de escape

Nota: (Rotax BRP, 2010)

2.7. Banco de pruebas inercial para motores de kart

El banco de pruebas inercial es la herramienta empleada para la medición de los parámetros específicos del motor, como son el toque y la potencia.

(Resio, 2020) expresa que: este dinamómetro consiste en un bastidor que a su vez es el soporte del volante de inercia. El mismo está acoplado al motor por medio de un eje secundario que mantiene la distancia de la cadena en valores similares a la del kart, dado que la pérdida de potencia por la cadena es función del largo de la misma. Para detener el volante y simular los procesos de aceleración y frenado similares a los valores en pista el sistema tiene un freno neumático.

Figura 27

Banco de pruebas inercial



Nota: (Resio, 2020)

(Resio, 2020) asevera que: “Los valores de aceleración son obtenidos mediante un sensor de rotación de ultra-precisión acoplado al volante de inercia. Con dichos valores la computadora calculará los valores de potencia vs rpm para poder graficarlos en tiempo real”.

2.8. Sensores del sistema de inyección electrónica

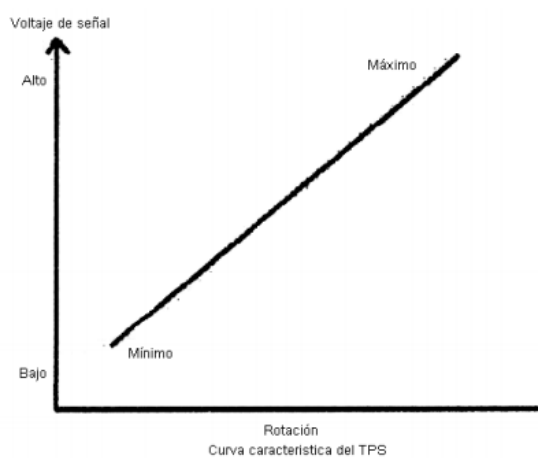
2.8.1. Sensor TPS

En un estudio de (Borja & Salvador, 2007) manifiesta que: el sensor de posición de la mariposa TPS, informa a la ECU sobre las variaciones angulares de la mariposa del acelerador. El sensor de posición del estrangulador es un potenciómetro, este consiste en una resistencia variable que es proporcional a la aceleración, está ubicado afuera del cuerpo del estrangulador. Reconoce las posiciones de ralentí, carga plena y las fases transitorias.

El sensor de la mariposa de aceleración, transmite una señal de voltaje a la ECU señalando el estado del estrangulador, esta señal aumenta mientras más se mueve el estrangulador. Tiene una tensión que envía el ECM al TP de 5V.

Figura 28

Curva característica sensor TPS.



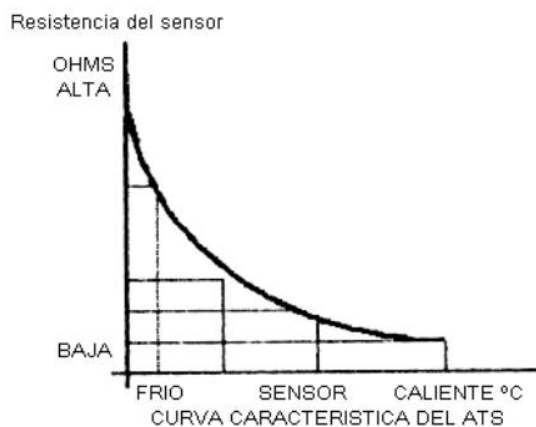
Nota: (Borja & Salvador, 2007)

2.8.2. Sensor IAT

(Veloz, 2019) menciona que: el sensor de temperatura de aire de entrada es un termistor que tiene 2 cables: uno de tierra y el otro de señal de 5 voltios. La resistencia es de aproximadamente 100 ohmios cuando el aire está a unos 10° C, y cuando el aire está a unos 130 °C, la resistencia estaría en unos 70 ohmios, cuando aumenta la temperatura, la resistencia interna del transductor disminuye.

Figura 29

Curva característica del sensor IAT.

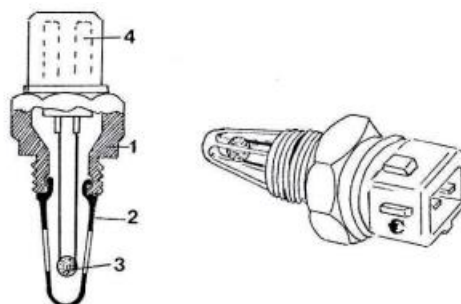


Nota: (Borja & Salvador, 2007)

(Borja & Salvador, 2007) afirma que: la temperatura del aire o del múltiple de admisión será utilizada para los cálculos de combustión, porque la densidad de aire varía con la temperatura. El aire caliente contiene menos oxígeno que de un mismo volumen de aire frío. Este sensor siempre está en contacto directo con el aire de admisión

Figura 30

Partes del sensor IAT



1. Cuerpo metálico
2. Cuerpo plástico

3. Pastilla NTC
4. Contactos eléctricos

Nota: (Borja & Salvador, 2007)

2.8.3. Sensor de temperatura del refrigerante.

(Villacreses, 2010) menciona que: la señal proveniente del sensor de temperatura (ECT). Esta entrada es usada para determinar la entrega de combustible y tiempo de disparo de la ignición, la velocidad de ralentí, la operación del ventilador de enfriamiento del refrigerante y para determinar la etapa de calentamiento del vehículo.

Figura 31

Sensor ECT

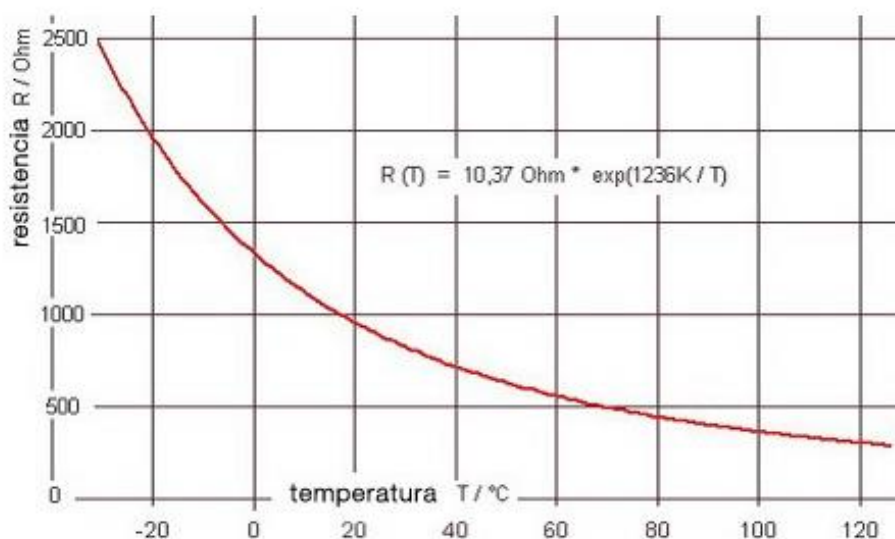


Nota: (Villacreses, 2010)

(Villacreses, 2010) en su estudio manifiesta que: la mayoría de los sensores de temperatura están diseñados con un termistor, una resistencia de coeficiente negativo, significa que la misma decrece a medida que la temperatura aumenta y viceversa. Estos cambios en la resistencia en función de la temperatura del líquido refrigerante se traducen luego en un voltaje. La ECU envía una señal de referencia de 5 V al sensor, así como también una señal de referencia de masa o tierra.

Figura 32

Curva característica del sensor ECT



Nota: (Villacreses, 2010)

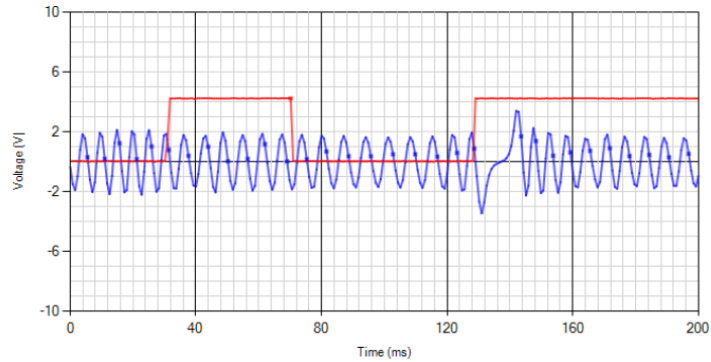
2.8.4. Sensor de posición del cigüeñal

El sensor de posición del cigüeñal es el encargado de transformar la rapidez de giro del cigüeñal en una señal, esta señal es receptada por la computadora del vehículo, la misma que provee una sincronización puntual para el salto de la chispa y admisión del combustible en el motor.

(Cabrera & Cifuentes, 2009) establecen que: la señal del CKP es usada para establecer la posición del cigüeñal, velocidad del motor, punto de encendido y momento de la inyección. Es un sensor de tipo inductivo en otros casos un sensor de efecto hall. Se instala cercano a la rueda volante de inercia, los dientes de la cinta del volante de inercia pasan muy cerca del sensor inductivo y por cada diente se genera un pulso de corriente alterna; es decir si la cinta dentada tuviera 300 dientes, por ejemplo, en cada vuelta completa del eje cigüeñal se inducirían 300 pulsos en el sensor.

Figura 33

Forma de onda del sensor CKP.



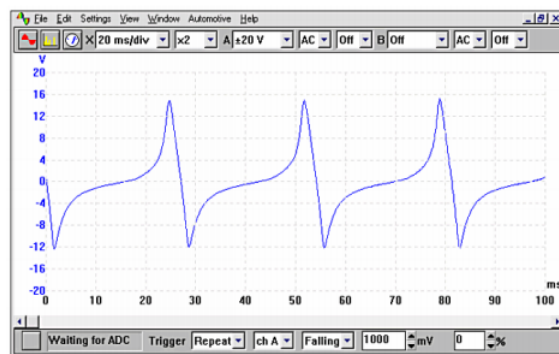
Nota: (Veloz, 2019)

a. Sensor CKP inductivo

(Pérez, 2007) en su estudio asegura que: los sensores inductivos tanto pueden ser mediante un imán permanente, para lo que no hace falta alimentación, como mediante una reluctancia variable, para lo que sí es necesario. Tanto los de un tipo como los de otro proporcionan una señal de la misma naturaleza que tiene la forma.

Figura 34

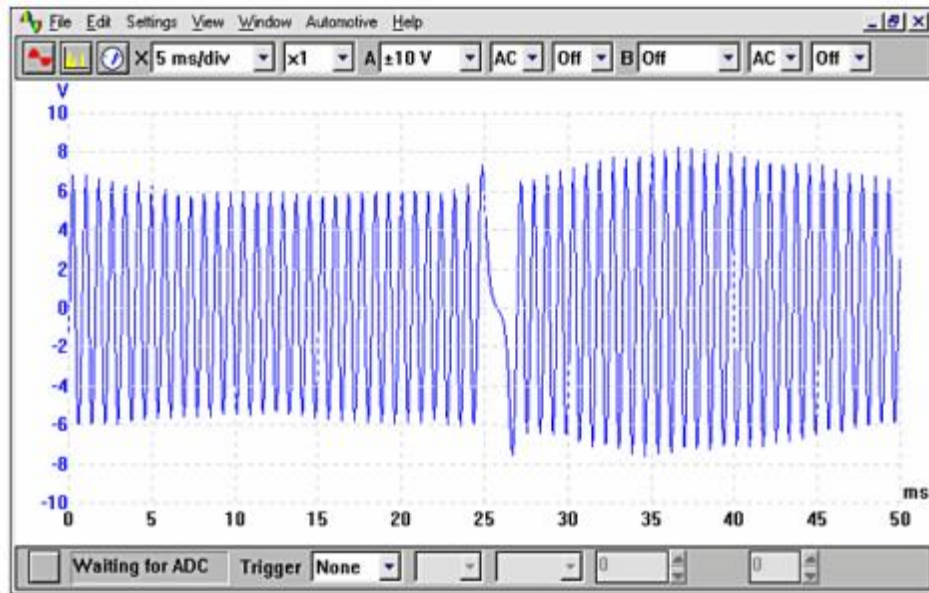
Señal inductiva, pulso por vuelta



Nota: (Pérez, 2007)

Figura 35

Señal inductiva de la rueda fónica



Nota: (Pérez, 2007)

2.9. Actuadores del sistema de inyección electrónica

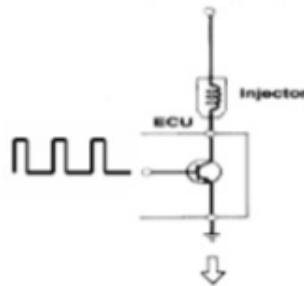
2.9.1. Inyector

(Buitrón & Narváez, 2018) indica que: los inyectores son válvulas electromagnéticas que suministran el combustible al motor, constan de un orificio de entrada de combustible y uno o varios orificios de salida del combustible, estas salidas tienen tolerancias muy pequeñas, lo que permite la fina pulverización o atomización del combustible. Están controlados por la unidad de control del motor ECU, el inyector está alimentado con los 12 voltios y se conecta y desconecta por medio del control de masa.

Figura 36 *inyector*

Nota: (Buitrón & Narváez, 2018)

(Buitrón & Narváez, 2018) manifiesta que: dentro de la unidad de control, un microprocesador es el que genera la señal que permitirá el funcionamiento del inyector, esta señal llega a un transistor de potencia que gobierna la conexión y desconexión del inyector.

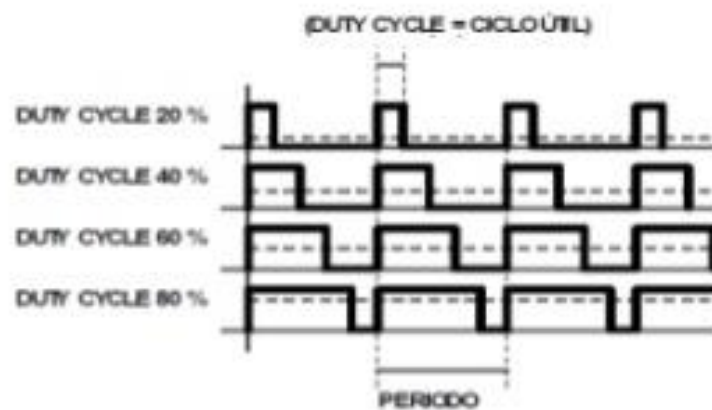
Figura 37*Señal al transistor de potencia*

Nota: (Buitrón & Narváez, 2018)

(Buitrón & Narváez, 2018) El microprocesador maneja el tiempo de la señal mediante la modulación del ancho de pulso (PWM), en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, permitiendo la variación del tiempo entre el estado alto y bajo de una señal digital. El tiempo en el que la señal está en alto se denomina ciclo útil de la señal (Duty Cycle) y esta se expresa como un porcentaje entre el periodo de la señal y el ancho del pulso.

Figura 38

Modulación del ancho de pulso y ciclo útil.



Nota: (Buitrón & Narváez, 2018)

2.9.2. Bobina de encendido

(Ochoa, 2016) menciona que: la bobina de encendido es elemento encargado de transformar la baja tensión en alta tensión que posteriormente será transmitida a través de los cables del encendido a las bujías para producir la chispa adecuada para la detonación de la mezcla de aire combustible al interior de los cilindros del motor.

De la bobina dependen directamente factores como la energía de la chispa, el número de chispas por minuto y la tensión máxima que puede alcanzar el sistema de encendido. Básicamente, está formada por dos bobinados con distinto número de vueltas acoplados magnéticamente por un núcleo común (Pardiñas & Feijoo, 2018, pág. 16).

(Laica, 2012) en los sistemas de encendido comandados directamente por la ECU se distingue un sistema principal y q es el más utilizado, el sistema DIS (Direct Ignition System), del cual se derivan otros sistemas que resultan en la evolución del primero como el sistema COP (Coil on Plug), los cuales son sistemas en los que se elimina completamente el distribuidor y se ejecuta el encendido a través de sensores la ECU y las bobinas de encendido.

Figura 39

Bobina de encendido.



Nota: (Laica, 2012)

2.9.3. Bomba de combustible

(Hidalgo, 2019) menciona que: la bomba de gasolina es la encargada de mandar el combustible que se encuentra en el depósito hacia el sistema de inyección para que posteriormente sea pulverizado por el inyector y se mezcle con el aire.

Figura 40

Bomba de combustible



2.9.4. Regulador de presión de combustible

(Córdova, 2013) expresa que: el regulador mantiene el combustible bajo presión en el circuito de alimentación, instalado en el tubo distribuidor o en el circuito junto con la bomba, es un regulador con flujo de retorno. Asegura presión uniforme y constante en el circuito de combustible, lo que permite que el motor tenga un funcionamiento perfecto en todos los regímenes de rotación. Al elevarse demasiado la presión, ocurre una liberación en el circuito de retorno.

Figura 41

Regulador de presión de combustible



Nota: (Córdova, 2013)

2.10. Selección de la ECU

Tabla 4

Selección de la ECU.

Modelo	Fiabilidad	Costo	Características
MegaSquirt 2 Extra	Muy buena	500	Conexión mediante USB 2.0 Bluetooth Admite sensores inductivos y Hall en el cigüeñal y levas 4 salidas de inyección. 4 salidas de encendido para bobinas. Sensor MAP incluido de 4 bares. Mapa 16x16 de combustible y 12 x 12 de encendido. Mapas con variaciones de 1 punto en el combustible y variaciones de 0,1º para el encendido. 4 mapas de combustible 16 x 16 para corregir las variaciones de combustible entre los cilindros. Programa de ajuste de descarga gratuita.
RACETec EFI Management R750	Muy buena		Control hasta 8 inyectores Control por chispa perdida y distribuidor hasta 8 cilindros Procesador doble núcleo Sensor MAP interno 9 entradas analógicas y digitales 4 salidas auxiliares Hasta 6 mapas diferentes Software manager en español
RACETec EFI Management R1000	Muy buena		Control hasta 8 inyectores Control de ángulo de inyección

Modelo	Fiabilidad	Costo	Características
			Control de ignición hasta 8 cilindros Corrección individual por cilindro Procesador doble núcleo Sensor MAP interno 9 entradas analógicas y digitales 4 salidas auxiliares Hasta 6 mapas diferentes Funciones especiales y ¼ de milla Software en español y tiempo real
Microsquirt V3	Muy buena		Control de inyección hasta 8 cilindros 4 salidas para bobinas 40 modos de encendido Inyección por etapas Mapas de 16 x 16 de combustible y chispas 7 entradas analógicas (variable de 0-5 V) 2 entradas de velocidad de la rueda (VR o tipo hall) 2 entradas de velocidad de rueda (tipo hall) o interruptor de tierra 1 entrada de interruptor de tierra dedicada

2.11. Sistema programable MegaSquirt 2 Extra

(Pirata Motor, 2020) presenta: a la MegaSquirt MS2; es la segunda generación de sistemas de gestión de motores MegaSquirt, dirigida a motores con combustible semi-secuencial o de encendido por lotes y encendido por chispa perdida. La MegaSquirt 2 comparte el mismo software que MicroSquirt, pero la mayoría de las opciones requerirán personalización de hardware. El software está listo para admitir una amplia variedad de motores listos para usar, con la capacidad de controlar cualquier cosa con uno a ocho cilindros con inyección de combustible por lotes y hasta cuatro canales de encendido lógico. Se admiten más de 40 modos de encendido diferentes, desde aplicaciones convencionales hasta modos inusuales como Renix Jeeps y Suzuki.

Figura 42

MegaSquirt 2 Extra



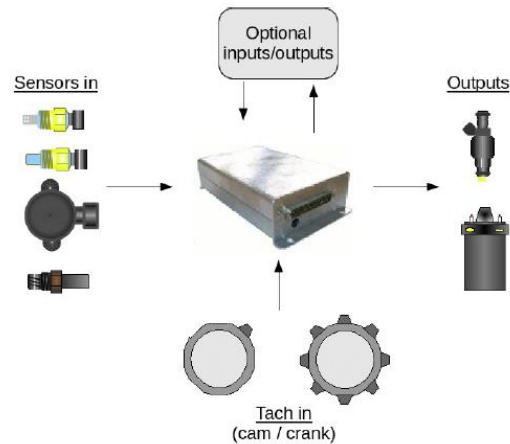
Nota: (Pirata Motor, 2020)

(Pirata Motor, 2020) manifiesta que: la MegaSquirt-2 tiene un amplio conjunto de opciones y características, hay varias funciones de carrera disponibles y se incluyen comunicaciones CAN para todos los firmwares. La interfaz de ajuste utiliza TunerStudio para controlar todas las variables en tiempo real. No hay hardware de registro de tarjeta SD disponible en MS2, pero el registro de datos del puerto serie con TunerStudio está disponible.

La unidad de control del motor (ECU) MegaSquirt recibe señales de varios sensores de entrada y luego controla las salidas de combustible y chispa para hacer funcionar el motor, para los motores que ya tienen instalada la inyección de combustible, es probable que pueda reutilizar muchos de los sensores existentes pero para motores que no tienen inyección de combustible existente, tienen que adaptar los sensores y actuadores necesarios, en la Figura 43 se puede observar un esquema funcional de la ECU.

Figura 43

Esquema funcional de la ECU



Nota: (Pirata Motor, 2020)

2.11.1. Interfaz

La Megasquirt MS2 Extra utiliza un cable de interfaz USB tipo B, para la transferencia de datos y la programación de la misma, además cuenta con bluetooth para una conexión inalámbrica.

(SP Tronics, 2012) menciona que: la ECU debe tener una conexión a tierra segura, lo que significa que la batería negativa debe estar correctamente conectada a tierra al chasis Y al motor. El cable de tierra, ya sea de la batería o del chasis y el motor, debe tener una conductividad eléctrica perfecta. Esto significa que no debe haber pintura u óxido debajo del terminal del cable. Asegúrese de que cuando instale el cable de tierra, haya metal desnudo expuesto donde el cable hace contacto con el componente del vehículo. Ambos cables negros deben conectarse a tierra segura y también se recomienda que el cable a tierra sea lo más corto posible.

2.11.2. Algoritmo de control Speed Density

(Motorsport Electronics Limited, 2019) expresa que el algoritmo utiliza el combustible de velocidad de densidad o la presión del múltiple como lectura de carga en motores turboalimentado o en un motor con una gran cámara de post aceleración, la carga primaria será una copia directa de la lectura de presión del múltiple en kPa, para ir de 20 a 205, obviamente destinada a una carga primaria basada en presión múltiple (densidad de velocidad).

Figura 44

Tabla AFR utilizando algoritmo speed density

Target AFR Table [RPM () X Primary Load (%) -> Current Target AFR]									
X	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	
20	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
27	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
33	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
45	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
55	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
67	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15
80	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13
90	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13
100	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13
115	13.36	13.36	13.36	13.36	13.36	13.36	13.36	13.36	13
130	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01	13
145	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12
160	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12
175	11.99	11.99	11.99	11.99	11.99	11.99	11.99	11.99	11
190	11.64	11.64	11.64	11.64	11.64	11.64	11.64	11.64	11
205	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11

Nota: (Motorsport Electronics Limited, 2019)

2.11.3. Algoritmo de control Alpha-N

(Motorsport Electronics Limited, 2019) menciona que el algoritmo Alpha-N carga basada en el acelerador, es decir, utiliza la posición del acelerador para detectar carga, solo se usa en motores de aspiración natural, donde no es posible una lectura de presión del múltiple, al usar esto en un mapa basado en el acelerador 0-100 como carga primaria, se tendrá más 'resolución' en aperturas de acelerador muy pequeñas, lo que permite un mejor control del combustible, en estos cambios menores se necesita menos refinamiento ya que la interpolación de las ECU suele ser lo suficientemente precisa.

Figura 45

Tabla AFR utilizando algoritmo alpha-n

Target AFR Table [RPM (X) X Primary Load (%)] -> Current Target AFR															
X	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
2	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
5	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
10	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
15	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.9	15	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
20	14.61	14.61	14.61	14.61	14.61	14.71	14.8	14.89	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99
25	14.52	14.52	14.52	14.52	14.52	14.61	14.7	14.79	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88
30	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.52	14.6	14.68	14.76	14.76	14.76	14.76	14.76	14.76	14.76
35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.42	14.5	14.58	14.65	14.65	14.65	14.65	14.65	14.65	14.65
40	14.26	14.26	14.26	14.26	14.26	14.33	14.4	14.47	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54
50	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.14	14.2	14.26	14.32	14.32	14.32	14.32	14.32	14.32	14.32
60	13.91	13.91	13.91	13.91	13.91	13.95	14	14.05	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09
70	13.73	13.73	13.73	13.73	13.73	13.76	13.8	13.84	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87
80	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.58	13.6	13.62	13.65	13.65	13.65	13.65	13.65	13.65	13.65
90	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38	13.39	13.4	13.41	13.42	13.42	13.42	13.42	13.42	13.42	13.42
100	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2

Nota: (Motorsport Electronics Limited, 2019)

2.11.4. Algoritmo de control MAF

(Kimberley, 2018) menciona que el algoritmo de control MAF emplea un sensor MAF y la información en vivo de "revoluciones, fase de funcionamiento, inactivo, etc." que llega a través de la ECU, se calcula y alimenta la densidad del aire aspirado por los cilindros.

(PBOC Motorsports Club, 2019) afirma que el sensor MAF se encuentra directamente en la corriente de aire de admisión, en una sección de la admisión sin curvas ni áreas turbulentas, lo que permite mediciones de aire precisas. La mayoría de los sensores MAF funcionan con un cable calentado que a su vez se enfría con el aire entrante. Luego, el automóvil envía un cierto voltaje al cable para mantenerlo a una temperatura constante, y ese voltaje es directamente proporcional al flujo de aire en el motor. Los automóviles equipados con MAF generalmente todavía usan sensores de O₂ en el flujo de escape como una forma de verificar y garantizar que el sensor MAF esté funcionando correctamente.

(Kimberley, 2018) Los sensores MAF tienen la ventaja de ser más aptos de lidiar con condiciones que cambian apresuradamente, ya sea en el aire o en el propio motor. Analizan una valoración en vivo de la densidad del aire, excluyendo la temperatura y la presión como variables que podrían distorsionar las matemáticas, estos sensores también compensan las modificaciones menores que han sido realizadas en el motor.

2.11.5. Algoritmo de control ITB

Se requiere una técnica diferente para ajustar los ITB (cuerpos de aceleración individuales) que para un pleno convencional. (Hondata Inc., 2020) establece que los ITB tienen características determinadas, esto quiere decir que no suministran una señal de presión de aire específica del aire real que ingresa al motor.

Por lo tanto, la medición de combustible por densidad de velocidad no funciona muy bien, ya que usualmente existe un rango de llenado de cilindros que está representado por la misma presión del colector.

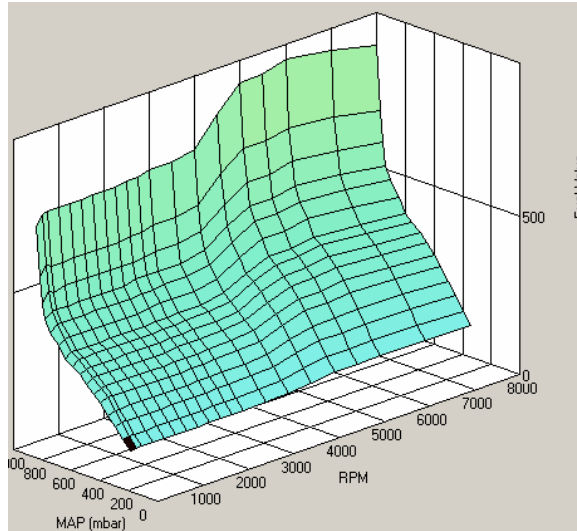
Existen 2 formas de sintonizar los ITB las cuales son mediante el sensor MAP y mediante el sensor TPS. No es muy recomendable sintonizar los ITB con el sensor MAP puesto que sería muy sensible a pequeños cambios y se inclinaría mucho con un cambio en la elevación o la presión del aire ambiental.

Cuando se sintoniza con TPS “no hay una corrección inherente para los cambios en la presión del aire o la elevación. Por esta razón, se recomienda utilizar la corrección de la presión atmosférica que utiliza alfa-n” (Hondata Inc., 2020).

A continuación, se pueden observar las tablas de combustible para ITB sintonizados con MAP y con TPS:

Figura 46

Tabla de combustible para ITB sintonizado con MAP.

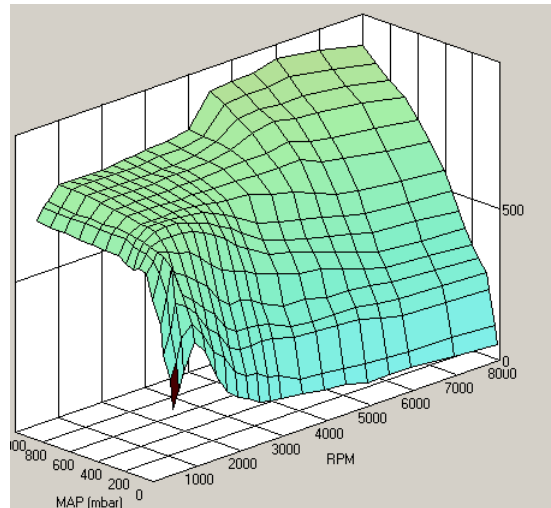


Nota: (Hondata Inc., 2020)

La tabla es muy inclinada a medida que el MAP se acerca a la presión atmosférica. En esta tabla, solo un cambio del 10% en el acelerador del 90% al 100% resultó en la duplicación del valor del combustible.

Figura 47

Mapa de combustible para ITB sintonizado con TPS



Nota: (Hondata Inc., 2020)

En este mapa a bajas rpm, una cierta apertura del acelerador dará como resultado un flujo de aire máximo, y abrir aún más el acelerador no aumentará la eficiencia volumétrica.

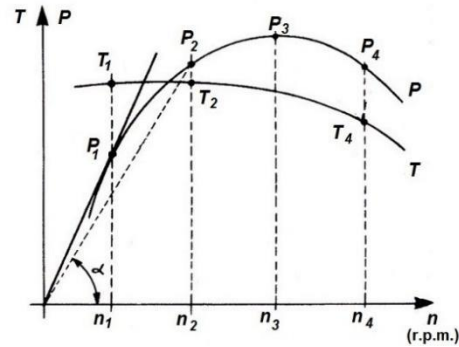
2.12. Parámetros fundamentales para los cálculos

2.12.1. Torque

(Samaniego & Samaniego, 2006) manifiesta que: “la fuerza torsional que es capaz de proporcionar el motor desde su eje principal, es decir la fuerza de la explosión aplicada a la biela y transmitida por esta al codo del cigüeñal, para hacerle girar y producir un esfuerzo de rotación, los elementos que interactúan en el movimiento del cigüeñal. Se mide en kilogramos-metro (Kgm), Newton-metro (N-m) o pie-libras (pie-lb). Por lo tanto, generalizando se puede decir que el torque es la medida del trabajo que es capaz de realizar el motor”.

Figura 48

Curva de Potencia y par motor



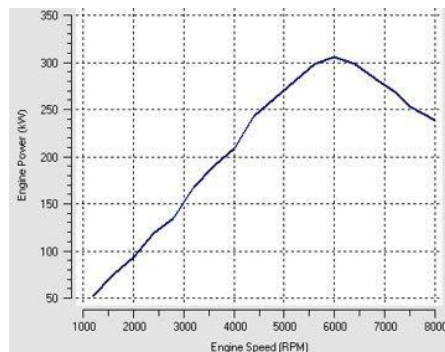
Nota: (IngeMecánica, 2019)

2.12.2. Potencia

(Samaniego & Samaniego, 2006) indica que: "en un motor la Potencia indica la cantidad de trabajo que se puede realizar en un determinado tiempo. La misma se expresa en caballos de fuerza (HP) o Kilovatios (KW) En pocas palabras la potencia es cuán rápido puede hacer el trabajo un motor tal como se ve en la figura la curva de la Potencia".

Figura 49

Curva de potencia



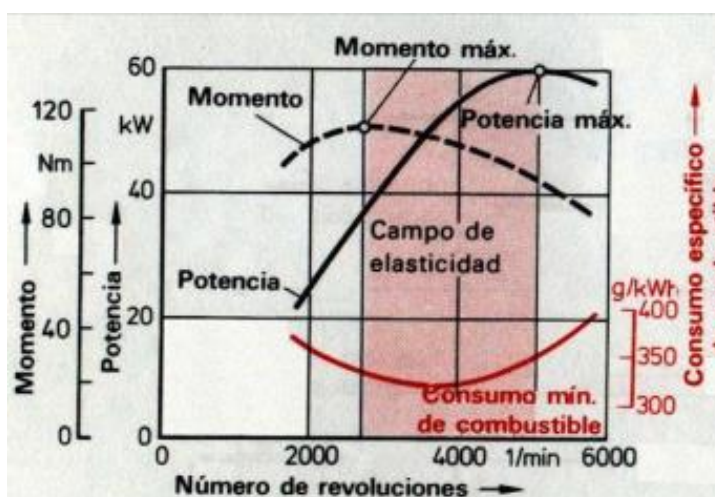
Nota: (Blogspot, 2012)

2.12.3. Consumo másico de combustible

(Samaniego & Samaniego, 2006) expresa que: la rapidez de consumo de combustible del motor en masa, como se observa en la figura, el consumo de combustible (línea roja) está directamente relacionado con el número de revoluciones en las que se encuentra girando el motor de combustión interna.

Figura 50

Curva de consumo de combustible



Nota: (Lipa & Flores, 2016)

(Lipa & Flores, 2016) indican que: el consumo de combustible depende de múltiples factores, tales como el proyecto del motor, el de la carrocería, la manera de conducir y las condiciones ambientales; se expresa generalmente en litros por cada 100 km, para efectuar la prueba de consumo se usan aparatos que consisten en probetas graduadas, conectadas directamente al circuito de alimentación, con dicho sistema se mide exactamente el combustible necesario, para recorrer un determinado trayecto de longitud conocida a velocidad constante.


2.12.4. Lubricante Motul kart grand prix GP 2t

(Lubrilandia Inc., 2004) manifiesta que: es un lubricante 100% sintético, ideado para motores 2T de kartings de 23.000 RPM el mismo pre mezcla, es un aceite lubricante de alta competición, es compatible con todos los combustibles, tanto convencionales como de carrera, conserva a todo el motor sin sedimentos y gomas, tiene una capacidad de lubricación excelente.

En unas muy altas RPM y elevadas temperaturas, la dosificación del lubricante debe hacerse según lo establecido por el fabricante.

Figura 51

Propiedades del Lubricante Motul GP 2T

Indice de Viscosidad	ASTM D2270	139	
Viscosidad @ 100°C	ASTM D445	16,4 mm ² /s	
Viscosidad @ 40°C	ASTM D445	127 mm ² /s	
Densidad @20°C	ASTM D1298	0,912	
Punto de Inflamación	ASTM D92	250°C	
Punto de Congelación	ASTM D97	-33°C	

Nota: (Lubrilandia Inc., 2004).

2.12.5. Masa de combustible

(Banish, 2007) establece que: una vez que la computadora sabe cuál es la masa de aire entrante, es posible calcular cuál es la masa de aire deseada para ajustarse al objetivo de relación aire combustible. Primero se calcula la masa de combustible deseada para entregar.

$$M_{Fuel\ in} = \frac{Vm_{air}}{AFR * RPM}$$

Ecuación 1

Masa de combustible.

Donde:

M_{Fuel} : Masa de combustible a proporcionar (gr).

Vm_{aire} : Velocidad con la que ingresa aire al motor ($\frac{gr}{min}$).

AFR : Relación aire-combustible.

RPM : Revoluciones por minuto ($\frac{rev}{min}$).

2.12.6. Cantidad de masa de aire desplazada

(Banish, 2007) en su estudio manifiesta que: la carga y la eficiencia volumétrica son dos métodos usados para describir el flujo másico de aire a través del motor, comparado con el flujo másico teórico basado en su desplazamiento y la velocidad. La cantidad teórica de llenado de carga es la masa de aire que ocuparía el mismo volumen que el motor desplaza.

$$M_{aire} = Vc * \rho_{air}$$

Ecuación 2

Masa del aire desplazada.

Donde:

M_{aire} : Masa del aire. (gr)

Vc : Volumen del cilindro (m^3).

ρ_{air} : Densidad de aire ($\frac{Kg}{m^3}$).

(Banish, 2007) expresa que: el llenado teórico es calculado a presión y temperatura estándar, donde la densidad del aire es igual a 1,2929 kg/m³. Para encontrar la velocidad de flujo, se normaliza para el número de desplazamientos completos sobre el tiempo.

2.12.7. Eficiencia Volumétrica

(Tinizaray, 2016) manifiesta que: para motores de aspiración natural, la carga del motor suele ser la misma que la lectura del sensor TPS, que en esencia es que tan presionado está el acelerador, para motores turbo o de alimentación forzada, la carga típica del motor es la lectura del sensor MAP.

(Banish, 2007) menciona que: la eficiencia volumétrica va relacionada con la apertura de la mariposa de aceleración para reducir el flujo de aire y la potencia, la carga típica de un motor es del 10 al 18% en ralentí, en carretera o autopista sucede en aproximadamente un 20% a 30% de carga, en una ligera aceleración va del 30 al 60% de carga, con la mariposa totalmente abierta la carga está entre 60 y 105% para motores de aspiración natural.

$$Nv = \frac{G_1}{G_0} * 100 \%$$

Ecuación 3

Eficiencia volumétrica porcentual.

Donde:

N_v : Eficiencia Volumétrica (%).

G_0 : Masa de aire en condiciones ideales (gr).

G_1 : Masa de aire en el kartódromo (gr).

2.12.8. Tabla VE (Eficiencia volumétrica)

(Pirata Motor, 2020) indica que: todo es configurable, incluso los valores de carga y revoluciones se pueden variar a las características de cada motor, cambiando los valores del interior de la tabla se modifica la mezcla de gasolina, estos valores se podría decir que son la eficiencia volumétrica del motor (VE), sería bastante aproximado si se buscara una mezcla de 14,7 AFR en todo el rango de funcionamiento del motor, para saber exactamente la mezcla de aire combustible en cada momento y poder ajustar los valores de VE, se necesita una sonda lambda de banda ancha con su controlador, está indica la mezcla en valores de AFR en cada momento.

Figura 52

Tabla de eficiencia volumétrica

	78	85	90	95	99	101	104	109	115	118	117	112	110	108	106	104
100.0	78	85	90	95	99	101	104	109	115	118	117	112	110	108	106	104
98.0	76	84	89	94	98	100	103	108	114	117	116	111	109	107	105	103
95.0	75	83	88	93	97	99	102	107	113	116	115	110	108	106	104	102
90.0	74	82	87	92	96	98	101	106	112	115	114	109	107	105	103	101
85.0	74	81	86	91	95	97	100	105	111	114	113	108	106	104	102	100
80.0	72	77	82	87	90	93	95	100	105	109	108	103	101	99	97	95
75.0	68	70	73	78	81	83	86	90	94	98	97	93	91	89	87	85
70.0	65	66	69	73	76	78	82	86	90	93	92	88	86	84	82	80
65.0	61	62	65	69	72	75	79	82	85	89	88	84	82	80	78	76
60.0	57	59	61	65	69	72	76	78	81	85	85	80	78	76	74	72
55.0	52	51	52	55	62	67	71	73	75	79	77	71	69	67	65	63
50.0	48	46	48	50	58	65	69	71	73	77	75	69	67	65	63	61
45.0	43	42	43	45	54	63	68	69	71	75	73	67	65	63	61	59
40.0	38	37	39	44	53	61	65	67	69	73	71	66	64	62	60	58
35.0	29	29	32	38	46	53	56	60	63	66	65	62	60	58	56	57
30.1	28	28	29	34	40	48	50	55	59	61	61	60	59	59	58	58
	501	801	1101	1401	2001	2801	3101	3700	4300	4900	5400	6000	6500	7000	7200	7500
	rpm															

Nota: (Pirata Motor, 2020)

(Pirata Motor, 2020) presenta que: la columna de la izquierda, dentro del cuadro rojo es la carga del motor, en este ejemplo mide la presión del colector de admisión en Kpa mediante un MAP que está en el interior de Megasquirt y hace los cálculos de inyección en base a eso, pero también se puede configurar para utilizar otros sensores en los cálculos de la inyección, como por ejemplo el potenciómetro de la mariposa del acelerador, esto se utiliza en cuerpos de mariposas independientes, una por cilindro. La fila inferior, dentro del cuadro azul, son las revoluciones, van desde por debajo del ralentí hasta un poco por encima del corte de revoluciones, el corte de revoluciones se puede configurar a las revoluciones que se quiera y se puede configurar para dejar de inyectar gasolina o para dejar de hacer chispa.

2.12.9. Zonas de la Tabla VE (Eficiencia volumétrica)

En su estudio (Gismero, 2017) menciona que para la programación de la inyección y el encendido de la ECU mediante tablas se establece valores concretos en función del ángulo del giro de la mariposa y el régimen de giro del motor, en esta tabla se indica el tiempo de activación de los inyectores en (ms) en cada punto del funcionamiento del motor, se puede distinguir varias zonas.

Figura 53

Zonas de la tabla VE



Nota: (Gismero, 2017)

- **Zona 1.-** En ralentí, se busca una relación aire-combustible cercana a la estequiométrica donde debe ser lo más estable y baja posible.
- **Zona 2.-** Zona de punta, se experimenta la aceleración desde el ralentí, se estima la masa de aire y las correcciones de combustible transitorias.

- **Zona 3.-** Área de cruce, cuando su conducción es relativamente constante, se encuentra a un (20-30) % de su capacidad, permite calibrar a tal punto la sensación del coche, así como la dosificación del combustible y sus emisiones.
- **Zona 4.-** Plena carga, el acelerador está al fondo y las revoluciones están al máximo, lo que se busca es una mezcla rica para evitar altas temperaturas.
- **Zona 5.-** Cambio de marcha, se debe evitar una dosificación unitaria ya que la temperatura se dispararía.
- **Zona 6.-** Previa al corte de inyección, al alcanzar temperaturas altas se debe dosificar por encima de su máxima potencia permitiendo reducir temperaturas elevadas del motor.
- **Zona 7.-** Caída súbita de carga, al realizar una desaceleración brusca se debe configurar el corte de inyección y encendido a bajo régimen para tener una transición suave a ralentí.

2.12.10. Relación aire-combustible (AFR).

(Aficionados a la Mecánica, 2014) indica que: la relación aire-combustible es el número que expresa la cantidad de masa o volumen, de aire aspirado para una cantidad unitaria de combustible. Dicha relación es en función del combustible, del tipo de motor, de su regulación y de la carburación.

(Aficionados a la Mecánica, 2014) establece que: el valor ideal o teórico de tal relación estequiométrica cuando se trate de gasolinas comerciales, está comprendida entre 14,7 y 15,1 ,es decir, unos 15 kg de aire por cada kilogramo de gasolina, al ser una relación aire-combustible inferior a 14,7, no todo el combustible podrá quemarse y una parte quedará con formación de CO y HC, la

máxima producción de potencia se obtiene cuando los valores son de (12-14), que se pueden aumentar al regular la velocidad constante y con la mariposa entreabierta.

2.12.11. Presión media efectiva (pme)

La presión media indicada es el valor de la presión media en el cilindro a lo largo del ciclo. Pero esta presión media no se traduce directamente en trabajo debido a que parte de esa presión de los gases se invierte en vencer rozamientos, con lo cual, el parámetro que mide el nivel de aprovechamiento de la energía de los gases de la combustión es la presión media efectiva (pme), que se obtiene a partir de la potencia efectiva del motor (N) (González, 2015, pág. 41).

La presión media efectiva se calcula con la Ecuación 4:

$$pme = \frac{N_e}{V_T * n * i}$$

Ecuación 4

Presión Media Efectiva

Donde:

N_e : La potencia efectiva, en W , kW o CV .

V_T : La cilindrada total, en cm^3

n : El régimen de giro del motor, en rpm.

i : El número de ciclos por cada revolución, siendo $i = 1/2$ para motores de cuatro tiempos e $i = 1$ para motores de dos tiempos.

La presión media efectiva se expresa en kg/cm^2

2.13. Rendimiento del motor

“El término “rendimiento” significa la relación entre la fuerza ejercida y el resultado obtenido. Aplicado al motor será la relación entre la potencia suministrada por el motor y la que se hubiera podido obtener si el motor funcionara sin ningún tipo de pérdidas” (Crouse, 1996, pág. 66).

2.13.1. Rendimiento mecánico

“El rendimiento mecánico como la relación entre el trabajo útil y el trabajo indicado, este rendimiento se produce a causa de los rozamientos de pistones, cigüeñales, mandos de distribución, etc. Se mide por el cociente entre la potencia efectiva e indicada” (Ocaña, 2000, pág. 99).

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Ecuación 5

Rendimiento mecánico

Donde:

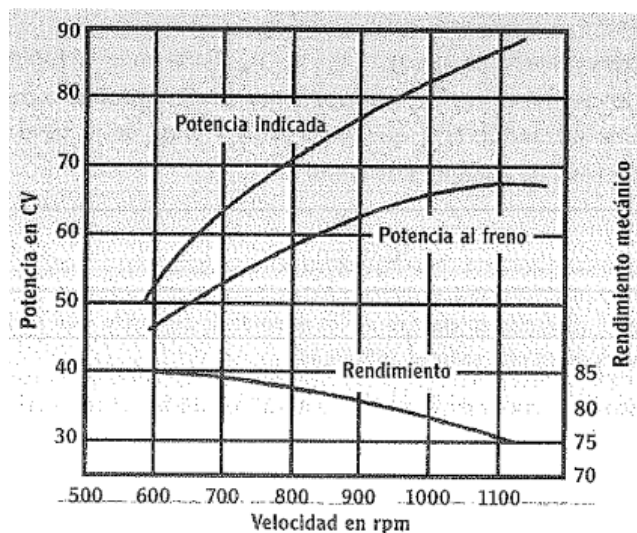
η_m = Rendimiento mecánico.

P_e = Potencia Efectiva.

P_i = Potencia Indicada.

Figura 54

Curva para obtener el η_m



Nota: (Ocaña, 2000)

2.13.2. Rendimiento térmico

(Crouse, 1996) explica que el término “térmico” hace referencia al calor. El rendimiento térmico en un motor es la relación entre la potencia a la salida del motor y la energía suministrada por el combustible para obtener aquella. Una parte considerable del calor desarrollado en el proceso de combustión se pierde en el calentamiento del agua de refrigeración y del aceite lubricante. Además, puesto que los gases de escape son expulsados aun calientes, arrastran también una cierta cantidad del calor producido por la combustión. Todas estas son pérdidas de calor (térmicas) que reducen el rendimiento térmico del motor; no contribuyen al desarrollo de potencia a la salida del motor.

“El rendimiento térmico es la relación entre la energía obtenida en la cabeza del émbolo (indicada) y la suministrada por el combustible” (Ocaña, 2000, pág. 96).

$$\eta_t = \frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_1}$$

$$\eta_t = \frac{(1 - Q_2)}{Q_1}$$

Ecuación 6

Rendimiento térmico.

Donde:

Q_1 = es el calor aportado por el combustible.

Q_2 = es el calor perdido (escape, refrigeración, etc.).

2.13.3. Rendimiento indicado

“El rendimiento indicado es el rendimiento del diagrama de trabajo del motor, indica la calidad del mismo en cuanto a reglajes principalmente de distribución y encendido y se expresa por el cociente entre las superficies del diagrama Práctico y el Teórico” (Ocaña, 2000, pág. 98).

$$\eta_i = \frac{S_i}{S_t}$$

Ecuación 7

Rendimiento indicado

Donde:

η_i = Rendimiento indicado.

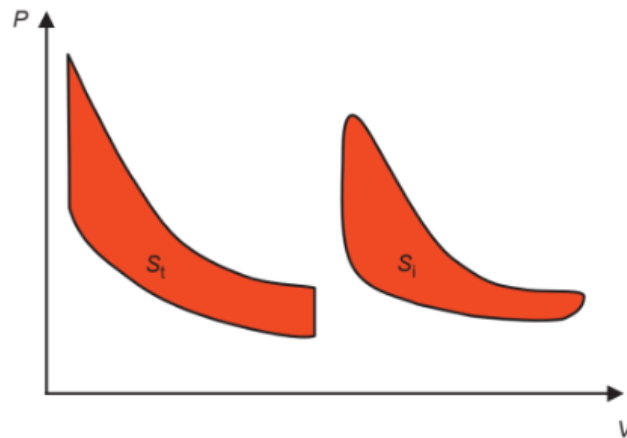
S_i = Superficie diagrama práctico o indicado.

S_t = Superficie diagrama teórico.

Los valores están entre el 0,75 y el 0,9. El nombre de “indicado” se debe a que se obtiene en los bancos de prueba por medio de los indicadores de diagrama.

Figura 55

Comparación entre el área del diagrama teórico y del diagrama real o del indicador



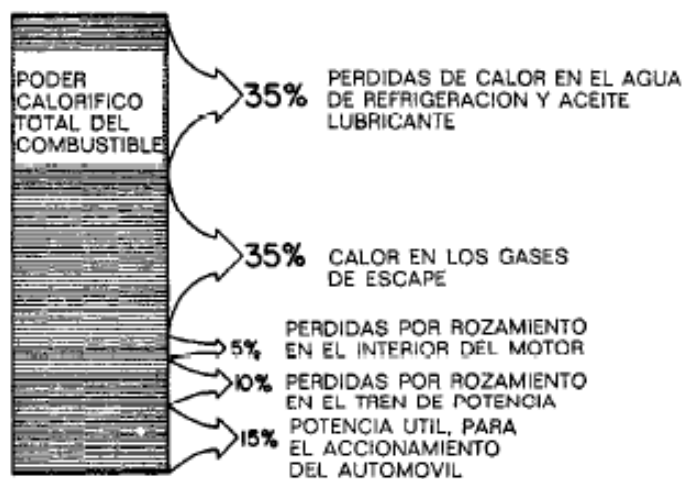
Nota: (González, 2015)

2.13.4. Rendimiento efectivo total del motor

“La gasolina entra en el motor con un cierto contenido energético, es decir, con una determinada capacidad de producir trabajo. En cada fase del proceso, desde que se quema la gasolina en el cilindro hasta que giran las ruedas del automóvil, se pierde potencia” (Crouse, 1996, pág. 67).

Figura 56

Pérdidas de energía desde los cilindros a las ruedas tractoras



Nota: (Crouse, 1996)

(Ocaña, 2000) asevera que se puede obtener del cociente entre la potencia efectiva en el banco y la suministrada por el combustible. También se obtiene por cociente entre la diferencia de la energía aportada y las pérdidas por diferentes rendimientos, y la energía aportada.

2.14. Avance al encendido

(Pardiñas & Feijoo, 2018) En los motores de combustión interna a gasolina, la mezcla aire-combustible se quema dentro del cilindro gracias a la chispa de la bujía cuando termina la fase de compresión. Cuando el pistón alcanza el punto muerto superior (PMS). De esta manera la combustión de la mezcla produce un impulso hacia abajo en el pistón mucho mayor.

El inconveniente es que el proceso de ignición de la mezcla tarda un poco más, por lo cual, si la chispa de la bujía salta en el punto muerto superior, hasta que la mezcla combustione, la explosión producirá la fuerza de empuje hacia abajo al pistón, cuando este ya se encuentra descendiendo, y en este caso se pierde eficiencia al desperdiciar una parte de la fuerza de la explosión, por esta razón se crea el avance al encendido, que consiste básicamente en adelantar el salto de chispa justo antes que el pistón llegue al punto muerto superior (PMS). Teniendo en cuenta no adelantar demasiado dicho salto porque esta explosión podría generar una fuerza de empuje hacia abajo antes de que el pistón alcance el punto muerto superior y de esta manera un giro del cigüeñal en sentido contrario.

La chispa de encendido debe saltar con cierta antelación con respecto al PMS para que la presión de combustión alcance su valor máximo, poco después de que el pistón inicia su carrera descendente una vez superado dicho PMS, desarrollando el cilindro la mayor presión media efectiva posible. Cuando esto sucede se dice que la combustión del motor está centrada. Este punto óptimo depende de las características constructivas del motor (tamaño de biela, diámetro del pistón, tamaño de la muñequilla del cigüeñal, etc.) y de diversos parámetros operativos, estando además limitada por la aparición de fenómenos de combustión anómala, que obligan a retrasar el encendido cuando aparecen, o a adoptar ángulos de ajuste no suficientemente centrados, penalizando el rendimiento por motivos de seguridad (Pardiñas & Feijoo, 2018, pág. 38).

Tabla 5

Parámetros del avance de encendido.

Parámetros operativos principales de los que depende el momento de encendido.	
Velocidad de giro del motor	El tiempo de combustión de la mezcla ha llenado constante e igualdad de dosificación es constante, el ángulo recorrido por el cigüeñal durante ese tiempo aumenta con el régimen, por lo que para mantener centrado el punto de máxima presión debe adelantarse el momento de encendido conforme aumenta la velocidad de giro del motor.
Carga	Al disminuir la carga en el motor, la proporción de gases residuales en el cilindro se incrementa, y el mayor contenido de gases inertes en la mezcla produce una velocidad de propagación del frente de llama más lenta, disminuyendo la velocidad de quemado en la cámara de combustión. Por otra parte, la menor cantidad de mezcla encerrada en el cilindro supone pérdidas de calor proporcionalmente mayores. Esto disminuye la temperatura y, por tanto, la velocidad de combustión. Estos efectos, junto con el empobrecimiento de la mezcla que se produce a carga parcial en sistema de carburación, determinan un mayor retraso del encendido y una menor velocidad de combustión de la mezcla, por lo que el ángulo de encendido debe ser regulado en sentido avance al disminuir la carga del motor.

2.15. Mapas de inyección y encendido

Al momento de realizar la reprogramación de la ECU, los aspectos a modificarse son la inyección de combustible y el avance al encendido, los cuales se representan en mapas tridimensionales, los mismos que tendrán detallados los parámetros necesarios para cada uno.

2.15.1. Mapa tridimensional de inyección de combustible

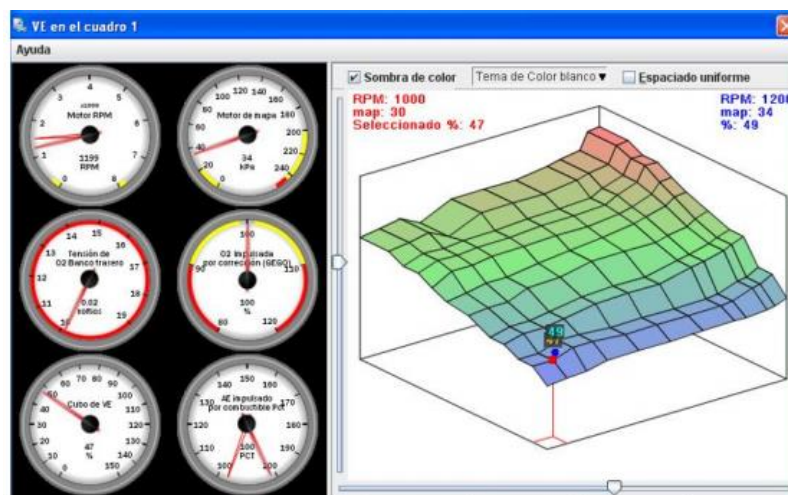
Los parámetros que determinan el mapa de inyección de combustible son: el número de revoluciones del motor (RPM), la depresión en el sensor MAP (KPa), y la carga de combustible o apertura de la mariposa de aceleración mediante el TPS (%).

(Tinizaray, 2016) El mapa es la configuración del sistema de inyección para la regulación de la mezcla aire combustible. Lleva un conjunto de configuraciones para la centralita del motor. Es

similar a un gráfico con un eje X y un eje Y, el eje X tiene sentido de izquierda a derecha, mientras que el eje Y tiene sentido de arriba hacia abajo. Los números a lo largo del eje X representan la velocidad del motor en revoluciones por minuto (rpm), y los números sobre el eje Y representan la carga del motor. Si se colocan puntos dispersos sobre la cuadrícula que forman las intersecciones del eje X con el eje Y, que representan diferentes situaciones de conducción, se obtendrá un mapa de combustible. En cada punto la computadora da la señal a los inyectores de qué hacer en una situación específica, con la combinación de velocidad del motor y demanda de torque. Normalmente en un motor de inyección, la computadora usa un mapa numérico o un mapa gráfico de tres dimensiones para determinar cuánto combustible debe entregar o cuanto adelanto al encendido debe haber.

Figura 57

Mapa tridimensional de inyección de combustible



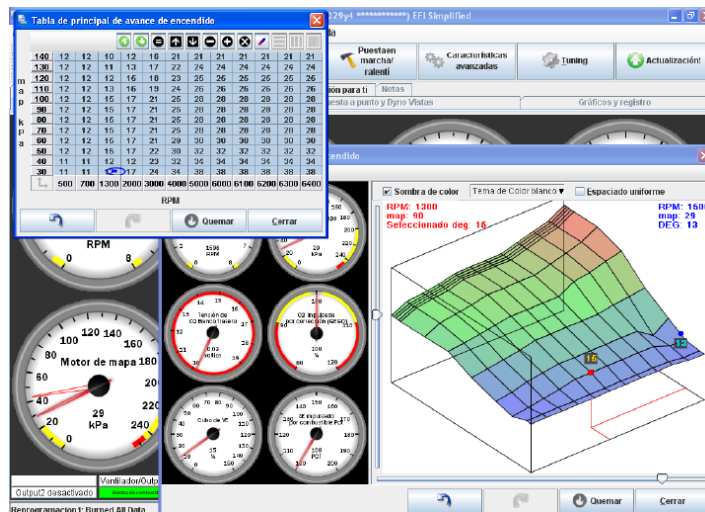
Nota: Adaptada de (Amaya & Villareal, 2017)

2.15.2. Mapa tridimensional de avance de encendido

(Amaya & Villareal, 2017) en su investigación establecen que en el mapa de avance de encendido se encuentra un ángulo menor en revoluciones bajas debido a que el pistón se mueve lentamente y el combustible puede asegurar su quemado en el PMS, por ende, entre mayor incremento de RPM será mayor el ángulo de encendido; tomando en cuenta que un avance de encendido puede tomar valores desde 5° en ralentí hasta 35° con el acelerador netamente abierto. Este mapa de encendido está determinado por el número de revoluciones (RPM), el grado de encendido (°) y la depresión que genera en el sensor MAP, se observó que entre mayor se encuentre la depresión del sensor MAP se necesitará menor ángulo de encendido.

Figura 58

Mapa y tabla de avance al encendido



Nota: (Amaya & Villareal, 2017)

2.15.3. Zonas en el mapa tridimensional

Las zonas del mapa tridimensional son las mismas antes mencionadas en las zonas de la tabla VE antes mencionadas, pero en los mapas de inyección y avance al encendido están representadas de mejor manera mediante tres colores principales que determinan variaciones en parámetros específicos de cada mapa.

En el mapa de inyección se tiene tres parámetros principales los cuales son: revoluciones por minuto del motor, carga del motor mediante la apertura del TPS y porcentaje de inyección de combustible. Estos parámetros varían según la zona en la que se encuentre en funcionamiento el motor, esta variación puede evidenciarse en el mapa tridimensional mediante colores:

- El color azul indica un porcentaje de inyección de combustible bajo o dicho de otra manera una inyección de una mezcla pobre, esto sucede en la zona de ralentí y la zona de corte súbito de combustible, en las cuales el sensor TPS estará menos abierto o completamente cerrado,
- El color verde indica una inyección de combustible equilibrada lo que significa una relación aire combustible más estequiométrica, en esta zona han aumentado las revoluciones por minuto hasta el área de cruce donde la conducción es relativamente constante y se mantiene hasta el inicio de la plena carga.
- El color rojo indica un elevado porcentaje de inyección de combustible, es decir una mezcla rica, la cual refleja la zona de plena carga, el motor trabajando a altas revoluciones con la mariposa de aceleración completamente abierta.

De esta manera puede interpretarse como un enriquecimiento de la mezcla proporcional con la carga del motor determinada por el sensor TPS y las revoluciones del motor.

En el mapa de avance al encendido se tiene como parámetros: las revoluciones por minuto del motor, la carga del motor mediante la apertura del TPS y el avance al encendido en grados angulares.

- El color azul nos indica que en ese punto del mapa casi no existe variación en el avance al encendido con relación al ángulo establecido al igual que en el mapa de inyección de combustible esto se ve reflejado en la zona de ralentí y de corte súbito de combustible, debido a la baja carga otorgada al motor.
- El color verde muestra que el motor se encuentra con un ligero avance al encendido y se puede ubicar en la zona de cruce donde la conducción es más constante y la carga es equilibrada, sin exceder en el número de revoluciones
- El color rojo refleja un avance al encendido mayor, cuando el motor se encuentra en plena carga con la mariposa de aceleración completamente abierta y las RPM bastante elevadas.

2.16. Correcciones y enriquecimientos

Existen muchos parámetros que se deben tomar en cuenta para realizar las correcciones en la programación de la ECU, de la misma manera existe un cúmulo de enriquecimientos y correcciones posibles. (Veloz, 2019) en su estudio describe las más utilizadas.

Tabla 6

Enriquecimientos y correcciones.

Tabla de Enriquecimientos.	
Enriquecimiento por funcionamiento en frío.	Este varía el ancho de pulso del inyector, cuando el motor está funcionando en frío o a temperatura ambiente, y este disminuirá con el aumento de la temperatura del refrigerante o de la culata hasta que el motor alcanza tal vez 90°C.
Enriquecimiento de aire frío.	Basado en la temperatura del aire de admisión (que puede desaparecer si el sistema de admisión se calienta). Nota: es fundamental ubicar el sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) en un lugar donde se esté midiendo la temperatura del aire de admisión, no la temperatura del colector de admisión o tubo de entrada de aire.
Enriquecimiento después del arranque.	Normalmente continúa durante un número fijo de revoluciones del motor (ronda los 250 rpm) para evitar que se pare.
Enriquecimiento por control de aire en ralentí.	Puede aumentar el régimen de ralentí cuando el motor está muy frío.
Aumentos en el enriquecimiento por aceleración.	Basados en la temperatura, a modo de porcentaje.
Aumentos en el tiempo de chispa basados en la temperatura.	Compensan la disminución de la velocidad de la llama cuando una gran cantidad de combustible crudo flota alrededor de las cámaras de combustión en diminutas gotas en lugar de evaporarse por completo.
Limitaciones basadas en la temperatura.	Se limita al máximo aumento para evitar daños en el motor mientras el aceite esté aún demasiado viscoso.
Enriquecimiento antes del arranque.	En algunos casos, las ECU inyecta una ráfaga de combustible a todos los cilindros si el TPS excede, el 70 por ciento con la llave de encendido encendida antes de arrancar.

Nota: (Veloz, 2019)

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE LA COMPUTADORA PROGRAMABLE CON TODOS SUS COMPONENTES

3.1. Introducción

En este capítulo se determina las distintas herramientas y equipos empleados en la instalación del sistema de alimentación asistido electrónicamente con la ECU Megasquirt MS2 extra, de la misma forma también se establece los parámetros indispensables, para el óptimo desempeño del motor a combustión interna de dos tiempos Rotax Max 125cc, por lo tanto se detalló la utilización de recursos: tecnológicos, humanos y físicos empleados en este proyecto dirigido al mercado objetivo que opta por un motor con especificaciones personalizadas el cual prefiere obtener un motor que optimice la ganancia de revoluciones en curvas lentas y en finales de rectas obteniendo una mejor velocidad de punta con el fin de ganar carreras.

3.2. Especificaciones del motor Rotax Max 125cc

El motor utilizado para realizar el trucaje electrónico es un motor Rotax Max 125cc de dos tiempos, mono cilíndrico, como se lo puede observar en la Figura 59.

Figura 59*Motor Rotax Max 125cc**Nota: (KartMag, 2015)*

En la Tabla 7 se puede observar la ficha técnica del motor.

Tabla 7*Ficha técnica del motor Rotax Max 125cc*

Tipo de motor.	Rotax Max.
Cilindrada.	125cc.
Diseño	Motor mono cilíndrico de 2 tiempos.
Potencia	22 kw/29 HP.
Peso	23,1 kg.
Potencia rpm.	15 kw / 8500 rpm.
Momento de giro rpm.	17 Nm / 8500 rpm.
Engranaje	Ninguno.
Ralentí.	1500 rpm a 2000 rpm.
Revoluciones máximas permitidas.	12200 rpm.
Unidad de encendido.	Bobina de encendido sin contacto.
Bujía.	Denso IW 31, M14x1.25
Calibración del electrodo	0.45 – 0.7 mm.
Combustible.	Súper.
Lubricación del motor.	Mezcla de aceite con combustible, aceite sintético de 2 tiempos.
Relación de mezcla.	1:50 (2% de aceite).
Lubricación del accionamiento del diferencial.	Aceite de motor SAE 15W40.
Embrague.	Embrague centrífugo.
Fuente: (Rotax New Age Karting, 2010)	

3.3. Herramientas de medición

Para el desarrollo de las diferentes pruebas a realizarse en el motor Rotax Max 125cc se emplearon varias herramientas de medición de acuerdo a sus características técnicas, su calibración y el procedimiento adecuado para la toma de datos necesarios.

3.3.1. Multímetro automotriz

El multímetro automotriz, también conocido como tester, es un dispositivo eléctrico y portátil, que permitió realizar las mediciones y verificaciones de distintas magnitudes eléctricas en un circuito eléctrico, emitidas por los sensores y actuadores de acuerdo a los rangos de medición y escalas del multímetro.

a. Características técnicas del multímetro automotriz

- Notificación de entrada para reducir los riesgos de enchufar erróneamente.
- Indicación de batería baja, pantalla de sobre rango.
- Diferentes escalas.
- 12 V Indicación de batería baja, ciclo de trabajo.
- Hold: congela la lectura.
- Retención de datos; diodo / zumbador de continuidad.
- Dwell: mide el ángulo de permanencia de los sistemas de encendido tipo punto.
- Rpm: mide la rotación del husillo del motor por minuto.

- Auto power off: apaga automáticamente el equipo para prolongar la vida útil de las baterías.

Tabla 8

Funciones del multímetro automotriz

Funciones	Escalas
Voltaje	V
Amperaje	A
Velocidad de motor	rpm
Dwell	ms
Duty	%
Pulse width	ms
Sensores	V
Temperatura	°C /°F
Resistencia	Ω
Continuidad	K Ω

Figura 60

Multímetro automotriz.



b. Procedimiento de medición y calibración del multímetro automotriz

- Encender el multímetro automotriz.

- Conectar las puntas de prueba al equipo, el cable negro siempre va al puerto com.
- La punta de prueba roja, depende de lo que quiera medir en general tienen 2 posiciones para el conector rojo, por lo general se usa el conector que se ubica a la derecha del com.
- Para medir el voltaje de la batería o los voltajes de referencia o señal
- Colocar en la función que mide voltaje de corriente directa (dc).
- Tener presente que la batería debe estar en un rango de 12-14v.
- Coloque la punta de prueba negra en el negativo y la roja en el positivo.

Figura 61

Medición voltaje de la batería



- Para realizar la medición de los voltajes de referencia o de señal.
- Colocar en la función que mide voltaje de corriente directa (dc).
- Poner la punta negra en un buen punto de masa conocido.
- Poner la punta roja en el pin de sensor.

- Tener presente que el voltaje de referencia al ser inductivo (1-2,2) V, el voltaje de señal al ser analógico va (0,2-1) V o (0,5-4,5) V, al ser digital va (0-5) V o (0-12) V y el voltaje de masa que no siempre va a ser 0V puede ir entre (30 – 80) mV.

Figura 62

Medición de voltajes del sistema de control electrónico



- La medición de resistencia con el multímetro automotriz.
- Colocar en la función que mide resistencia (Ω).
- Hay que tener en cuenta que no se debe tocar los terminales de la resistencia al medir o las puntas de prueba del multímetro pues esto afecta el valor de resistencia sobre todo para resistencia superiores a unos 100 kilo-ohmios.
- La resistencia no tiene polaridad.

Figura 63

Medición de resistencia



- Para medir la continuidad de cables con el multímetro automotriz.
- Colocar en la función que mide continuidad.
- Poner una punta de prueba en un extremo del cable bajo y la otra punta de prueba en el otro extremo del cable bajo.
- Hay que tener en cuenta que la resistencia que marque el multímetro debe ser muy próxima a cero, con lo cual se confirma que un cable se encuentra en buen estado o escuchar el pip de continuidad.

3.3.2. Software banco de pruebas GS

El uso del banco de pruebas para motores de karting se complementa con el software banco de pruebas GS, un extraíble fácil de instalar y compatible con todas las versiones de windows permitiendo obtener las curvas en tiempo real a las revoluciones que se lo configure, permite visualizar las curvas de: potencia vs rpm, torque vs rpm, rpm vs tiempo.

a. Características técnicas del software banco de pruebas GS

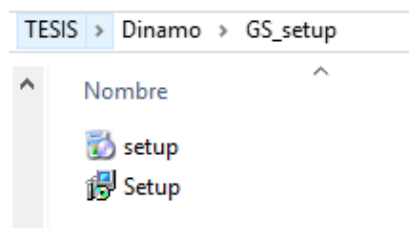
- Curvas de potencia, torque, rpm en tiempo real.
- Aprecia las variaciones de las curvas dependiendo de las revoluciones.
- En la pestaña de gráficos se puede comparar las diferentes curvas obtenidas.

b. Procedimiento de instalación del software Banco de pruebas GS

- Al tener una computadora destinada solo para el banco de pruebas inercial para motores de karting el extraíble de instalación se encuentra en el escritorio.
- El gs_setup del programa tiene dos opciones para desinstalar e instalar el programa.

Figura 64

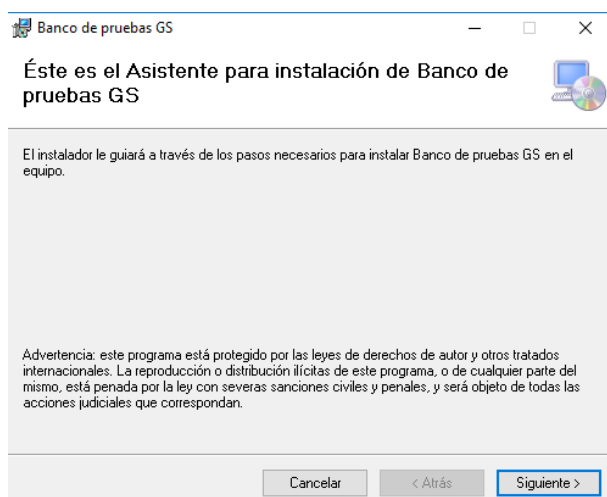
Setup de instalación del software GS



- Al seleccionar setup aparece el asistente para su instalación.

Figura 65

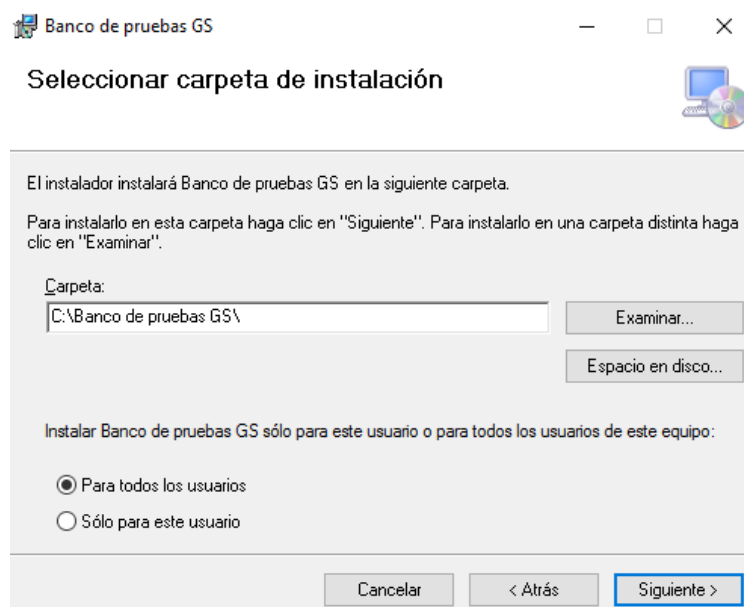
Asistente de instalación del software GS.



- Dar siguiente aparece la dirección en la que se instala el programa

Figura 66

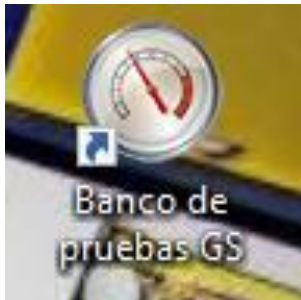
Carpeta de instalación del software GS.



- Finaliza su correcta instalación y en el escritorio aparece el acceso directo del programa banco de pruebas GS.

Figura 67

Software banco de pruebas GS.



c. Procedimiento de medición y calibración del software banco de pruebas GS.

- Al ingresar al software hay que realizar la configuración del banco.
- Configurar los parámetros iniciales de transmisión se coloca el número de dientes del piñón y catalina.
- Los límites para la adquisición de valores son las rpm mínimas y máximas, la ventana de tiempo se configura cada cuantos ms se toman los datos.
- Los factores climáticos son la temperatura y la presión atmosférica en la que se realiza las pruebas, la corrección SAE J1349 va por default al igual que los gráficos.

Figura 68

Interfaz de configuración del banco de pruebas

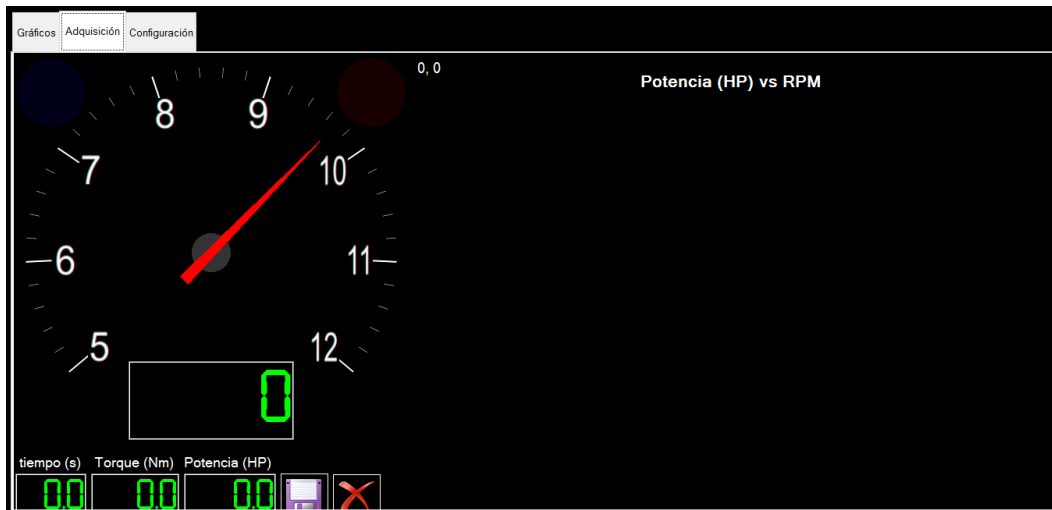
The screenshot displays a software interface for configuring a test bench. It features three main sections: Transmission, Acquisition, and Climatic Factors. The Transmission section includes settings for gear (Piñon: 12), crown (Corona: 85), and gear ratio (Relación: 7,083). The Acquisition section allows setting the RPM scale (Min: 5000, Max: 12000), maximum RPM (RPM max: 14000), and time window (Ventana tiempo (ms): 1000). The Climatic Factors section includes temperature (21,0 °C), atmospheric pressure (1013 hPa), relative humidity (50%), and correction options (Sin corrección, DIN 70020, SAE J1349, SAE J607) with a correction factor (0,980). A Gráficos section on the right shows a smoothing checkbox (Suavizar) and a real-time graph area.

Section	Parameter	Value
Transmisión	Piñon	12
	Corona	85
	Relación	7,083
Adquisición	Min: Escala de RPM	5000
	Max: Escala de RPM	12000
	RPM max	14000
	Ventana tiempo (ms)	1000
	Factor de corrección	0,980
Factores climáticos	Temperatura (°C)	21,0
	Presión atmosférica (hPa)	1013
	Humedad relativa (%)	50
	Corrección	Sin corrección

- Para adquirir los datos se prende el motor y se lo lleva a las revoluciones mínimas, en ese momento se acciona un botón en el banco empezando a tomar los datos hasta llegar a las revoluciones máximas.
- Al lado del tacómetro se puede visualizar la toma de la curva en tiempo real.

Figura 69

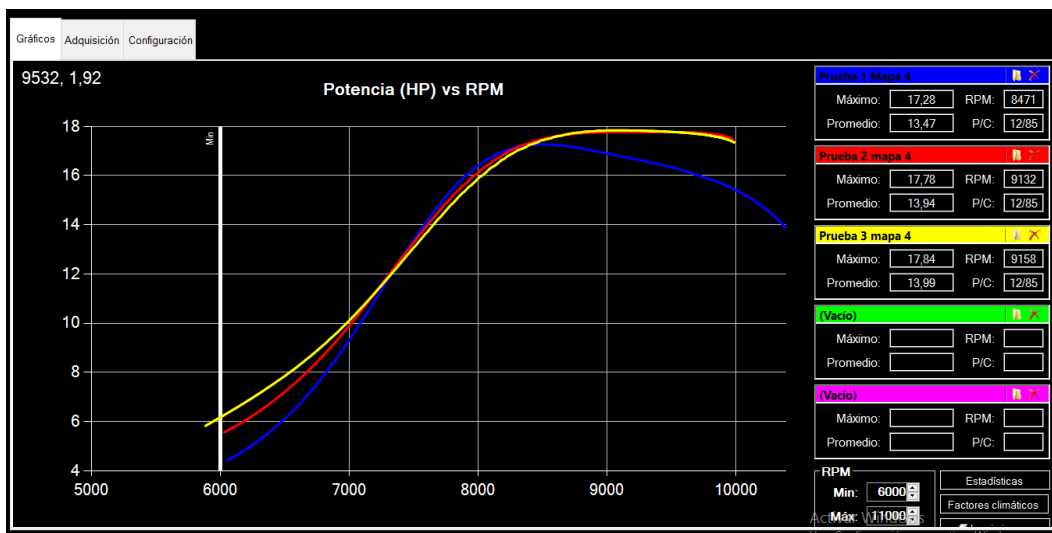
Interfaz de adquisición del banco de pruebas



- Las curvas adquiridas se pueden visualizar en la opción de gráficos.
- Se pueden comparar las diferentes curvas del motor y sus respectivas variaciones.

Figura 70

Interfaz de gráficos del banco de pruebas



3.3.3. Banco de pruebas inercial para motores de kart

El banco de pruebas inercial consiste en un bastidor con un volante de inercia diseñado para simular el neumático del kart lo que permite ensayar la transmisión en condiciones equivalentes a la marcha real acoplado a un eje secundario, estos bancos no requieren instalación, tienen todos los elementos del dinamómetro incorporados en su estructura.

a. Características técnicas del banco de pruebas inercial

- Software para computador de múltiples aplicaciones.
- Computador basado en sistema Windows.
- Pantalla plana 17"
- 110 / 220 voltios - 50 / 60 Hz
- Interface que admite sensores auxiliares.
- Sistema de simulación de túnel de viento.
- Sensor de temperatura.
- Sensor de rotación de ultra precisión acoplado al volante de inercia.

Figura 71

Equipo de medición del banco de pruebas inercial.

**b. Procedimiento de medición y calibración del banco de pruebas**

- Realizar el respectivo montaje del motor Rotax en el banco de pruebas inercial con los respectivos acoples.
- Cuenta con un sistema de volante de inercia y anti-retroceso permitiendo cuidar al motor.

Figura 72

Banco de pruebas inercial para motores de karting.



- Conectar el equipo a la toma de energía de 110vac.
- Encender el computador.
- Ingresar al programa banco de pruebas GS y configurar.

- La computadora se encarga de graficar las curvas en tiempo real.
- En el software muestra las curvas de potencia en tiempo real a medida que se desarrolla la prueba.
- Los resultados se pueden observar en curvas donde se pueden comparar todos los parámetros medidos y la cantidad de pruebas diferentes que se requiera.

Figura 73

Motor Rotax en el banco de pruebas inercial para motores de karting.



3.3.4. Mychron

El MyChron 5 es un medidor diseñado para instalarse en un kart, basado en el concepto simple de un cronógrafo personal, pero que muestra automáticamente los tiempos de vuelta y otra información importante para el corredor.

a. Características técnicas del Mychron

- Pantalla lcd ancha con luz de fondo rgb, con sensor de luz dedicado.
- Dos led de alarma rgb configurables.
- Consta de cinco luces de cambio rgb dedicadas para cambios de marcha, mejor supervisión de revoluciones, o indicadores de tiempo de vuelta.
- Batería recargable de iones de litio extraíble de 3 amperios.
- El MyChron 5 lee y registra: velocidad, posición, aceleración lateral, hora del día, revoluciones por minuto del motor, temperatura del motor, temperatura de gases de escape, etc.
- Todos los parámetros provienen de los satélites gps / glonass.
- Ha sido adecuado para el karting por lo que acepta fuertes aceleraciones laterales y lineales, cambio de dirección y vibraciones sin problemas.
- Tiene precargada una base de datos interna con más de 1500 pistas.
- Posee una memoria interna de 4gb para el almacenamiento de datos.
- Mediante la conexión wifi se puede descargar los datos a la computadora y analizarlos con el software Race Studio.

Figura 74

Partes del MyChron 5



Nota: (MM Racing, 2020)

b. Instalación del MyChron 5

- Se sujeta el MyChron al volante del go-kart mediante la tuerca de seguridad del mismo.

Figura 75

Sujeción del MyChron 5 al volante del kart



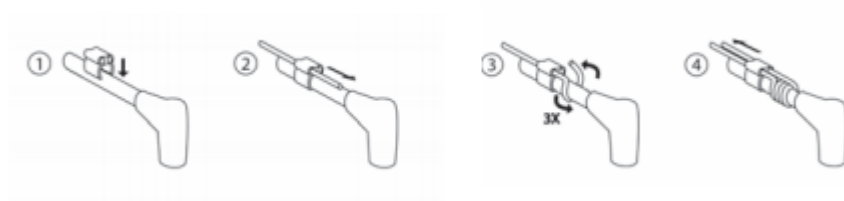
Nota: (AIM Technologies, 2019)

- Conectar el cable de rpm al dispositivo por un extremo y al cable de la bujía por el otro

extremo.

Figura 76

Conexión del cable de rpm del MyChron 5

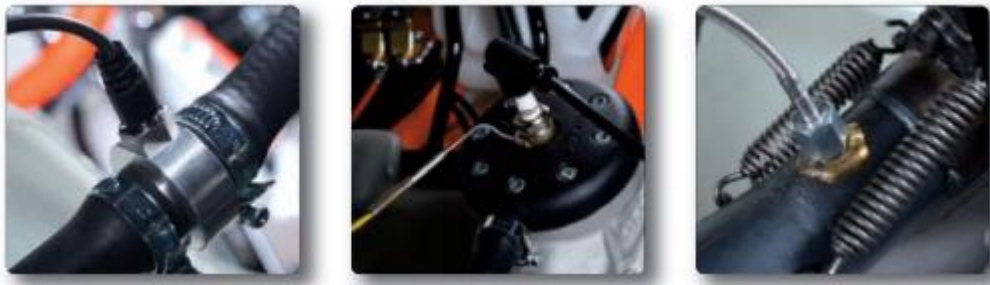


Nota: (AIM Technologies, 2019)

- Conectar el sensor de temperatura al conducto de agua o al escape.

Figura 77

Conexión del sensor de temperatura del MyChron 5



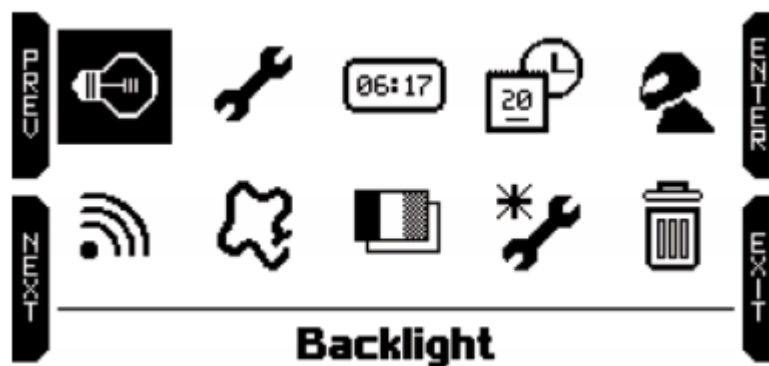
Nota: (AIM Technologies, 2019)

c. Procedimiento de medición y calibración del MyChron

Para una correcta lectura de datos del MyChron es necesario una calibración inicial, los parámetros más importantes son: idioma, unidad de temperatura, unidad de velocidad, rpm máximas y tipo de accionamiento (conducción directa, embrague, caja de cambios).

Figura 78






Pantalla de menú del MyChron 5








Nota: (AIM Technologies, 2019)

Tabla 9

Descripción de los iconos del menú del MyChron 5.

Ícono	Descripción
	Luz de fondo. Para cambiar el color de la luz de fondo
	Nombre del piloto
	Gestión de circuitos, gps
	Parámetros. Unidad de medida, fin de escala y frecuencia de rpm, configuración de la unidad, gestión led
	Configuración wifi

Ícono	Descripción
	Selección de idiomas
	Contadores. Para el monitoreo del kart
	Fecha y hora
	Asistente. Para seleccionar el momento de encendido.
	Eliminar archivos de prueba.

No es necesaria una configuración de gps, al estar encendido automáticamente detecta la ubicación y la pista en la que se encuentra, en el caso de que la misma esté precargada, caso contrario necesita realizar unas vueltas de reconocimiento para la creación de la pista en el dispositivo, indica el punto de largada o punto inicial y el punto de llegada o meta y la longitud de la pista, una vez que el receptor gps ha sido configurado es posible el cálculo del tiempo por vuelta, cálculo de la velocidad, cálculo predictivo del tiempo de vuelta, posición en el análisis de la pista y cálculo de la fuerza g lateral.

La configuración wifi es necesaria para el análisis de datos en software dedicado, para lo cual es necesaria una computadora, una vez conectados los dispositivos puede transmitir los datos para su posterior análisis en telemetría.

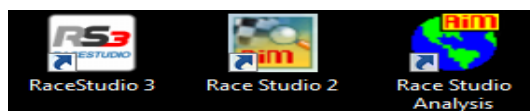
Una vez completado este proceso el dispositivo está listo para usarse, permite monitorear el correcto funcionamiento del motor, a través de la medición de temperatura y rpm máximas y mínimas, además de medir tiempos de vuelta muy exactos, sus luces indicadoras o de alarma también permiten que el piloto detecte cualquier malfuncionamiento en el mismo.

3.3.5. Software Race Studio

El uso del Mychron 5 se complementa con el software Race Studio, empleado para telemetría en pista a nivel mundial en las diferentes modalidades de automovilismo, este software permite analizar los datos obtenidos por el Mychron en las pruebas de pista, como, por ejemplo: tiempos de vuelta, velocidad en pista, revoluciones por minuto, aceleraciones, temperatura de funcionamiento, aceleración lateral y longitudinal, entre otros.

Figura 79

Paquete software Race Studio.



a. Características técnicas del software Race Studio

El paquete de programas consta de tres programas que se presentan en la figura anterior, para el análisis de nuestro proyecto se empleó únicamente el programa Race Studio 3 y el programa Race Studio Analysis, el programa Race Studio 3 es empleado para descargar la información del

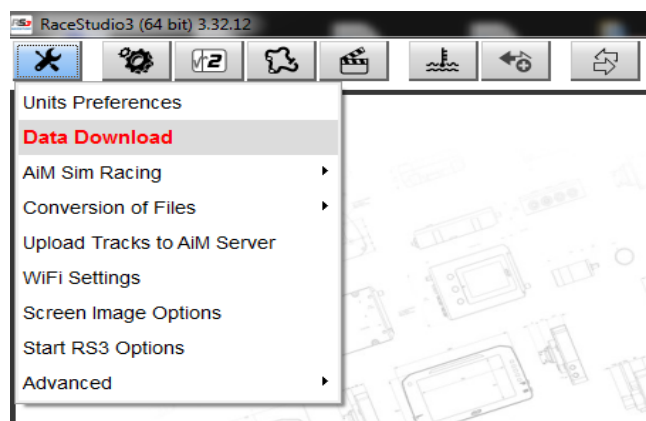
Mychron, esto se realiza mediante una conexión wifi a la que deben estar conectados el Mychron y la computadora.

b. Procedimiento de instalación del Software Race Studio

- Acceder al menú de preferencias y seleccionar la opción “data download”.

Figura 80

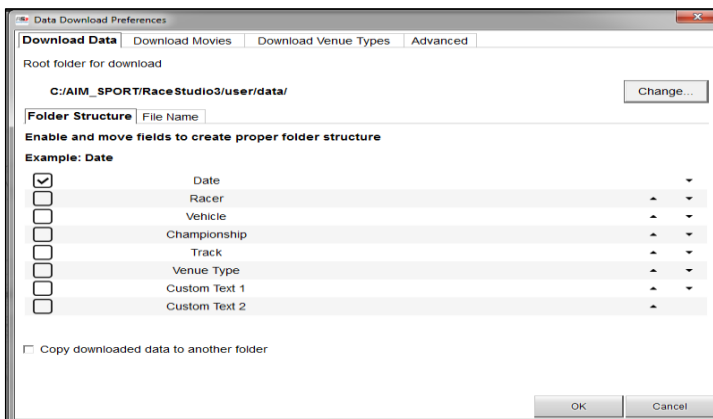
Preferencias Race Studio 3.



- Se despliega una ventana para seleccionar la ubicación de la carpeta de descarga de los datos, el nombre de la carpeta y el nombre de los archivos, de acuerdo a la fecha, el nombre del piloto, el vehículo en el que corre, el campeonato vigente, la pista en la que se realizaron las pruebas, entre otros, es muy recomendable seleccionar el casillero debajo de estas opciones para crear una carpeta de respaldo de la data descargada.

Figura 81

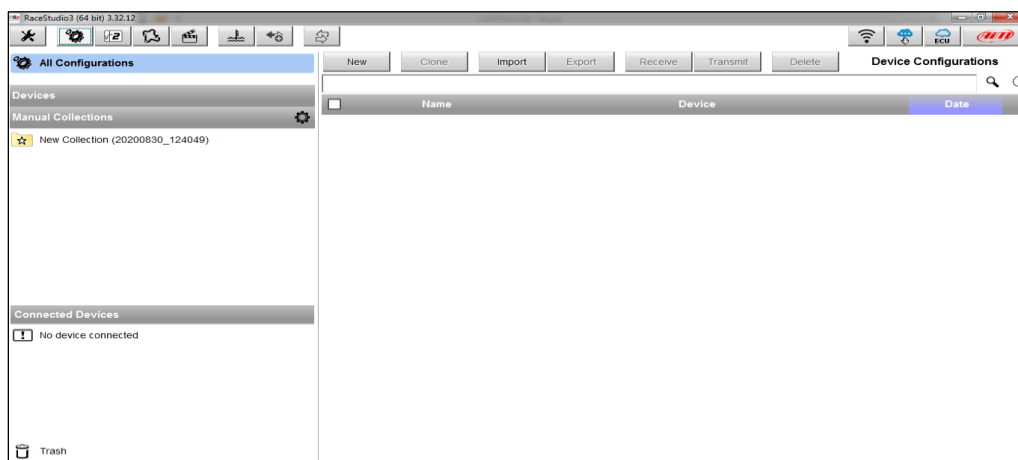
Configuración de la descarga de datos



- A continuación, se va a la pestaña de configuración donde se observan los dispositivos conectados a la red, se selecciona el cual se desea descargar la información en la pestaña “devices” o dispositivos.

Figura 82

Ventana de configuración general

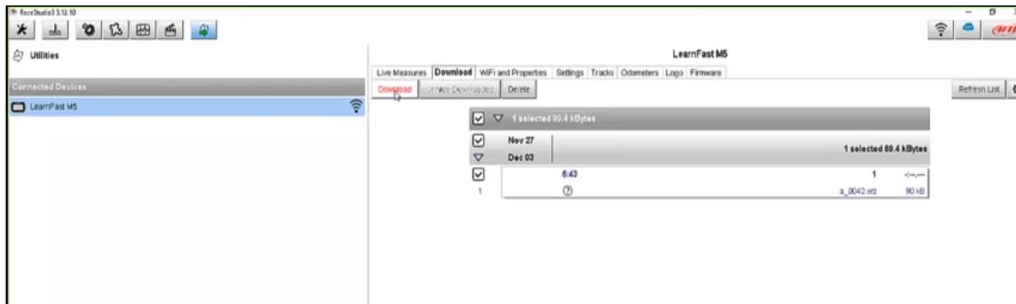


- En la pestaña dispositivos seleccionar el Mychron y se puede ver las prácticas realizadas en

la pestaña download, seleccionar las que se desea descargar y presionar el botón download.

Figura 83

Opción de descarga del dispositivo.



- La información se descarga en la carpeta especificada en preferencias, con el formato de nombre del archivo seleccionado con anterioridad.

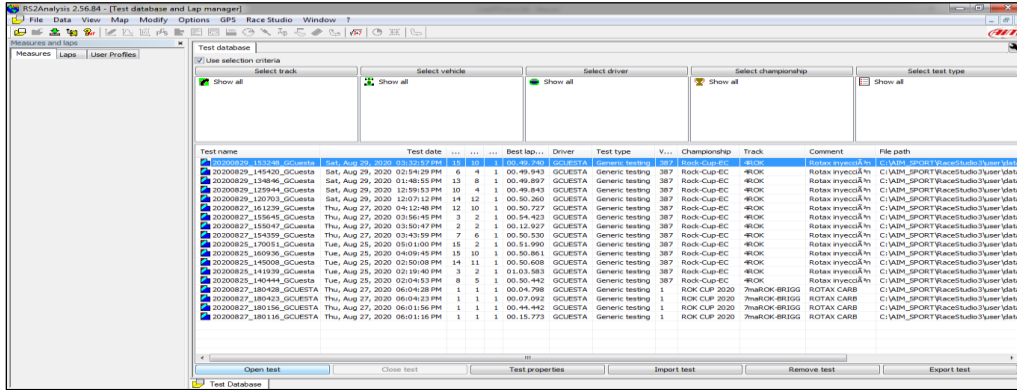
Una vez descargada la información de las prácticas ya se puede analizar, para esto se necesitó la ayuda del programa Race Studio Analysis, y seguir el siguiente procedimiento:

c. Procedimiento de medición y calibración del Software Race Studio

- Al abrir el programa está la pestaña denominada “test database” que muestra todas las pruebas realizadas que se han guardado en la carpeta de destino antes definida, aquí se filtran las pruebas de acuerdo a las preferencias del usuario, una vez seleccionada la prueba a ser analizada presionar el botón open test.

Figura 84

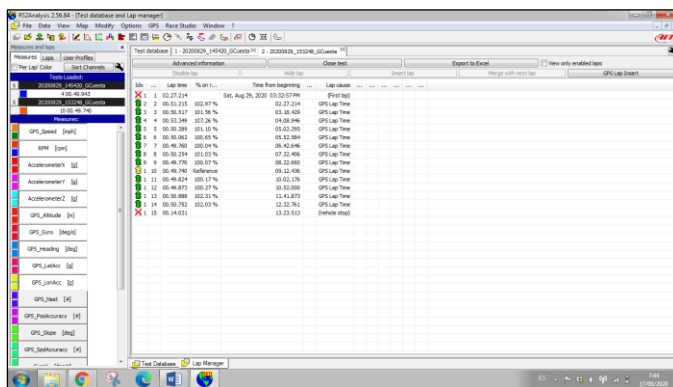
Pantalla de selección – Race Studio Analysis.



- En la pestaña, Lap Manager están las vueltas de la práctica realizada y seleccionar cuál de ellas se desea analizar.

Figura 85

Lap Manager – Race Studio Analysis

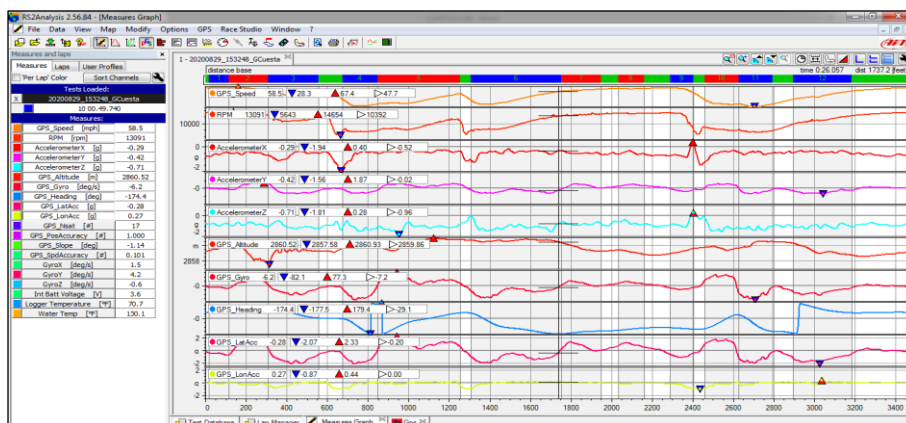


Del lado izquierdo de la pantalla aparece una ventana denominada measures and laps (medidas y vueltas), en esta ventana se puede observar toda la información de cada vuelta en un determinado punto.

- Aparece otra pestaña en la parte inferior, esta se llama measures graph (gráfico de medidas), y muestra en forma de curvas toda la información acerca de la vuelta que se analiza.

Figura 86

Measures Graph – Race Studio Analysis



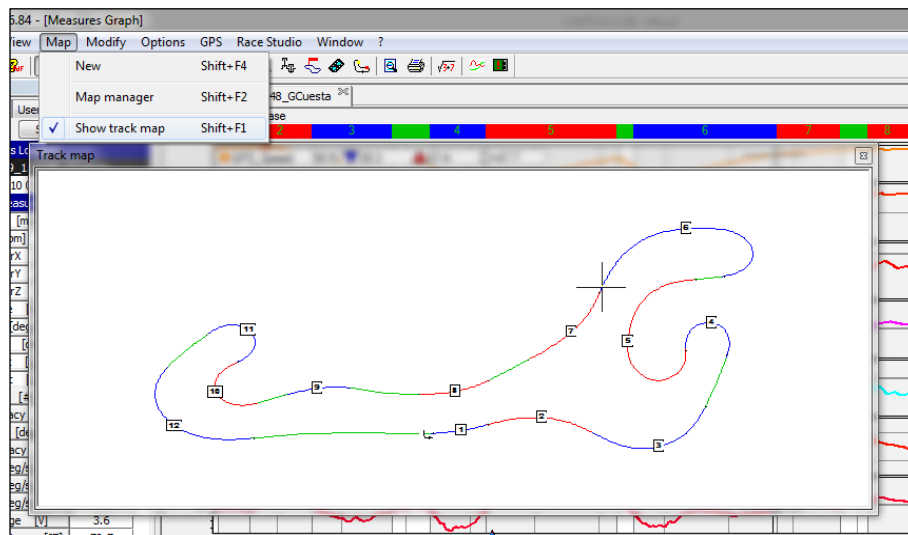
Se puede agregar o quitar los parámetros que se desea analizar según las preferencias del usuario, también se puede cambiar el color de cada curva al presionar el cuadrado de color junto a cada parámetro.

Todos estos parámetros pueden ser analizados con respecto al tiempo o con respecto a la distancia recorrida. Y pueden superponerse las curvas para un análisis comparativo.

- Para tener un mejor análisis de estos aspectos se debe generar un mapa de la pista, en el menú map (mapa), seleccionar la opción “show track map” y se muestra el mapa de la pista indicando en qué punto de la misma se miden los parámetros.

Figura 87

Mapa de la Prueba – Race Studio Analysis



3.4. Unidad de control electrónica programable Megasquirt 2 Extra

La unidad de control programable Megasquirt extra es la que recibe señales por medio de los sensores y emite señales para los actuadores, al ser un ECU reprogramable permite modificar diferentes parámetros, para crear y modificar diferentes mapas de inyección e ignición.

Figura 88

Megasquirt 2 extra



Tabla 10

Características de la unidad de control programable

Megasquirt 2 extra	
Especificaciones	Conexión mediante usb 2.0.
Técnicas.	Conexión vía bluetooth.
	Conectores que soportan 13 amperios.
	Harnes de 1.5 metros.
	Sensor MAP incluido de 4 bares.
Entradas y salidas.	2 entradas adc usadas para sensores.
	Entrada para sensor flex usado con e85.
	Entradas de sensores inductivos y sensores hall para el cigüeñal y levas.
	4 salidas de inyección para inyectores de alta impedancia.
	4 salidas de encendido digitales.
	4 salidas de inyección, secuencial y semi-secuencial.
	4 salidas de encendido para bobinas digitales o normales.
	Carga en speed density (sensor MAP), alpha-n (posición de TPS), MAF (medidor de flujo) o mezclas entre ellas.
	Doble mapa de combustible y encendido
Funciones	Control en lazo cerrado de mezcla aire / combustible.
	Control de presión de turbo.
	Controla el electro ventilador.
	Control de la válvula de ralentí por pwm.
	Launch control, cut-off, cut-sifth.
	Controladores de encendido (igbt).

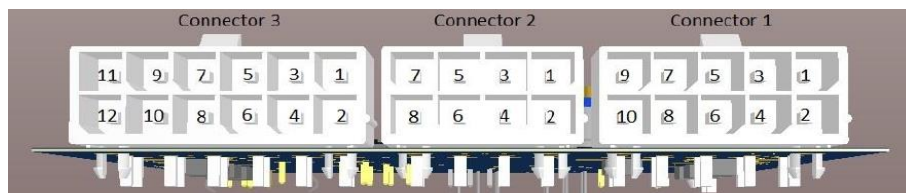
Megasquirt 2 extra	
	Mapa 16x16 o 16x32 de combustible.
	Mapa 12 x 12 o 12 x 24 de encendido.
	Combinación entre 2 mapas 16x16 de combustible y 2 mapas 12 x 12 de encendido.
Programa.	Programa de ajuste de descarga gratuita.

3.4.1. Distribución de pines

La ECU MS2 extra cuenta con 30 pines, distribuidos en 3 conectores como se muestra en la Figura 89.

Figura 89

Distribución de pines de la ECU Megasquirt 2 extra



Nota: (SPtronics, 2019)

En las Tablas 11, 12, 13 se describe cada pin con sus respectivas características:

Tabla 11

Especificaciones de cada pin del conector 1 de la ECU MS2 extra

Pin	Nombre	Color de cable	In/out
1	Injector 1 output	Café	Out

Pin	Nombre	Color de cable	In/out
2	Injector 2 output	Café	Out
3	Injector 3 output	Café	Out
4	Injector 4 output	Café	Out
5	Fuel pump output	Rosa claro	Out
6	Low side output 1	Rosa claro	Out
7	Output 1 complementary	Rosa claro	Out
8	Low side output 2	Rosa claro	Out
9	Low side output 3	Rosa claro	Out
10	GND	Negro	

Nota: (SPtronics, 2019)

Tabla 12

Especificaciones de cada pin del conector 2 de la ECU MS2 extra

Pin	Nombre	Color de cable	In/out
1	Ignition output 1	Verde	Out
2	Ignition output 2	Verde	Out
3	Ignition output 3	Verde	Out
4	Ignition output 4	Verde	Out
5	Tachometer output	Azul	Out
6	Sensors reference Voltage (+5V)	Rosa	Out
7	Switched +12V	Rojo	Out
8	GND	Negro	Out

Nota: (SPtronics, 2019)

Tabla 13

Especificaciones de cada pin del conector 3 de la ECU MS2 extra.

Pin	Nombre	Color de cable	In/out
1	Crank input +	Amarillo	In
2	Crank input -	Café claro	In
3	Cam input +	Amarillo	In
4	Cam input -	Café claro	In
5	MAP/MAF input	Blanco	In
6	Intake air temperature input	Blanco	In
7	Coolant temperature input	Blanco	In
8	O2 sensor input	Blanco	In
9	Throttle position input	Blanco	In
10	Knock sensor input	Blanco	In
11	External input 1	Blanco	In
12	External input 2	Blanco	In

Nota: (SPtronics, 2019)

3.4.2. Cable de conexión

La programación de la ECU se realiza mediante un cable usb tipo B, el cual permite la transferencia de datos del software empleado a la ECU, esto se puede realizar también a través de la conexión bluetooth.

Figura 90

Cable de transferencia de datos usb tipo B.



3.5. Sensores

3.5.1. Sensor TPS + IAT

El sensor TPS es el sensor encargado de informar a la ECU el porcentaje de apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración e informa mediante un voltaje proporcional al porcentaje de apertura, el sensor IAT es un termistor de tipo NTC o de coeficiente de temperatura negativo, esto quiere decir que reduce su resistencia a medida que la temperatura aumenta, el IAT mide la temperatura del aire que ingresa al motor a través del cuerpo de aceleración.

Tabla 14

Características del sensor TPS + IAT

Valores de funcionamiento del sensor TPS + IAT.	
Voltaje referencia	5 V
Voltaje de señal TPS	(0,7 a 4,9) V

Valores de funcionamiento del sensor TPS + IAT.	
Voltaje de señal IAT.	(0,7 a 4,9) V
Voltaje de masa	20 mV.
Resistencia entre masa y pin de señal TPS.	0,8 Ω .
Resistencia entre masa y pin de señal IAT.	1,65 Ω .
Ubicación.	Adaptación mecánica en el bloque del motor.

Figura 91

Sensor TPS + IAT



3.5.2. Sensor ECT.

El sensor de temperatura del refrigerante, es un sensor termistor de tipo NTC (coeficiente de temperatura negativo), eso quiere decir que la resistencia va a disminuir cuando se eleva la temperatura, es el encargado de medir la temperatura que tiene el refrigerante del motor, envía la información a la ECU.

Figura 92*Sensor de temperatura del refrigerante***Tabla 15***Características del sensor ECT*

Características del sensor ECT	
Voltaje de señal	(0,7 a 4,75) V
Voltaje de masa	40 mV
Resistencia del sensor ECT a 15 °C	1,4 Ω
Resistencia del sensor ECT a 40 °C	1,45 kΩ
Resistencia del sensor ECT a 92 °C	250 Ω
Ubicación.	Mangueras del radiador.

3.5.2. Sensor CKP

Este sensor se encarga de dar a conocer a la ECU la posición en la que se encuentra el cigüeñal, determinando la chispa para el encendido y el pulso de la inyección.

Tabla 16*Características del sensor CKP*

Características del sensor CKP	
Tipo.	Sensor inductivo.
Resistencia.	1,10 K Ω .
Señal positiva.	Cable amarillo.
Señal negativa.	Cable negro.
Ubicación.	Adaptación mecánica en el bloque del motor.

Figura 93*Sensor de posición del cigüeñal*

3.6. Actuadores

3.6.1. Inyector

El inyector es una válvula operada por un solenoide controlado por la ECU, es decir, el inyector está alimentado con los 12 voltios y es la ECU es quien activa al inyector por medio del control de masa, para liberar la cantidad de combustible presurizado hacia el interior del motor.

Figura 94*Inyector***Tabla 17***Características del inyector*

Características del inyector	
Voltaje de alimentación.	14,5 V.
Voltaje de señal	Proporcionado por la ECU.
Resistencia del sensor	13,6 Ω
Orificios de dosificación.	12 orificios.
Tamaño del inyector.	325 cc.
Ubicación.	En el cuerpo de aceleración.

3.6.2. Bobina de encendido

Puesto que este proyecto se realiza en un motor monocilíndrico, la bobina empleada para un solo cilindro con módulo integrado por los requerimientos de la ECU, se aprecia la misma en la Figura 95.

Figura 95*Bobina con módulo integrado***Tabla 18***Características de la bobina de encendido.*

Características de la bobina de encendido.	
Voltaje alimentación	14 V
Voltaje de señal	Suministrado de la ECU
Resistencia bobinado primario.	2,7 Ω .
Resistencia bobinado secundario.	9,41 K Ω .
Ubicación.	Adaptación mecánica al bloque del motor.

3.6.3. Bomba de combustible

La bomba de combustible es la encargada de suministrar al sistema de inyección el combustible de manera constante, con la presión adecuada gracias a la implementación de una reguladora de presión.

Figura 96*Bomba de combustible***Tabla 19***Características de la bomba de combustible.*

Características de la bomba de combustible.	
Voltaje alimentación	14,5 V
Voltaje de señal	Proporcionado por la ECU.
Presión	3 bar.
Caudal	90 l/h
Ubicación	Inmerso en el tanque.

3.7. Instalación de componentes eléctricos

Ciertos componentes periféricos adicionales que han sido instalados son los que se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20*Instalación de componentes eléctricos.*



Componente	Descripción	Figura
Cortacorriente	Es necesario un cortacorriente para evitar un consumo indeseado de la batería, tomar en cuenta que nuestro motor no posee un sistema de carga, también es un sistema de seguridad para evitar que el motor encienda, impide el salto de chispa en la bujía, además se usa para apagar el motor.	 <p data-bbox="1060 575 1377 600"><i>Interruptor llave de contacto.</i></p>
Pulsador de arranque	Es el encargado de accionar el motor de arranque, el mismo que pone en marcha el motor Rotax Max, funciona con 12 voltios directamente de la batería.	 <p data-bbox="1060 900 1377 926"><i>Pulsador motor de arranque.</i></p>
Conexión Relé	Es necesario un circuito de conexión de relé para el accionamiento de los actuadores como son: la bomba de combustible, el inyector y la bobina.	 <p data-bbox="1114 1184 1328 1209"><i>Relés de activación</i></p>
Bobina	Se emplea una bobina con módulo integrado por lo que es necesario realizar un nuevo circuito de ignición.	 <p data-bbox="1127 1551 1308 1577"><i>Conexión bobina</i></p>
Fusibles	Para la protección de la ECU y los sensores integrados al motor, se emplea un sistema de seguridad con fusibles.	 <p data-bbox="1130 1797 1304 1822"><i>Caja de fusibles.</i></p>

3.8. Adaptaciones mecánicas

Al tomar en cuenta que se emplearon elementos que no son propios del motor Rotax Max 125cc fue necesaria la adaptación de los mismos para el correcto funcionamiento del motor, a continuación se detalla las adaptaciones realizadas.





Tabla 21

Adaptaciones mecánicas.

Adaptación	Descripción	Imagen
Acople del cuerpo de aceleración	Dado que el carburador y el cuerpo de aceleración tienen diámetros diferentes, fue necesaria la adaptación de una toma o acople para fijar el tbi al motor.	
Bomba de combustible y regulador de presión.	En este sistema se necesita el uso de una bomba de combustible de cierta presión, la cual debe ir sumergida en el combustible por lo que se adaptó la válvula reguladora de presión para que puedan entrar al tanque sin problemas.	

Acople del cuerpo de aceleración.

Bomba con regulador.

Adaptación	Descripción	Imagen
Bobina de encendido	Para el correcto funcionamiento del motor es necesario usar una bobina con módulo por lo que es necesario una adaptación al motor ya que no cuenta con los mismos soportes de la bobina antes empleada.	
Sensor de posición del cigüeñal	Se emplea el sensor original del motor pero es necesaria su reubicación para la lectura de la rueda fónica, por eso es necesario un soporte para dicho sensor.	
Rueda fónica	La rueda fónica que se ocupa tiene una configuración de 12 – 1 dientes para una correcta lectura en el CKP.	
Sensor de temperatura del refrigerante	Debido al tipo de sensor es necesario maquinar un acople donde pueda ir ubicado el mismo.	

*Soporte bobina**Soporte CKP.**Rueda fónica**Acople del sensor de temperatura.*

3.9. Instalación de la ECU Megasquirt 2 extra

Realizadas las adaptaciones mecánicas y eléctricas necesarias se procedió a la conexión de los sensores y actuadores, se tomó en cuenta los pines de la ECU y que sea de fácil montaje y desmontaje para realizar las distintas pruebas por lo que se realizó un cableado con el diagrama de conexión de la Figura 97.

Figura 97

Diagrama de conexión de los sensores.

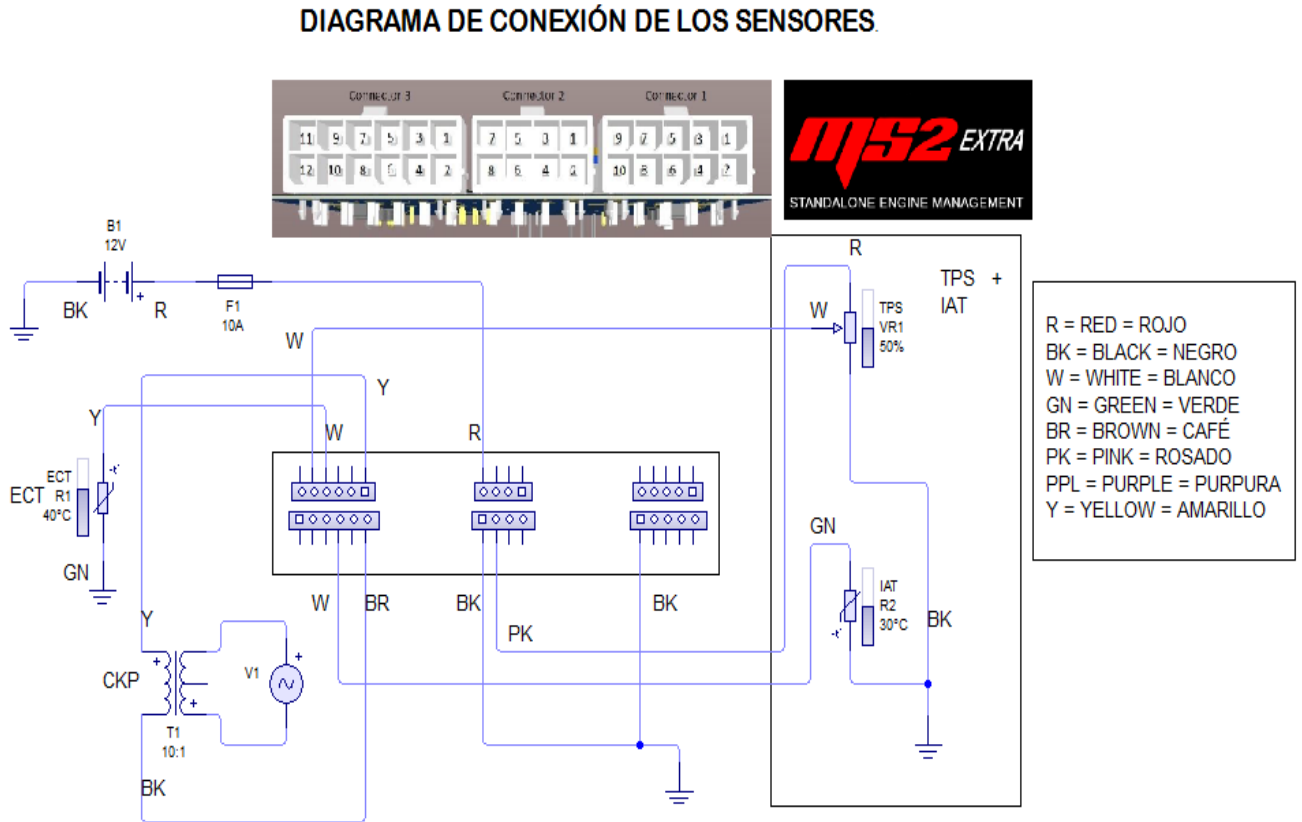
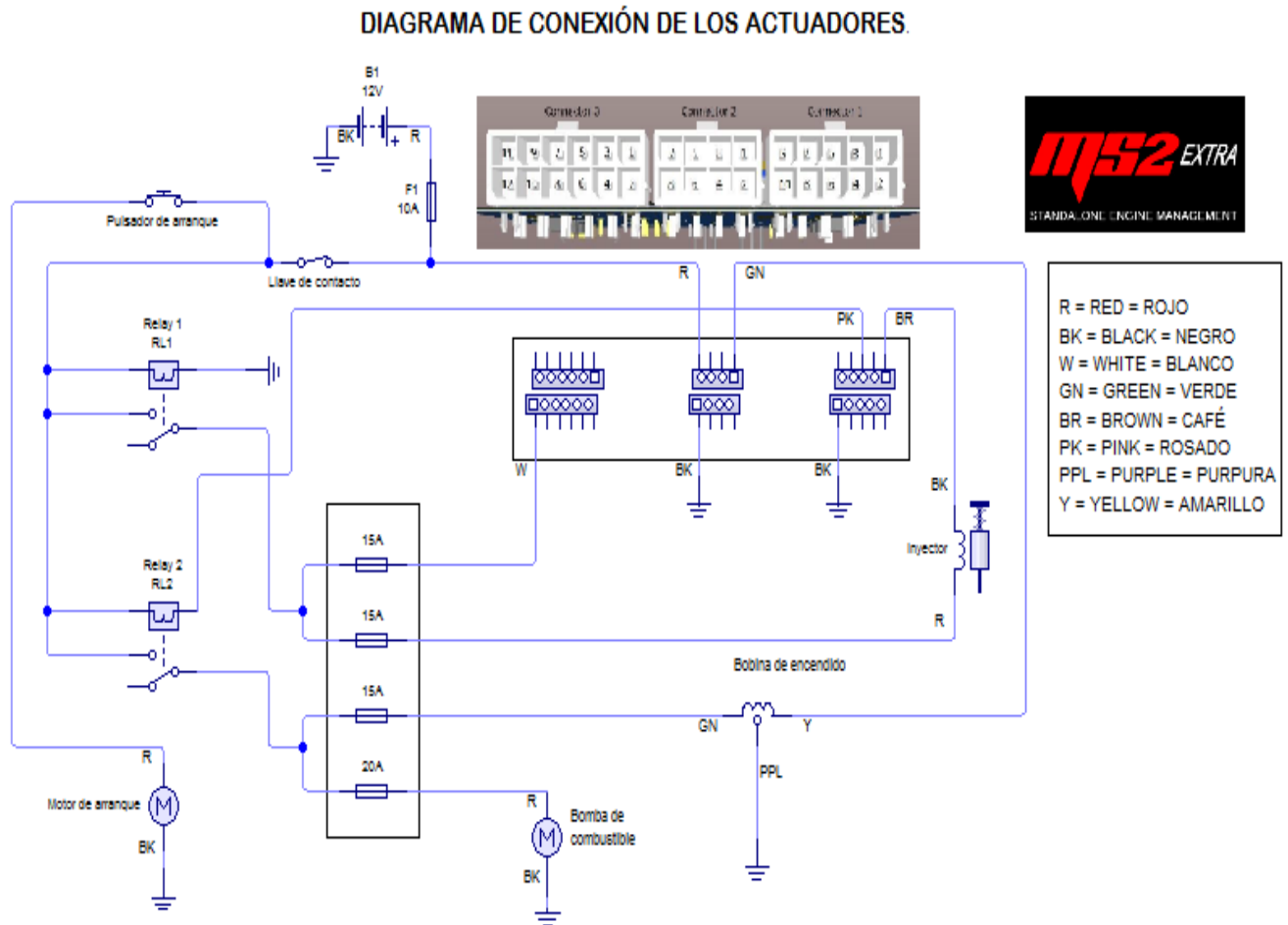


Figura 98

Diagrama de conexión de los actuadores



3.10. Instalación del sistema de inyección electrónica



Al realizar el trucaje electrónico del sistema de alimentación se debe realizar adaptaciones de sensores y actuadores que cumplen diferentes funciones.


3.10.1. Instalación de los sensores

En la Tabla 22 se encuentran los sensores empleados y que son compatibles con la MegaSquirt, que tienen la función de convertir una magnitud física o química en una señal eléctrica.

Tabla 22

Instalación de los sensores

Sensores	Detalle	Imagen
CKP	El motor cuenta con el sensor de posición del cigüeñal junto a su rueda fónica para captar las señales de posición.	 <p><i>Conector del sensor CKP.</i></p>
TPS + IAT	El cuerpo de aceleración ubicado antes de las flaperas permite determinar el porcentaje de apertura de la mariposa, así como la temperatura del aire.	 <p><i>Conector del sensor TPS+IAT.</i></p>

Sensores	Detalle	Imagen
ECT	El sensor de la temperatura del refrigerante se ubicó entre las mangueras del sistema de refrigeración.	


Conector del sensor ECT.

3.10.2. Instalación de los actuadores



Los actuadores reciben las órdenes de la ECU y tienen la función de mover o actuar un dispositivo mecánico en una acción controlada.

Tabla 23

Instalación de los actuadores.

Actuador	Detalle	Imagen
Inyector.	Ubicado en el cuerpo de aceleración, muy cerca a las flaperas pulveriza la determinada mezcla en la cámara de combustión.	

Conector del inyector.

Actuador	Detalle	Imagen
Bobina.	Ubicada a un lado del motor eleva el voltaje normal de la batería con el propósito de producir chispa.	
Bomba de combustible.	Sumergida en el tanque de combustible suministra la cantidad necesaria a una presión adecuada gracias a la reguladora de presión.	

Conector de la bobina.


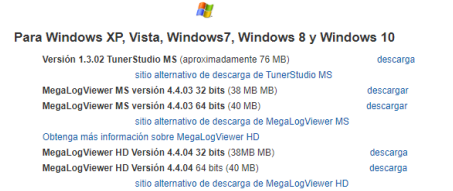
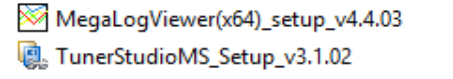

Conector de la bomba de combustible.

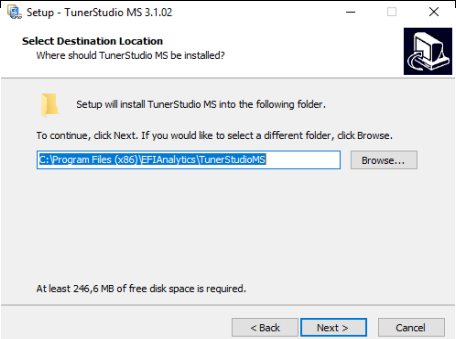
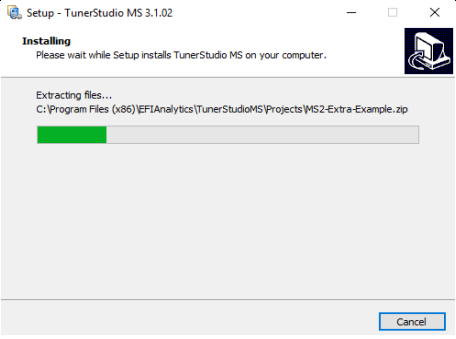
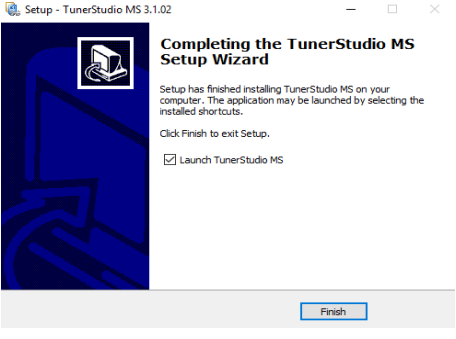

3.11. Instalación del software TunerStudio

El software TunerStudio ofrece un nuevo nivel de refinamiento para el software de ajuste, existen varias versiones de TunerStudio disponibles de acuerdo a su controlador y del soporte, para su instalación es necesario seguir el procedimiento que se detalla en la Tabla 24.

Tabla 24

Instalación de software

Paso	Descripción	Imagen
<p>1 La página para realizar la descarga del software EFI Analytics es en la dirección tunerstudio.com.</p>		<p><i>Dirección tunerstudio.com.</i></p>
<p>2 En la opción de descarga se puede obtener distintas versiones de software para Windows, Apple o Android.</p>		<p><i>Versiones del software.</i></p>
<p>3 Se descarga los instaladores: versión 1.3.02 TunerStudio MS y MegaLogViewer MS versión 4.4.03 64 bits, depende del procesador de la computadora.</p>		<p><i>Instaladores.</i></p>
<p>4 Al ejecutar la instalación aparece una pantalla para aceptar todos los términos y condiciones del programa.</p>		<p><i>Términos y condiciones del software.</i></p>


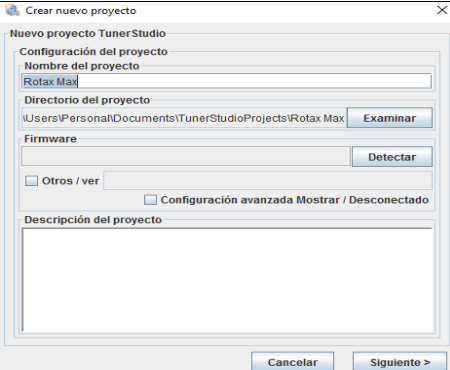
Paso	Descripción	Imagen
5	Aparecen unas ventanas indicando la ubicación en la que se va a instalar el software, la de crear un acceso directo y se presiona siguiente en cada una de las ventanas.	
		<i>Ubicación de la instalación.</i>
6	Al presionar el botón de instalar automáticamente empieza con su instalación este proceso se demora unos minutos.	
		<i>Proceso de instalación.</i>
7	Una vez que acabó de instalarse completamente el programa aparece una ventana de finalización del proceso, se pulsa finalizar.	
		<i>Finaliza el proceso de instalación.</i>
8	En el escritorio aparece un icono con el acceso directo al programa que al darle doble clic empieza a correr el programa.	
		<i>Inicio del software TunerStudio.</i>

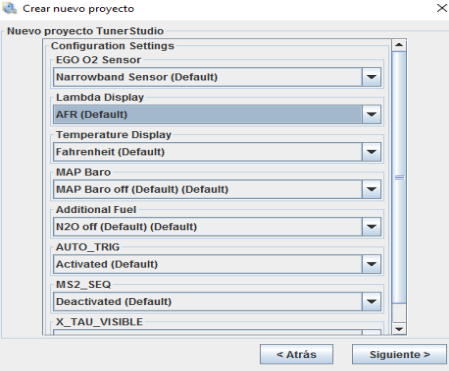
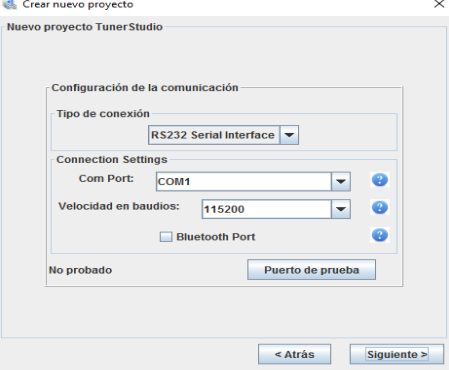
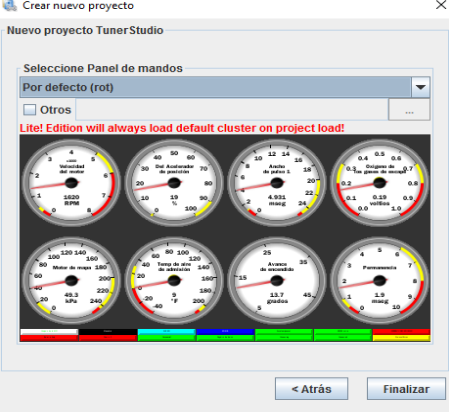
3.12. Proyecto nuevo


Al haber realizado todas las instalaciones y adaptaciones, se procede al mapeo de la ECU reprogramable, se utilizó el software TunerStudio de manera que se crea un proyecto nuevo.

Tabla 25

Pasos para crear un proyecto nuevo

Paso	Descripción	Imagen
1	Al abrir el programa TunerStudio este permite crear un proyecto nuevo, abrir el último proyecto y abrir proyectos usados recientemente.	 <p style="text-align: center;"><i>Interfaz de entrada.</i></p>
2	Al seleccionar crear un proyecto nuevo, se coloca el nombre del proyecto, se visualiza la dirección donde se va a archivar, el firmware que detecta la versión que es compatible con la ECU y se puede añadir una descripción del proyecto.	 <p style="text-align: center;"><i>Configuración del proyecto.</i></p>

Paso	Descripción	Imagen
3	Al seleccionar siguiente se despliega una ventana para escoger las distintas configuraciones así como las magnitudes de los valores predeterminados, esta configuración se puede cambiar después de que se haya creado el proyecto.	
<i>Interfaz de configuraciones y magnitudes.</i>		
4	Esta pantalla permite elegir el tipo de controlador y la configuración de conexión para conectar la Megasquirt con la laptop, por lo general el tipo de controlador suele ser RS232 serial interfaz.	
<i>Configuración de la comunicación.</i>		
5	TunerStudio carga el panel predeterminado siempre que se abra un proyecto por lo que se recomienda que se deje el tablero configurado en predeterminado.	
<i>Configuración predeterminada de los paneles de mandos.</i>		

Paso	Descripción	Imagen
6	Al hacer clic en finalizar se completa la creación del nuevo proyecto, cualquier proyecto actual se cierra y el nuevo se abre y está listo para ser usado.	

Proyecto nuevo creado.

3.13. Configuraciones generales

Las funciones esenciales de la Megasquirt 2 extra es administrar la inyección electrónica de combustible para lograr la mezcla correcta del combustible y el tiempo de encendido que son vitales en términos de optimización por lo que requiere de las siguientes configuraciones generales:

3.13.1. Motor y configuraciones secuenciales

Al dar clic en basic para cargar la configuración se escoge el algoritmo de control que se empleó alpha-n que utiliza el sensor de la posición del acelerador, los ciclos del motor que es 1, la puesta en escena del inyector que es simultáneo, la carrera del motor que al ser un motor de karting es de dos tiempos, mono cilíndrico ya se tiene el número de cilindros y el número de inyectores, la mayoría de los motores es por incluso de fuego, el tamaño del motor que viene a ser la cilindrada 125cc, el tamaño del inyector es de 326 cc, la inyección secuencial se habilita o se deshabilita automáticamente de acuerdo al modo de chispa y los conductores de los inyectores son controlados de forma estándar o por default.

Figura 99

Configuración del motor y secuencias

Configuración del motor y secuenciales

Ver Ayuda

Configuración del motor y secuenciales

Calculate Required Fuel

Combustible necesario... 2.6
(MS) 2.60

Algoritmo de control Alfa-N

Provechos por ciclo de motor 1

Puesta en escena del inyector Simultánea

Motor trazo/Rotary Dos tiempos

No. Cilindros/rotores 1

Número de inyectores 1

Tipo de motor Incluso fuego

Tamaño de la maquina(CC) 125

Cada inyector Tamaño(CC) 325

inyección secuencial

inyección secuencial Inyección lento

disparador temporizado Inicio de pulso

Tiempos fijos o mesa Utilice la tabla

Número de valores de temporización Valor único

Inyección fija sincronización 1(DEG) 90.0

Inyección fija Timing 2(DEG) 270.0

Inyección fija Momento 1 Cuando Staging En(DEG) 90.0

Inyección fija Timing 2 Cuando Staging En(DEG) 270.0

El poner sincronización de la inyección 1(DEG) 90.0

El poner sincronización de la inyección 2(DEG) 270.0

VE Tablas de acabado No utilice tablas de recortar de VE

Los conductores de los inyectores Controladores estándar

Modo secuencial de híbrido siamés

Pulso sola activación RPM 15000

En la histéresis de un solo pulso de activación RPM 100

Inyección fija Timing 3(DEG) 90.0

Fija sincronización de inyección de 3 etapas en Cuando(DEG) 90.0

3.13.2. Configuración del combustible requerido

Este valor es calculado automáticamente al utilizar el algoritmo elegido de modo que los valores ingresados deben ser correctos como son el desplazamiento del motor que su cilindrada 125cc, el número de cilindros es 1, el flujo del inyector que se obtiene en la ficha técnica del mismo es de 326 cc/min y la relación aire-combustible 14,7 que es la ideal para el funcionamiento.

Figura 100*Configuración de combustible requerido*

Calculadora de combustible requerido	
Desplazamiento del motor	125
Número de cilindros	1
Flujo del inyector	326
Relación aire-combustible	14.7

Unidades

CID CC

lb / hr CC/min

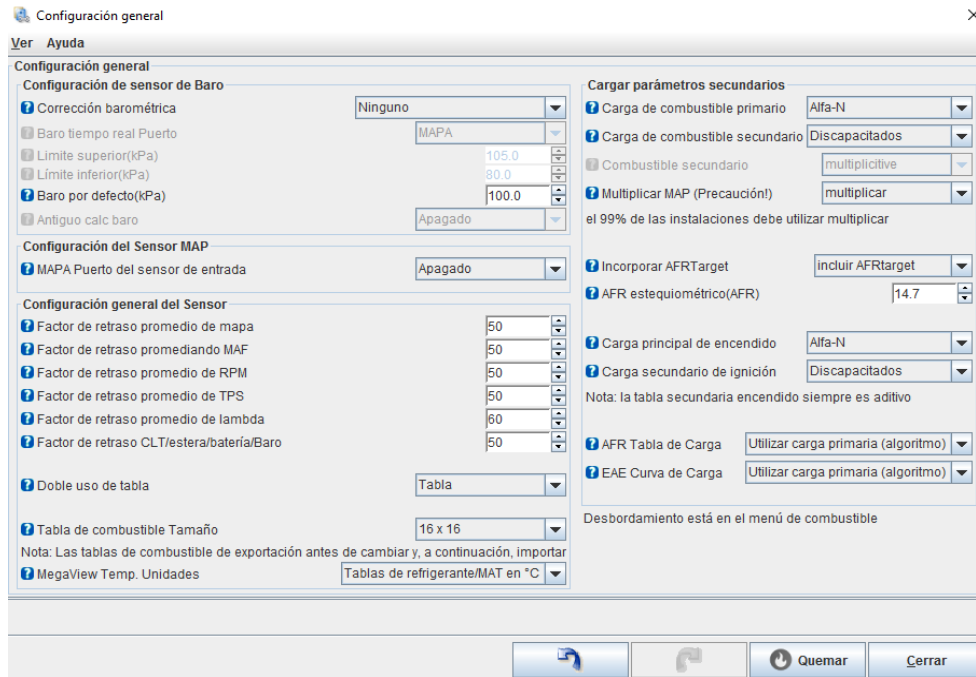
Ok Cancelar

3.13.3. Configuraciones generales

En esta configuración se puede establecer valores necesarios para el rendimiento del motor como es la corrección barométrica que tomada en cuenta la altitud, al estar desactivada considera una lectura fija de 100 kPa por defecto, al no usar el sensor MAP debe estar apagado, la configuración general de los factores de suavizado de los sensores pueden ir del 100% a 10% que por lo general se deja en un 50%, se puede modificar el tamaño de las tablas de combustible VE y AFR ya sea por 12x12 o 16x16, las unidades en grados centígrados para la temperatura se lo selecciona en MegaView temp y los parámetros secundarios aparecen por defecto porque ya han sido seleccionados en configuraciones anteriores aquí se los modificar si fuera el caso de realizar correcciones.

Figura 101

Configuraciones generales.

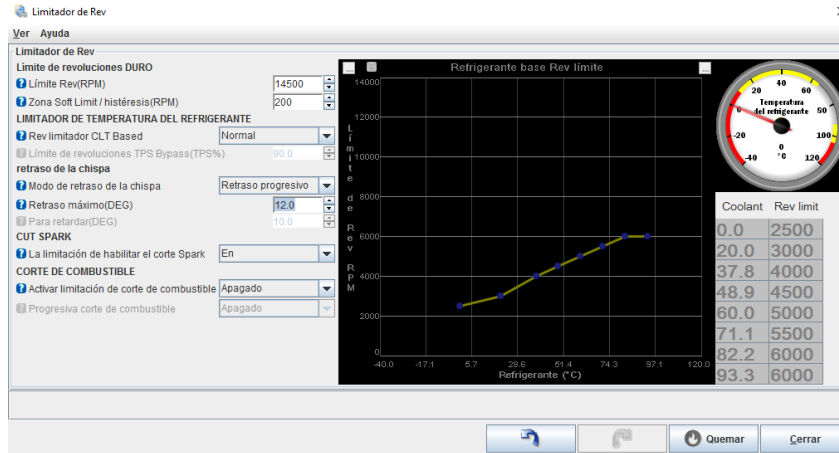


3.13.4. Limitado de revoluciones

Se puede controlar configuraciones como es el límite de revoluciones máximas al especificar que pueda llegar a 14500 rpm con el fin de cuidar las partes mecánicas, se lo puede controlar ya sea por el corte de chispa y el corte combustible, el límite de revoluciones basado en el refrigerante puede bajar cuando el motor esté frío, el retardo de chispa por ángulo fijo cambia el tiempo inmediatamente a este ángulo de 12 grados cuando estén las rpm por encima de las establecidas, todas estas limitaciones son consideradas para cuidar el motor.

Figura 102

Limitador de revoluciones.

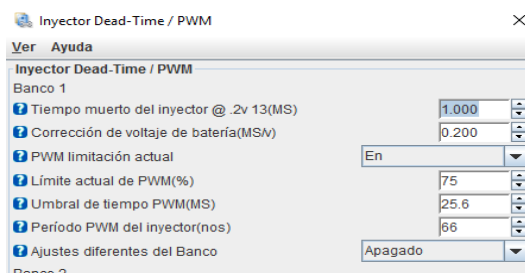


3.13.5. Configuración del inyector

La configuración correcta de combustible es esencial para afinar el motor, se ocupa del tiempo muerto de inyector que depende de la resistencia interna del inyector mayor a 14 ohm es de 1ms, el factor de corrección del voltaje de la batería es típicamente 0,2ms, la limitación de corriente pwm (pico y retención), en retención es del 75%, el pico de corriente completa al comienzo de cada pulso 25.6 ms y el período durante la fase de retención seguro es de 66 us.

Figura 103

Configuración del inyector

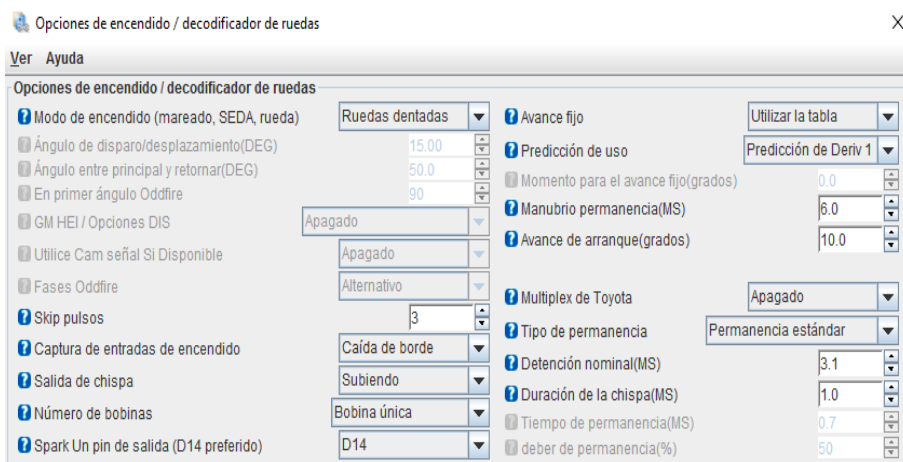


3.13.6. Configuración del encendido y decodificador de rueda

La correcta configuración de encendido garantiza que la ECU funcione con el motor, el modo de chispa establece el tipo de decodificador de patrón de entrada en nuestro caso se utiliza una rueda dentada, el número de pulsos tiene un valor predeterminado de 3, la captura de entrada de encendido es fundamental para una sincronización con las rpm y el diente faltante de la rueda fónica, depende de la configuración si la salida de chispa toma la señal cuando el diente sube, al usar una bobina única se escoge el pin D14 que es la salida de chispa estándar, el avance fijo emplea la tabla de avance chispa, la predicción de uso permite emplear la aceleración y la desaceleración para el cálculo del tiempo, el manubrio de permanencia especifica el tiempo de la bobina durante el arranque de 6 ms, los grados de avance para el arranque es típicamente 10 grados, el tiempo de permanencia nominal es de 3,1 ms, la duración de la chispa es el tiempo requerido para que complete la chispa es de 1 ms.

Figura 104

Configuración del encendido



3.13.7. Configuración de la rueda fónica

Es imprescindible realizar la configuración de la rueda fónica, necesaria para la sincronización del salto de chispa y el pulso de la inyección, al configurar incorrectamente puede experimentar una deriva desincronización con las rpm o una detección errónea de los dientes faltantes en una rueda fónica, se maquinó la rueda de tal forma que encaje con el perno del cigüeñal que sujeta al embrague, la campana y el piñón, y gire a la par con el mismo.

Figura 105

Ubicación para la rueda fónica



Típicamente una rueda fónica es de 36-1 o 60-2; que son el número de dientes y el diente faltante, para el motor Rotax Max se implementó una rueda fónica de 12-1.

Figura 106*Rueda fónica relación 12-1*

Para la configuración del ángulo de diente (DEG BTDC) generalmente con una rueda de cigüeñal de diente faltante, para determinar el primer diente es el que pasa por el sensor después del espacio del diente faltante y el ángulo correcto para la configuración se obtiene al dividir 360° para 12 dientes, se determina que por cada diente de la rueda fónica se representan 30° , el primer diente se ubica separado del PMS por 5 dientes, al multiplicar los 30° de cada diente, por la cantidad de dientes de separación da como resultado un ángulo de 150° de desfase, este valor será empleado en el software, considerar que no todos los motores funcionan bien con el ángulo calculado pero es el valor referencial para adelantar o retrasar ángulos, el valor con el que funciona en óptimas condiciones es de 130° .

Figura 107

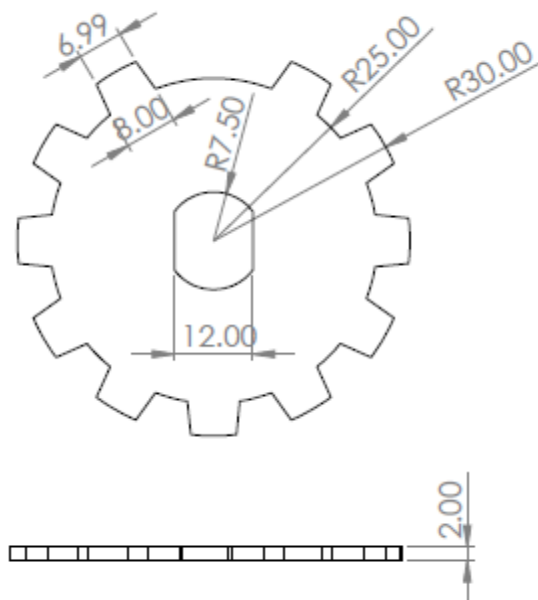
Configuración de la rueda fónica.

Mecanismo de desencadenamiento de ruedas	Sola rueda con faltante
Dientes de la rueda de desencadenador(dientes)	12
Dientes perdidos(dientes)	1
Ángulo de diente # 1(DEG BTDC)	130.0
velocidad de la rueda	Rueda manivela
<input type="checkbox"/> En segundo gatillo activos en	Flanco ascendente
<input type="checkbox"/> Nivel Para la Fase 1	Bajo
<input type="checkbox"/> Y cada rotación del ..	CAM

Para maquinar la rueda se realizó un boceto, se tomó en cuenta las dimensiones del espacio donde se ubica y la distancia de separación con el sensor CKP.

Figura 108

Boceto de la rueda fónica



Bajo estas consideraciones se determinó un espacio de 62 mm de diámetro con centro en el cigüeñal, el sensor CKP está ubicado a 31 mm del centro del cigüeñal por lo tanto se diseñó una rueda fónica con radio 30mm y 1 mm de separación con el sensor CKP.

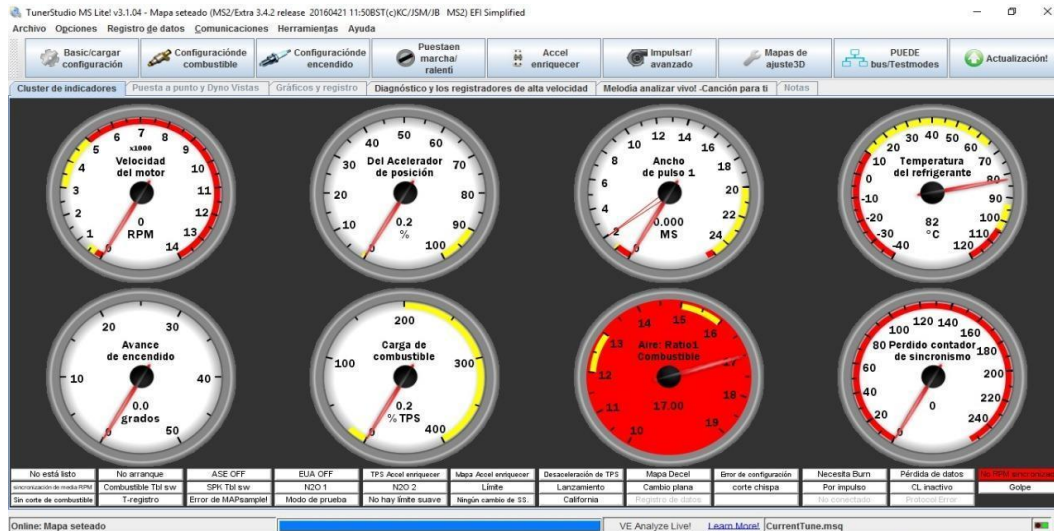
Para el espesor de la rueda se tuvo en cuenta el huelgo que existe entre el filo del piñón de la campana y la rodela, también se tomó en cuenta el espesor de la cadena, y el espesor de la tuerca de ajuste, con estos parámetros se optó por acoplar la rueda a la tuerca de ajuste de la campana del cigüeñal, para lo cual se modificó la tuerca de tal manera que quede fija con la rueda fónica.

3.13.8. Relojes marcadores

El software TunerStudio permite configurar la interfaz gráfica en la que se representa los parámetros de funcionamiento del motor, se puede cambiar, eliminar o agregar relojes según sean nuestras necesidades.

Figura 109

Relojes marcadores



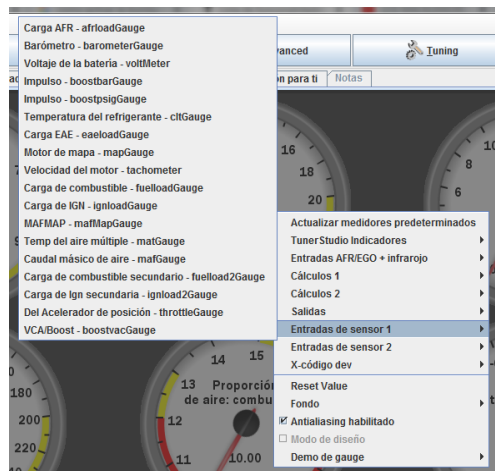
Para configurar la interfaz con los relojes marcadores que se desean para este proyecto se debe dar clic derecho en el panel central, se despliega un menú donde se puede seleccionar los relojes que se necesitan, entre estas opciones se tiene:

- Posición de la mariposa del cuerpo de aceleración (TPS) medida en porcentaje (0-100).
- Temperatura del refrigerante del motor (ect) medida en grados centígrados.
- Posición del cigüeñal (CKP).
- Depresión en el múltiple de admisión (MAP).
- Temperatura del aire de admisión (IAT).
- Revoluciones del motor.
- Tiempo de apertura del inyector.
- Avance al encendido.
- Carga de combustible.

- Voltaje de la batería, entre otros.

Figura 110

Opciones de relojes marcadores



3.13.9. Activación de actuadores

En nuestro caso particular los actuadores que intervienen en el correcto funcionamiento del motor son la bomba de combustible, la bobina de encendido, y el inyector de combustible, para verificar su correcto funcionamiento se puede realizar una prueba de activación desde el software TunerStudio con el siguiente procedimiento.

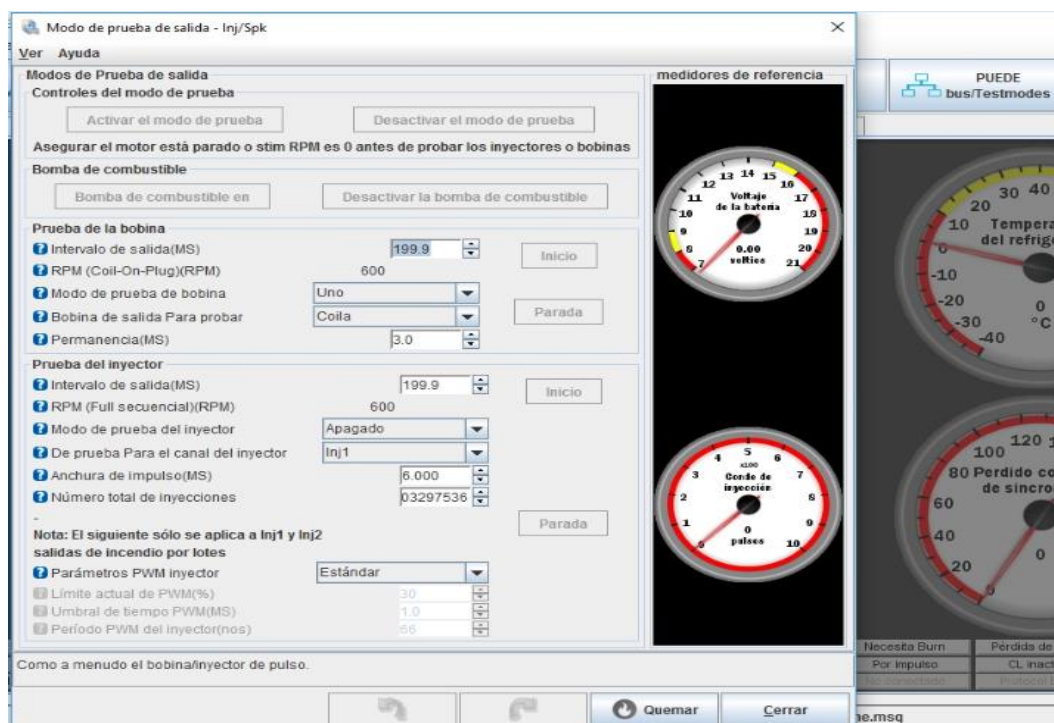
Presionar en la pestaña puede test modes, se despliega una ventana donde se puede asignar los parámetros de funcionamiento para el inyector y la bobina, en la prueba de la bobina selecciona una de ellas la cual se desea probar, se asigna un intervalo de salidas, y la permanencia de funcionamiento, se cambia el estado de apagado a encendido y se activa al presionar el botón activar el modo de prueba, en el caso del inyector se debe seleccionar el intervalo de salidas,

cambiar el estado de modo de prueba a encendido, seleccionar el inyector que se quiere probar, determinar el ancho de pulso y el número total de inyecciones y se activa de la misma manera.

Para probar la bomba de combustible solo es necesario presionar el botón bomba de combustible y esta se activa.

Figura 111

Modo de prueba de salida



3.13.10. Calibración de los sensores

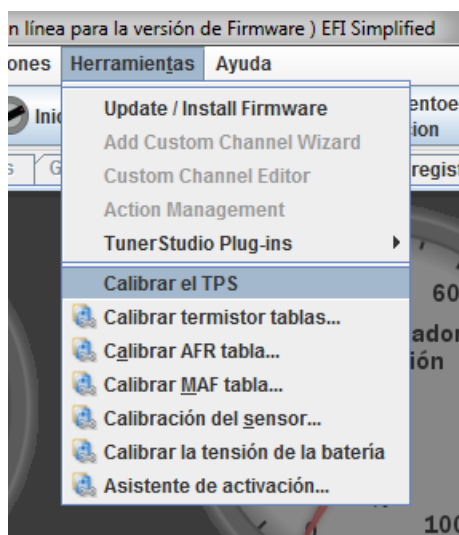
La calibración de los sensores empleados en este proyecto es necesaria para que la ECU tome datos correctos de acuerdo a las características específicas de cada sensor, en otras palabras significa informar a la ECU que tipo de sensor se utiliza para una toma de datos más específica.

El primer sensor que se calibró fue el sensor de posición de la mariposa de aceleración, el cual se realiza de la siguiente manera:

En la pestaña herramientas seleccionar la opción calibrar TPS.

Figura 112

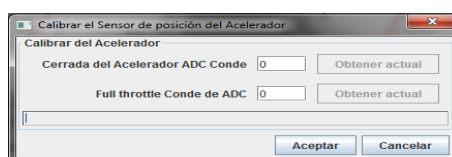
Menú calibración de sensores.



Se despliega una ventana para ingresar dos condiciones.

Figura 113

Calibración sensor TPS

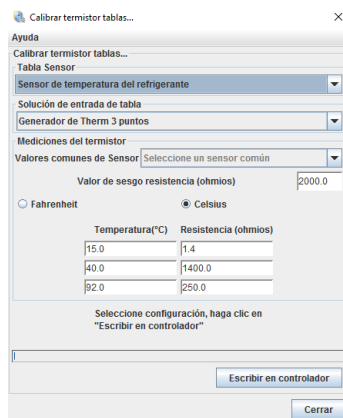


- La primera es con la mariposa de aceleración totalmente cerrada, es decir sin acelerar se procede a presionar el botón obtener actual.
- La segunda es con la mariposa de aceleración completamente abierta, para lo cual se procede a pisar el pedal del acelerador a fondo y presionar el botón obtener actual.

Para la calibración del sensor de temperatura de agua del motor y de aire de admisión ubicarse en la misma pestaña de herramientas y seleccionar la opción calibrar termistor, se despliega una ventana donde se puede seleccionar entre sensor de temperatura del refrigerante del motor y sensor de temperatura del aire de admisión.

Figura 114

Calibración termistores



En la misma ventana se puede seleccionar la marca del sensor para obtener sus características o en su defecto asignar manualmente valores de resistencia del termistor los cuales dependen de la temperatura a la que se encuentra, una vez realizado esto presionar el botón escribir

en el controlador y nuestro sensor está configurado, este proceso debe realizarse con el sensor ECT e IAT.

El sensor MAP que empleado en este proyecto viene integrado en la ECU por esta razón no necesita su calibración para tener un correcto funcionamiento del mismo.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Cálculos de los parámetros fundamentales para la calibración.

Para poder calibrar al motor Rotax Max hay que tomar en cuenta varios datos técnicos, así como los parámetros fundamentales.

4.1.1. Cálculo de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor.

Para realizar el cálculo de la masa de aire que va a ingresar al motor hay que tomar en cuenta un dato muy importante como es la altitud, al realizar las pruebas en el kartódromo Cotopaxi en la ciudad de Latacunga se tiene que está ubicado en coordenadas geográficas a una: latitud: 0°56'06"S, longitud: 78°36'55"O y altitud sobre el nivel del mar: 2769 m.

$$M_{aire} = Vc * \rho_{air}$$

Ecuación 8

Masa del aire

Donde:

M_{aire} : Masa del aire (gr).

Vc : Volumen del cilindro (m^3).

ρ_{air} : Densidad de aire ($\frac{Kg}{m^3}$).

Tabla 26

Parámetros para los cálculos de la cantidad de masa del aire

Significado	Valor	Descripción
Volumen del cilindro	125cc	El motor al ser monocilíndrico el volúmen del cilindro viene a ser su cilindrada.
Cilindrada	$(1,25 \times 10^{-4})m^3$	Se debe realizar la conversión de unidades dependiendo del sistema de unidades que se emplee.
Altitud de la ciudad de Latacunga.	2769 m	Se realizaron las pruebas en el kartódromo Cotopaxi.
Densidad de aire.	$\rho_{air} : 1,2929 \frac{Kg}{m^3}$	La densidad del aire es la relación entre la masa y el volúmen del aire en condiciones ideales
La densidad del aire a 25°C	$\rho_{air} : 1,205 \frac{Kg}{m^3}$	La densidad del aire varía según su altitud y temperatura.

Cantidad de masa de aire en condiciones ideales.

$$M_{aire} = Vc * \rho_{air}$$

$$M_{aire} = (1,25 \times 10^{-4})m^3 * 1,2929 \frac{Kg}{m^3}$$

$$M_{aire} = (1,6161 \times 10^{-4})Kg$$

$$M_{aire} = 0,1616 \text{ gr} = G_0$$

Cantidad de masa de aire en el kartódromo Cotopaxi.

$$M_{aire} = Vc * \rho_{air}$$

$$M_{aire} = (1,25 \times 10^{-4})m^3 * 1,205 \frac{Kg}{m^3}$$

$$M_{aire} = (1,506 \times 10^{-4})Kg$$

$$M_{aire} = 0,1506 \text{ gr} = G_1$$

4.1.2. Eficiencia volumétrica.

Para realizar la calibración del motor se toma los parámetros que varían como es la cantidad de masa de aire que depende de la altitud donde se realizaron las pruebas y también influye la presión atmosférica, de tal forma es necesario calcular la eficiencia volumétrica tomando en cuenta estos parámetros.

$$Nv = \frac{G_1}{G_0} * 100 \%$$

Ecuación 9

Eficiencia volumétrica

Donde:

Nv : Eficiencia volumétrica (%).

G_0 : Masa de aire en condiciones ideales (gr).

G_1 : Masa de aire en el kartódromo (gr).

Tabla 27

Parámetros para la eficiencia volumétrica.

Significado	Valor	Descripción
Masa de aire en condiciones ideales	$G_0 = 0,1616 \text{ gr.}$	Es el valor calculado de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor en condiciones ideales.
Masa de aire en el kartódromo	$G_1 = 0,1506 \text{ gr.}$	Es el valor calculado de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor en el kartódromo.

Significado	Valor	Descripción
Porcentual	%	Los valores de eficiencia deben estar en valores porcentuales.

Eficiencia volumétrica.

$$Nv = \frac{G_1}{G_0} * 100 \%$$

$$Nv = \frac{0,1506 \text{ gr}}{0,1616 \text{ gr}} * 100\%$$

$$Nv = 93,19 \%$$

4.1.3. Velocidad con la que ingresa aire al motor.

La velocidad con la que ingresa el aire al motor depende de la apertura de la mariposa de admisión variando la eficiencia volumétrica, por lo cual al tener más rpm se necesita mayor cantidad de masa de aire, tomando en cuenta las máximas rpm que llega un motor en la pista.

$$Vm_{aire} = G_0 * RPM.$$

Ecuación 10

Velocidad de ingreso de aire

Donde:

Vm_{aire} : Velocidad con la que ingresa aire al motor ($\frac{gr}{min}$).

G_0 : Masa de aire en condiciones ideales (gr).

G_1 : Masa de aire en el kartódromo (gr).

RPM : Revoluciones por minuto ($\frac{rev}{min}$).

Tabla 28

Parámetros para la velocidad con la que ingresa aire al motor

Significado	Valor	Descripción
Masa de aire en condiciones ideales	$G_0 = 0,1616 \text{ gr.}$	Es el valor calculado de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor en condiciones ideales.
Masa de aire en el kartódromo	$G_1 = 0,1506 \text{ gr.}$	Es el valor calculado de la cantidad de masa del aire que ingresa al motor en el kartódromo.
Giro del motor.	$10500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$	Son las revoluciones máximas a las que puede llegar el motor en pista.

Velocidad con la que ingresa aire al motor en condiciones ideales.

$$Vm_{aire} = G_0 * RPM.$$

$$Vm_{aire} = (0,1616 \text{ gr}) * 10500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$Vm_{aire} = 1696,8 \frac{\text{gr}}{\text{min}}$$

Velocidad con la que ingresa aire al motor en el kartódromo.

$$Vm_{aire} = G_1 * RPM.$$

$$Vm_{aire} = (0,1506 \text{ gr}) * 10500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$Vm_{aire} = 1581,3 \frac{\text{gr}}{\text{min}}$$

4.1.4. Masa de combustible a proporcionar.

La masa de combustible a proporcionar trabaja directamente con la velocidad con la que ingresa aire al motor, asimismo se debe considerar la relación aire-combustible ideal es de 15,1 y una buena relación estequiométrica se obtiene cuando los valores van entre (12-14) para conseguir la máxima producción de potencia del motor.

$$M_{Fuel} = \frac{Vm_{aire}}{AFR * RPM}$$

Ecuación 11

Masa de combustible a proporcionar

Donde:

M_{Fuel} : Masa de combustible a proporcionar (gr).

Vm_{aire} : Velocidad con la que ingresa aire al motor ($\frac{gr}{min}$).

AFR : Relación aire-combustible.

RPM : Revoluciones por minuto ($\frac{rev}{min}$).

Tabla 29

Parámetros para los cálculos de la masa de combustible a proporcionar

Significado	Valor	Descripción
Velocidad con la que ingresa aire al motor	$Vm_{aire} = 1696,8 \frac{gr}{min}$	Es el valor calculado de la velocidad con la que ingresa aire al motor en condiciones ideales.
Velocidad con la que ingresa aire al motor	$Vm_{aire} = 1581,3 \frac{gr}{min}$	Es el valor calculado de la velocidad con la que ingresa aire al motor en el kartódromo.
Relación aire-combustible.	$AFR = 14,5$.	Es la relación estequiométrica ideal.
Relación aire-combustible.	$AFR = 12,5$.	Es la relación estequiométrica óptima para el

Significado	Valor	Descripción
		funcionamiento.
Giro del motor.	10500 $\frac{rev}{min}$	Son las revoluciones máximas a las que puede llegar el motor.

Masa de combustible a proporcionar en condiciones ideales.

$$M_{Fuel} = \frac{Vm_{aire}}{AFR * RPM}$$

$$M_{Fuel} = \frac{1696,8 \frac{gr}{min}}{14,5 * 10500 \frac{rev}{min}}$$

$$M_{Fuel} = 11,14 \times 10^{-3} gr.$$

Masa de combustible a proporcionar en el kartódromo.

$$M_{Fuel} = \frac{Vm_{aire}}{AFR * RPM}$$

$$M_{Fuel} = \frac{1581,3 \frac{gr}{min}}{12,5 * 10500 \frac{rev}{min}}$$

$$M_{Fuel} = 12,05 \times 10^{-3} gr.$$

4.1.5. Consumo de combustible.

Al tener la masa de combustible a proporcionar se puede obtener como referencia la cantidad de combustible que consume tanto en bajas como altas revoluciones.

$$m_{fuel} = M_{Fuel} * RPM$$

Ecuación 12*Cantidad de masa de combustible*

Donde:

 m_{fuel} : Cantidad de masa de combustible ($\frac{gr}{min}$). M_{Fuel} : Masa de combustible a proporcionar (gr). RPM : Revoluciones por minuto ($\frac{rev}{min}$).

Al ser un motor de dos tiempos se emplea la mezcla de combustible con aceite motul kart grand prix gp 2t para la lubricación interna del motor de acuerdo a la proporción que sugiere el manual del fabricante que es 1:50 (2% of oil).

$$\delta_{2t} = \delta_{fuel} + \delta_{oil}$$

Ecuación 13*Densidad de la mezcla de combustible*

Donde:

 δ_{2t} : Densidad de la mezcla de combustible ($\frac{gr}{cc}$). δ_{fuel} : Densidad de la nafta ($\frac{gr}{cc}$). δ_{oil} : Densidad del aceite ($\frac{gr}{cc}$).

La densidad es la relación existente entre la masa y el volumen, tomando en cuenta que se tiene la cantidad de masa de combustible y la densidad de la mezcla se cuantifica la cantidad de combustible que consume el motor.

$$\delta_{2t} = \frac{m_{fuel}}{v_{fuel}}$$

Ecuación 14

Ecuación de la densidad.

Donde:

δ_{2t} : Densidad de la mezcla de combustible ($\frac{gr}{cc}$).

m_{fuel} : Cantidad de masa de combustible ($\frac{gr}{min}$).

v_{fuel} : Volumen de combustible a consumir ($\frac{cc}{min}$).

Tabla 30

Parámetros para los cálculos del consumo de combustible

Significado	Valor	Descripción
Masa de combustible a proporcionar.	M_{Fuel} $= (12,05 \times 10^{-3} gr)$.	Es el valor calculado de la masa de combustible a proporcionar.
Giro del motor.	$7000 \frac{rev}{min}$.	Son las revoluciones del motor en bajas.
Giro del motor.	$10500 \frac{rev}{min}$	Son las revoluciones máximas a las que puede llegar el motor.
Densidad de la nafta.	$\delta_{fuel} = 0,68 \frac{gr}{cc}$.	Es la densidad que posee la gasolina súper en el Ecuador.
Densidad del aceite.	$\delta_{oil} = 0,912 \frac{gr}{cc}$	Es la densidad del aceite Motul 2t gp que se utiliza en karts.
Proporción de la mezcla.	1:50(2% of oil).	Al ser la mezcla de combustible con aceite se aplica la proporción que indica el manual del fabricante.

Significado	Valor	Descripción
Densidad de la mezcla de combustible.	$\delta_{2t} = 1,136 \frac{gr}{cc}$.	La densidad de la mezcla aumenta dependiendo de la proporción utilizada.
Cantidad de masa de combustible	$m_{fuel} = 84,35 \frac{gr}{min}$.	Es el valor calculado de la cantidad de combustible a consumir a 7000 rpm.
Cantidad de masa de combustible	$m_{fuel} = 126,6 \frac{gr}{min}$	Es el valor calculado de la cantidad de combustible a consumir a 12000 rpm.

Cantidad de masa de combustible a 7000 rpm.

$$m_{fuel} = M_{Fuel} * RPM$$

$$m_{fuel} = (12,05 \times 10^{-3} gr) * 7000 \frac{rev}{min}$$

$$m_{fuel} = 84,35 \frac{gr}{min}$$

Densidad de la mezcla de combustible.

$$\delta_{2t} = \delta_{fuel} + \delta_{oil}$$

$$\delta_{2t} = 0,68 \frac{gr}{cc} + 0,456 \frac{gr}{cc}$$

$$\delta_{2t} = 1,136 \frac{gr}{cc}$$

Volumen de combustible a consumir a 7000 rpm.

$$\delta = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{\delta} = \frac{84,35 \frac{gr}{min}}{1,136 \frac{gr}{cc}}$$

$$v = 74,25 \frac{cc}{min}$$

Cantidad de masa de combustible a 10500 rpm.

$$m_{fuel} = M_{Fuel} * RPM$$

$$m_{fuel} = (12,05 \times 10^{-3} gr) * 10500 \frac{rev}{min}$$

$$m_{fuel} = 126,6 \frac{gr}{min}$$

Densidad de la mezcla de combustible.

$$\delta_{2t} = \delta_{fuel} + \delta_{oil}$$

$$\delta_{2t} = 0,68 \frac{gr}{cc} + 0,456 \frac{gr}{cc}$$

$$\delta_{2t} = 1,136 \frac{gr}{cc}$$

Volumen de combustible a consumir a 10500 rpm.

$$\delta = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{\delta} = \frac{126,6 \frac{gr}{min}}{1,136 \frac{gr}{cc}}$$

$$v = 111,44 \frac{cc}{min}$$

4.1.6. Tiempo de apertura del inyector.

El tiempo de apertura del inyector es determinado directamente por las rpm a las que está trabajando el motor.

$$N = \frac{60000}{2 \times I \times T}$$

Ecuación 15

Tiempo de apertura del inyector.

Donde:

T: Tiempo de apertura del inyector.

I: Número de cilindros.

N: Número de revoluciones.

Tabla 31

Parámetros para los cálculos del tiempo de apertura del inyector

Significado	Valor	Descripción
Número de revoluciones del motor	$N = 14500 \text{ rpm}$	Son las revoluciones máximas permitidas
Número de cilindros del motor	$I = 1$	El motor Rotax Max es monocilíndrico por esa razón solamente posee un cilindro.
Tiempo de apertura del inyector.	$T = 2,068 \text{ ms}$	Tiempo que permanece abierto el inyector, en un ciclo de trabajo.

$$T = \frac{60000}{2 \times I \times N}$$

$$T = \frac{60000}{2 \times 1 \times 14500}$$

$$T = 2,068 \text{ ms.}$$

4.1.7. Ciclo de trabajo del inyector.

En alto régimen de revoluciones es más grave el ciclo de trabajo del inyector, a causa de que el mismo pasa abierto durante la mayor parte del ciclo, por esta razón y teniendo en cuenta que para un óptimo desempeño del inyector se recomienda que no sobrepase el ciclo de trabajo se determinó las 13000 rpm como punto de corte de combustible.

$$CT = \frac{t_i}{t_x}$$

Ecuación 16

Ciclo de trabajo.

$$t_x = t_i + t_{off}$$

Ecuación 17

Periodo del inyector.

Donde:

t_i : Tiempo de apertura del inyector.

t_{off} : Tiempo de reposo del inyector.

t_x : Periodo de funcionamiento del inyector.

CT : Ciclo de trabajo (%) = 25%

Tabla 32

Parámetros para los cálculos del ciclo de trabajo

Significado	Valor	Descripción
Tiempo de apertura del inyector	$t_i = 2,068 \text{ ms}$	Tiempo que permanece abierto el inyector, en un ciclo de trabajo.
Tiempo de reposo del inyector	$t_{off} = 6,294 \text{ ms}$	Tiempo que el inyector permanece cerrado en un ciclo de trabajo.
Periodo de funcionamiento del inyector.	$t_x = 8,272 \text{ ms}$	Tiempo que permanece abierto el inyector, en un ciclo de trabajo.
Ciclo de trabajo	$CT = 25\%$	Porcentaje de funcionamiento del inyector durante un periodo.

$$CT = \frac{t_i}{t_x}$$

$$t_x = \frac{t_i}{CT}$$

$$t_x = \frac{2,068}{\frac{25}{100}}$$

$$t_x = 8,272 \text{ ms}$$

$$t_x = t_i + t_{off}$$

$$t_{off} = t_x - t_i$$

$$t_{off} = 8,272 - 2,068$$

$$t_{off} = 6,294 \text{ ms}$$

4.1.8. Presión media efectiva.

$$pme = \frac{N_e}{V_T * n * i}$$

Ecuación 18

Presión media efectiva.

Donde:

N_e : La potencia efectiva, en W , kW o CV .

V_T : La cilindrada total, en cm^3

n : Régimen de giro del motor, en rpm.

i : Número de ciclos por cada revolución, siendo $i = 1/2$ para motores de cuatro tiempos es $i = 1$ para motores de 2 tiempos.

Tabla 33

Parámetros para los cálculos de la presión media efectiva

Significado	Valor	Descripción
Potencia efectiva	$N_e = 15,13 kW$	Es la potencia real que da en el eje motor o cigüeñal.
Cilindrada total	$V_T = 125 cm^3$	El volumen total del motor es el mismo volumen del cilindro debido a que solamente posee un cilindro.
Régimen de giro del motor.	$n = 8500 rpm$	Representa las revoluciones en las que alcanza la potencia nominal antes descrita
Número de ciclos por revolución	$i = 1$	Indica cuantas ciclos se efectúan por cada revolución del cigüeñal, siendo $i = 1/2$ para motores de cuatro tiempos es $i = 1$ para motores de 2 tiempos

$$pme = \frac{15,13kW}{125cm^3 * 8500 \frac{rev}{min} * 1 \frac{ciclos}{min}}$$

$$pme = \frac{15,13[kW] * 1000 \left[\frac{Nm}{s} \right] * \frac{1}{9,8} \left[\frac{kg}{N} \right] * 100 \left[\frac{cm}{m} \right]}{125[cm^3] * 8500 \left[\frac{rev}{min} \right] * 1 \left[\frac{ciclos}{min} \right] * \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s} \right]}$$

$$pme = 8,71 \frac{kg}{cm^2}$$

Tabla 34

Parámetros específicos del motor Rotax Junior Max

Parámetro	Valor Rotax Junior Max
Carrera	54 mm
Desplazamiento	125.0 cm ³
Potencia nominal máxima	15 kW @ 8500 rpm
Torque nominal máximo	17 Nm @ 8500 rpm
Ralentí	1500 rpm a 2000 rpm
Velocidad máxima permitida	13500 rpm (bajo condiciones de trabajo en pista)

Nota: (Rotax New Age Karting, 2010)

4.1.9. Potencia indicada.

$$N_i = \frac{V_T * pme * n}{600}$$

Ecuación 19

Potencia indicada motores 2t

Donde:

N_i : La potencia indicada en kW .

V_T : La cilindrada total, en l .

n : El régimen de giro del motor, en rpm.

pme : Presión media efectiva, en bar.

$$8,71 \frac{kg}{cm^2} = 8,54 \text{ bar}$$

Tabla 35

Parámetros para los cálculos de la potencia indicada.

Significado	Valor	Descripción
Potencia indicada	N_i	Es la potencia que genera el motor con la combustión.
Cilindrada total	$V_T = 0,125 \text{ l}$	El volumen total del motor es el mismo volumen del cilindro debido a que solamente posee un cilindro.
Régimen de giro del motor.	$n = 8500 \text{ rpm}$	Representa las revoluciones en las que alcanza la potencia nominal.
Presión media efectiva.	$pme = 8,54 \text{ bar}$	Es el valor de la presión media en el cilindro a lo largo del ciclo

$$N_i = \frac{0,125l * 8,54 \text{ bar} * 8500 \frac{rev}{min}}{600}$$

$$N_i = 15,13 \text{ kW}$$

4.1.10. Potencia efectiva.

$$N_e = \frac{\tau * n}{9550}$$

Ecuación 20

Potencia efectiva

Donde:

N_e : La potencia efectiva en *kW*.

τ : Par motor, en *Nm*.

n : El régimen de giro del motor, en rpm.

Tabla 36

Parámetros para los cálculos de la potencia efectiva.

Significado	Valor	Descripción
Potencia efectiva	$N_e = 15,12 \text{ kw}$	Es la potencia real que da en el eje motor o cigüeñal.
Par motor	$\tau = 17 \text{ Nm}$	Es la fuerza que ejerce el motor sobre el eje de transmisión.
Régimen de giro del motor.	$n = 8500 \text{ rpm}$	Representa las revoluciones en las que alcanza la potencia nominal.

$$N_e = \frac{17 \text{ Nm} * 8500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{9550}$$

$$N_e = 15,12 \text{ kw}$$

4.1.11. Rendimiento indicado

$$\eta_i = \frac{N_i}{M_{Fuel} \times Q_m}$$

Ecuación 21

Rendimiento indicado

Donde:

η_i : Rendimiento indicado.

N_i : Potencia indicada (kw).

M_{Fuel} : Flujo másico de combustible (kg/seg).

Q_m : Poder calorífico del combustible (kJ/kg).

Q_m : 47300 kJ/kg. (Cengel & Boles, 2006)

Tabla 37

Parámetros para los cálculos del rendimiento indicado.

Significado	Valor	Descripción
Rendimiento indicado	$\eta_i = 26,545$	Representa la calidad de la transformación de la energía del combustible en energía mecánica en el pistón.
Potencia indicada	$N_i = 15,13 \text{ kW}$	Es la potencia que genera el motor con la combustión.
Flujo másico de combustible	$M_{Fuel} = (12,05 \times 10^{-3} \text{ gr/s})$	Es el valor calculado de la cantidad de combustible a consumir.
Poder calorífico del combustible	$Q_m: 47300 \text{ kJ/kg}$	Es la cantidad de energía desprendida en la combustión.

$$\eta_i = \frac{15,13 \text{ kW}}{12,05 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{s}} \times 47300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\eta_i = \frac{15,13 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1,205 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 47300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\eta_i = 26,545$$

4.1.12. Rendimiento mecánico.

Se refiere a la relación entre el trabajo útil y el trabajo indicado.

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

Ecuación 22

Rendimiento mecánico.

Donde:

η_m : Rendimiento mecánico.

N_e : Potencia Efectiva.

N_i : Potencia Indicada.

Tabla 38

Parámetros para los cálculos del rendimiento mecánico

Significado	Valor	Descripción
Rendimiento mecánico	$\eta_m = 0,99$	Representa la calidad de la transformación de la energía del combustible en energía mecánica en el pistón.

Significado	Valor	Descripción
Potencia indicada	$N_i = 15,13 \text{ kW}$	Es la potencia que genera el motor con la combustión.
Potencia efectiva	$N_e = 15,12 \text{ kW}$	Es la potencia real que da en el eje motor o cigüeñal.

$$\eta_m = \frac{15,12}{15,13}$$

$$\eta_m = 0,99$$

4.1.13. Rendimiento efectivo

$$\eta_e = \frac{N_e}{M_{Fuel} \times Q_m}$$

Ecuación 23

Rendimiento efectivo

Donde:

η_e : Rendimiento efectivo.

N_e : Potencia efectiva (kw).

M_{Fuel} : Flujo másico de combustible (kg/seg).

Q_m : Poder calorífico del combustible (kJ/kg).

Tabla 39

Parámetros para los cálculos del rendimiento térmico.

Significado	Valor	Descripción
Rendimiento efectivo	$\eta_e = 26,528$	Expresa la calidad con que se transforma la energía liberada por el

Significado	Valor	Descripción
		combustible en energía mecánica en el eje (cigüeñal).
Potencia efectiva	$N_e = 15,12 \text{ kw}$	Es la potencia real que da en el eje motor o cigüeñal.
Flujo másico de combustible	$M_{Fuel} = (12,05 \times 10^{-3} \text{ gr})$	Es el valor calculado de la cantidad de combustible a consumir.
Poder calorífico del combustible	$Q_m: 47300 \text{ kJ/kg}$	Es la cantidad de energía desprendida en la combustión.

$$\eta_e = \frac{15,12 \text{ kW}}{12,05 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{s}} \times 47300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\eta_e = \frac{15,12 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1,205 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 47300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\eta_e = 26,528$$

4.1.14. Rendimiento térmico.

El rendimiento térmico hace referencia a la relación entre la potencia a la salida del motor y a la energía que ha sido suministrada por el combustible.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Ecuación 24

Rendimiento térmico

Donde:

η_t : Rendimiento térmico

ε : Relación de compresión.

k : Coeficiente adiabático.

Tabla 40

Parámetros para los cálculos del rendimiento térmico.

Significado	Valor	Descripción
Rendimiento térmico	$\eta_t = 65.36\%$	Es la eficiencia con que un motor térmico transforma el calor en trabajo mecánico.
Relación de compresión	$\varepsilon = 14.158$	Cantidad de veces que el volumen del cilindro más cámara de combustión entran en la cámara de combustión.
Coeficiente adiabático.	$k = 1.4$	Constante utilizada cuando la transferencia de energía en forma de calor es cero.
Volumen del cilindro	$V_h = 125cc$	Es el volumen comprendido a lo largo de la carrera del pistón.
Volumen de la cámara de combustión	$V_{cc} = 9,5ml$	Es el espacio donde se comprime toda la mezcla combustible.

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_{cc}}{V_{cc}}$$

$$\varepsilon = \frac{125cc + 9.5cc}{9.5cc}$$

$$\varepsilon = 14.158$$

$k = 1.4$ para motores otto.

$$\therefore \eta_t = 1 - \frac{1}{14.158^{1.4-1}}$$

$$\eta_t = 0.6536 = 65.36\%$$

4.2. Pruebas de torque y potencia en el banco de pruebas inercial

Las pruebas de potencia y torque se realizaron en un banco de pruebas inercial con equipos específicos para probar motores de karting empleado por el kartódromo Cotopaxi, en la ciudad de Latacunga a una altitud sobre el nivel del mar de 2769 metros y una presión atmosférica de 1018 hPa.

4.2.1. Primera prueba sobre el banco de pruebas a carburador

Para realizar la primera prueba se ha seteado el carburador considerando las regulaciones del reglamento técnico del Rotax Max challenge de tal manera que sea óptimo para su funcionamiento en pista por lo cual hay que tomar en cuenta ciertos valores en el seteo:

- Carburador "DELL'ORTHO VHSB-34" grabado en el cuerpo del carburador.
- Las siglas "QS" o "XS" están estampadas en el cuerpo del carburador.
- Los difusores se deben colocar correctamente.

Tabla 41

Calibraciones consideradas en el seteo del carburador

Significado	Valor	Descripción
Carburador "QS".	40	Al tener dos tipos de carburadores para este motor en su

Significado	Valor	Descripción
		superficie debe estar estampado.
Flotadores	3,6 grs	Los flotadores cierran el paso de la gasolina una vez esta ha conseguido el nivel deseado.
La altura de los dos brazos de la palanca de la boya.	Rotax parte no. 277 400	La altura debe estar dentro de la ranura del calibre.
Guillotina.	40	Es una placa metálica deslizable accionada por el acelerador que se encarga de la apertura del difusor.
Conjunto de la válvula de la aguja	150 o 200 Marcado "INC"	Conjunto de asiento de aguja de válvula de flotador del carburador que regula el caudal.
Aguja	Estampado "K98"	Tiene una forma cónica que se introduce en la chimenea del circuito principal y el otro extremo se utiliza en el circuito secundario o de baja.
Chimenea	Longitud 54,00 +/- 0,3mm. Diámetro 2,60 +/- 0,15mm	Conductos que permiten la conducción de la mezcla del combustible desde la cuba al difusor
Difusor principal	Estampado "60"	Elemento dosificador y mezclador de la cantidad de carburante
Chiclé, shiglor o surtidor.	162	Regula el paso máximo de la mezcla de combustible a través de la chimenea, es similar a un tornillo pero hueco de distinto calibre.

Figura 115

Carburador con shiglor 162

**Figura 116**

Guillotina y aguja seteadas

**Figura 117**

Motor sobre el banco de pruebas con el sistema a carburador



Tabla 42

Prueba N°1 de potencia a carburador con shiglor 162

RPM	Potencia (HP).		
	Curva 1 -	Curva 2 -	Curva 3 -
	roja	azul	amarilla
6000	9.10	5.63	8.60
6500	8.10	3.61	8.97
7000	5,24	2.38	6.61
7500	2.85	3.13	2.94
8000	3.24	3.24	3.63
8500	3.83	2.97	5.49
9000	5.08	4.02	7,63
9500	7.97	6.86	10.77
10000	9,77	8.80	12,74
10500	9.52	8.83	12.52

Figura 118

Curvas de potencia de la prueba N°1 a carburador con shiglor 162

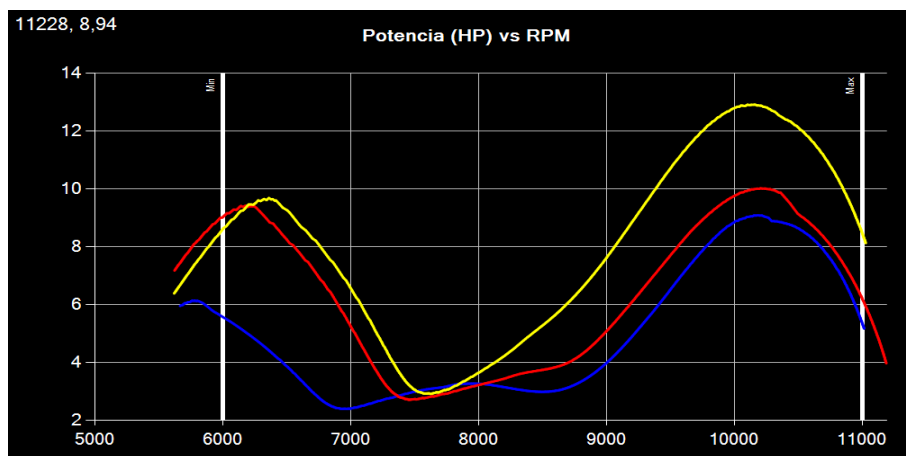


Tabla 43

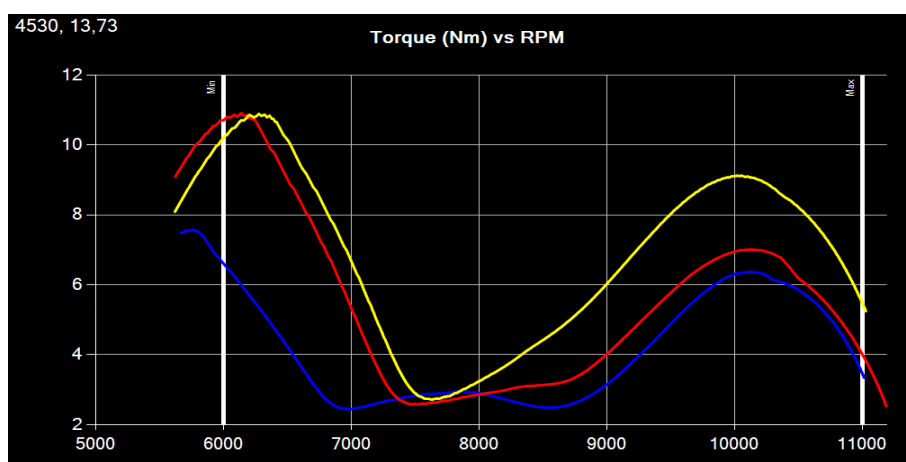
Prueba N°1 de torque a carburador con shiglor 162

RPM	Torque (Nm).		
	Curva 1 - roja	Curva 2 - azul	Curva 3 amarilla
6000	10.74	6.62	10.21
6500	8.92	4.13	9.38
7000	5.35	2.46	6.67
7500	2.60	2.90	2.78
8000	2.92	2.92	3.27
8500	3.20	2.51	4.56
9000	4.03	3.15	5.98
9500	5.86	5.10	8.11
10000	6.95	6.32	9.12

RPM	Torque (Nm).		
	Curva 1 - roja	Curva 2 - azul	Curva 3 amarilla
10500	6.46	6.00	8.41

Figura 119

Curvas de torque de la prueba N°1 a carburador con shiglor 162



Cada prueba se lo realizó tres veces con el mismo seteo ya que se consideró que el motor brinda mayor potencia al estar a una temperatura óptima de funcionamiento, la potencia máxima obtenida es en la curva amarilla con 12.91 HP a 10163 rpm, el torque máximo obtenido es en la curva roja con 10.90 Nm a 6143 rpm.

4.2.2. Segunda prueba sobre el banco de pruebas con el mapa base

Al instalar el sistema de inyección con la ECU reprogramable Megasquirt 2 extra se realizó las configuraciones en el TunerStudio como es la relación aire-combustible de tal forma que sea una

mezcla estequiométrica con el valor de 12,5 en la entrega de combustible, la tabla AFR debidamente configurada con un ángulo al diente de 130 grados y la tabla VE calibrada de acuerdo al sonido del motor dependiendo de las revoluciones.

Figura 120

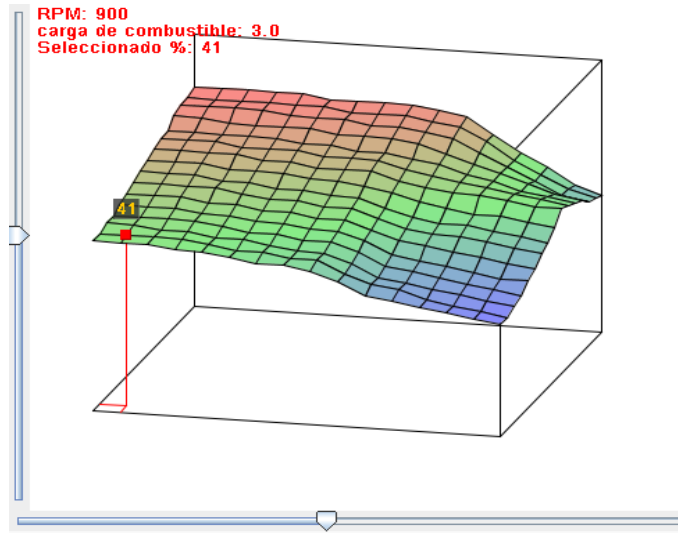
Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°2

The screenshot displays the TunerStudio MS Lite v3.1.04 interface. The main window shows engine configuration settings for 'Mapa 2'. A 'Calculadora de combustible requerido' (Fuel Requirement Calculator) dialog box is open, showing a displacement of 125, 1 cylinder, 325 cc flow, and a 12.5 air-fuel ratio. The 'Configuración del motor y secuenciales' window is also visible, with 'Inyección secuencial' set to 'Inyección lento'. In the background, an 'AFR tabla 1' window shows a grid of air-fuel ratios for various RPM and throttle positions. The table data is as follows:

	500	800	1100	1400	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000
100.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
95.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.3
85.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.4
80.0	13.0	13.0	13.1	13.0	13.0	12.9	13.0	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
75.0	13.2	13.2	13.5	13.3	13.3	13.2	13.0	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5
70.0	13.4	13.4	13.9	13.7	13.6	13.6	13.1	12.7	12.6	12.6	12.6	12.6
60.0	13.5	13.8	14.5	14.3	14.1	14.1	13.5	12.8	12.7	12.6	12.6	12.6
55.0	13.6	14.1	15.0	14.9	14.7	14.7	14.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6
50.0	13.5	14.0	15.2	15.2	15.0	14.7	14.0	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6
45.0	13.4	13.9	15.5	15.5	15.4	14.9	14.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.7
35.0	13.2	13.7	15.7	15.7	15.5	14.9	14.2	13.2	13.0	12.9	12.8	12.7
30.0	13.0	13.5	16.0	16.0	16.0	14.9	14.3	13.2	13.1	13.2	13.1	13.0

Figura 121

Mapa tridimensional VE para la prueba N°2

**Figura 122**

Motor sobre el banco de pruebas con el sistema a inyección



Tabla 44

Prueba N°2 de potencia con mapa base

RPM	Potencia (HP).		
	Curva 1 - amarilla	Curva 2 - lila	Curva 3 - verde
6000	2.32	3.36	3.78
6500	3.52	5.27	5.27
7000	5.07	6.98	6.43
7500	7.34	9.71	8.31
8000	10.09	11.81	10.26
8500	12.46	13.20	12.56
9000	13.92	13.11	13.69
9500	13.98	12.88	14.27

Figura 123

Curvas de potencia de la prueba N°2 con el mapa base

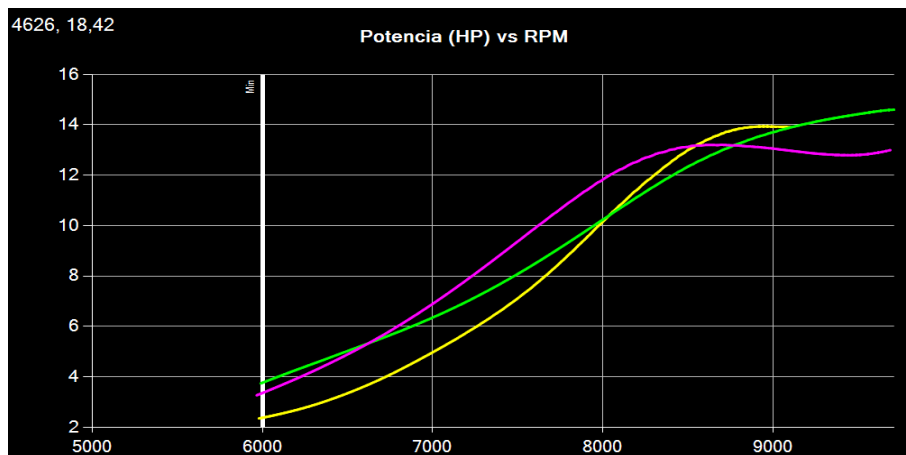


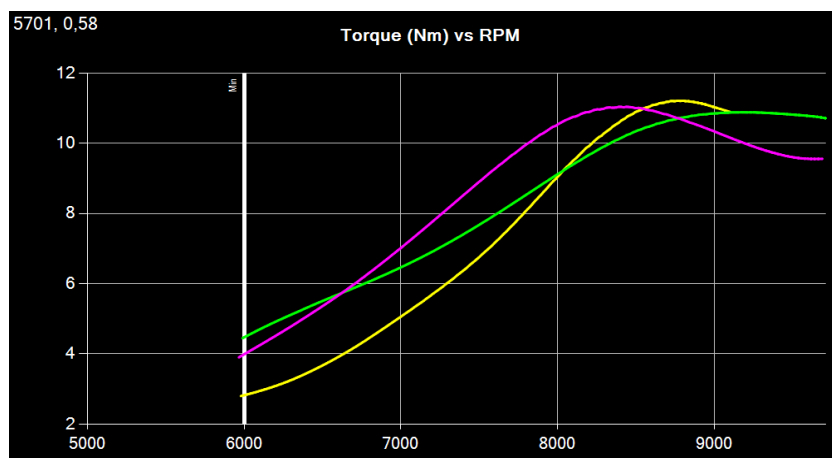
Tabla 45

Prueba N°2 de torque con el mapa base

RPM	Torque (Nm).		
	Curva 1 -	Curva 2 -	Curva 3 -
	amarilla	lila	verde
6000	2.85	3.96	4.45
6500	3.82	5.77	5.75
7000	5.12	7.02	6.44
7500	6.93	8.87	7.74
8000	9.05	10.58	9.22
8500	11.02	11.02	10.47
9000	11.09	10.40	10.88
9500	11.00	9.91	10.86

Figura 124

Curvas de torque de la prueba N°2 con el mapa base



Las curvas que se obtuvieron muestran ganancias de potencia uniformes con el sistema de inyección implementado, donde la máxima potencia se obtuvo en la curva de color verde con 14.60 HP a 9707 rpm y el torque máximo se obtuvo en la curva amarilla con 11.21 Nm a 8762 rpm.

4.2.3. Tercera prueba sobre el banco de pruebas con la primera calibración

Para la primera calibración se realiza modificaciones con el software TunerStudio como es la entrega de combustible se lo modificó a 14,7 valor que es ideal para la mezcla aire-combustible, las tablas VE y AFR no se las modifica con el objetivo de apreciar los cambios en el rendimiento del motor.

Figura 125

Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°3

The screenshot displays the TunerStudio interface with several windows open. The main window shows engine configuration settings, including a 'Calculadora de combustible requerido' (Required Fuel Calculator) dialog box. The dialog box contains the following fields:

- Desplazamiento del motor: 125
- Número de cilindros: 1
- Flujo del inyector: 31.0
- Relación aire-combustible: 14.7

The background window shows a data table with columns for RPM (500, 800, 1100, 1400, 2000, 2600, 3100, 3700, 4300, 4900, 5400, 6000) and rows for various engine parameters. The table is color-coded, with green indicating higher values and yellow indicating lower values. The table data is as follows:

	500	800	1100	1400	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000
100.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
95.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.3	12.3
85.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.4
80.0	13.0	13.0	13.1	13.0	13.0	12.9	13.0	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
75.0	13.2	13.2	13.5	13.3	13.3	13.2	13.0	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5
70.0	13.4	13.4	13.9	13.7	13.6	13.6	13.1	12.7	12.6	12.6	12.6	12.6
60.0	13.5	13.8	14.5	14.3	14.1	14.1	13.5	12.8	12.7	12.6	12.6	12.6
55.0	13.6	14.1	15.0	14.9	14.7	14.7	14.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6
50.0	13.5	14.0	15.2	15.2	15.0	14.7	14.0	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6
45.0	13.4	13.9	15.5	15.5	15.4	14.9	14.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.7
35.0	13.2	13.7	15.7	15.7	15.5	14.9	14.2	13.2	13.0	12.9	12.8	12.7
30.0	13.0	13.5	16.0	16.0	16.0	14.9	14.3	13.2	13.1	13.2	13.1	13.0
	500	800	1100	1400	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000

The bottom window shows a data table with columns for RPM (1101, 1401, 2001, 2601, 3101, 3700, 4000, 6000, 8000, 9000, 10000, 11000, 12000, 12500) and rows for various engine parameters. The table is color-coded, with green indicating higher values and yellow indicating lower values. The table data is as follows:

	1101	1401	2001	2601	3101	3700	4000	6000	8000	9000	10000	11000	12000	12500
53	53	53	52	52	52	52	51	50	46	42	39	35	33	
52	52	52	52	51	51	51	51	50	49	46	42	39	36	34
52	52	51	51	51	50	50	49	48	45	42	39	36	35	
50	50	50	50	49	49	49	48	46	44	42	40	38	37	
49	49	49	48	48	47	47	46	45	43	42	40	39	38	
49	48	48	48	47	47	47	45	44	43	42	41	40	39	
48	48	47	47	46	46	46	44	43	42	42	41	40	40	
47	46	46	46	45	45	44	43	41	40	39	39	38	37	
46	45	45	44	44	43	43	41	39	38	38	37	36	35	
45	45	44	43	43	42	42	40	38	37	37	36	35	34	
44	43	43	42	42	41	41	39	37	36	35	34	33	32	
43	42	42	41	41	40	40	38	35	34	33	32	31	31	
42	42	41	40	40	39	39	37	34	33	32	31	30	29	
41	41	40	40	39	38	38	36	33	32	31	30	29	28	
41	41	40	39	38	38	38	35	33	32	30	29	28	27	
41	40	40	39	38	38	37	35	32	31	30	29	28	27	

Figura 126

Mapa tridimensional VE para la prueba N°3

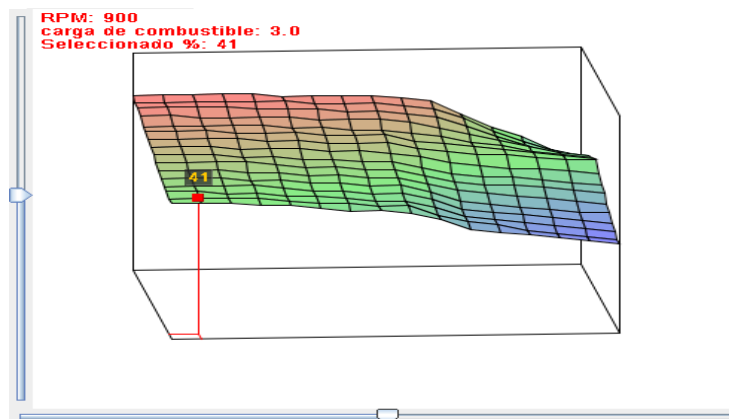


Tabla 46

Prueba N°3 de potencia con la primera calibración

RPM	Potencia (HP).		
	Curva 1 - amarilla	Curva 2 - azul	Curva 3 - roja
6000	3.87	4.39	3.39
6500	5.23	5.62	4.98
7000	7.28	7.28	6.89
7500	10.13	9.58	9.22
8000	12.91	12.43	11.91
8500	13.95	14.14	13.30
9000	13.69	14.50	13.11
9500	13.40	14.47	12.75
10000	13.27	13.56	12.95

Figura 127

Curvas de potencia de la prueba N°3 con la primera calibración

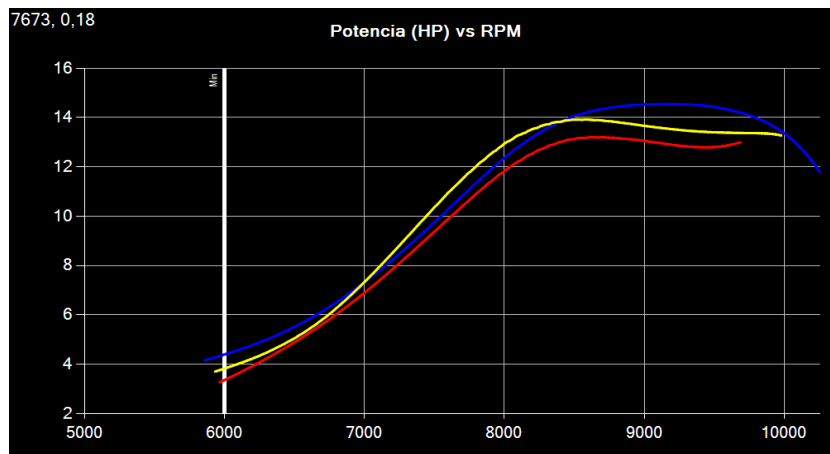


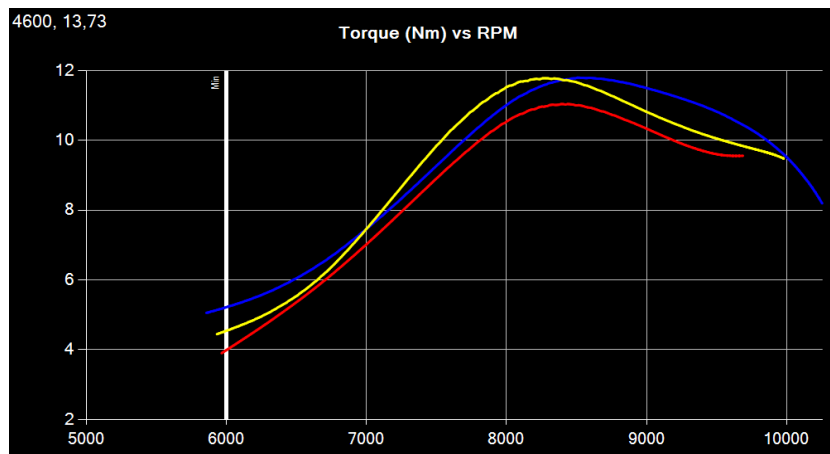
Tabla 47

Prueba N°3 de torque con la primera calibración

RPM	Torque (Nm).		
	Curva 1 - amarilla	Curva 2 - azul	Curva 3 - roja
6000	4.54	5.19	3.96
6500	5.75	6.18	5.58
7000	7.46	7.46	7.02
7500	10.07	9.52	9.19
8000	11.53	11.04	10.47
8500	11.72	11.72	11.09
9000	10.86	11.51	10.30
9500	10.12	10.98	9.66
10000	9.52	9.59	9.54

Figura 128

Curvas de torque de la prueba N°3 con la primera calibración



Con las modificaciones realizadas se tuvo ganancia de potencia máxima como muestra en la curva de color azul con 14.55 HP a 9163 rpm y de torque máximo como se produjo en la curva color azul con 11.79 Nm a 8513 rpm con pequeñas variaciones como es el caso del combustible requerido se obtuvo un incremento en los valores de potencia y torque.

4.2.4. Cuarta prueba sobre el banco de pruebas con la segunda calibración

Para la cuarta prueba se mantuvo la relación aire combustible ya que proporciona buenos resultados, pero se cambia en el ángulo del diente con un avance de dos grados con el valor de 128, la tabla AFR se mantuvo pero se modifica la tabla VE inyectando mayor combustible desde las 4000 a 14000 rpm, tomando en cuenta el ángulo de apertura de la mariposa de admisión, después de realizar los cambios hay que interpolar los valores que presenta una tabla VE completamente distinta.

Figura 129

Calibraciones en el TunerStudio para la prueba N°4

The screenshot shows the TunerStudio interface with various calibration settings on the left and a data table on the right. The data table is titled 'AFR tabla 1' and shows values for different RPM ranges and fuel injection percentages.

RPM	500	800	1100	1400	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000
100.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
95.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
90.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
85.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
80.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.2	12.2	12.2
75.0	13.2	13.2	13.5	13.3	13.3	13.2	13.0	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5
70.0	13.4	13.4	13.9	13.7	13.6	13.1	12.7	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
65.0	13.5	13.8	14.5	14.3	14.1	14.1	13.5	12.8	12.7	12.6	12.6	12.6
60.0	13.6	14.1	15.0	14.9	14.7	14.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6	12.6
55.0	13.5	14.0	15.2	15.2	15.0	14.7	14.0	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6
50.0	13.4	13.9	15.5	15.4	14.9	14.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.7	12.7
45.0	13.2	13.7	15.7	15.7	14.9	14.2	13.2	13.0	12.9	12.8	12.7	12.7
40.0	13.0	13.5	16.0	16.0	14.9	14.3	13.2	13.1	13.2	13.1	13.0	13.0

Figura 130

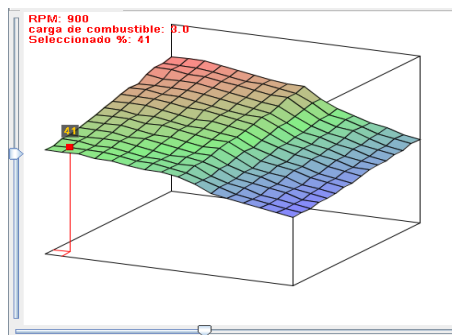
Tabla VE con los valores interpolados

The screenshot shows a window titled 'Combustible VE tabla 1' with a detailed table of fuel injection (VE) values. The table has 13 rows representing fuel percentages from 100.0 to 1.0, and 13 columns representing RPM values from 850 to 12500.

RPM	850	900	1101	1401	2001	2601	3101	3700	4000	6000	8000	9000	10000	11000	12000	12500
100.0	53	53	53	52	51	50	49	48	48	44	41	39	37	36	34	33
95.0	52	52	52	51	50	49	49	48	47	44	40	39	37	35	34	33
90.0	52	52	51	51	50	49	48	47	47	43	40	38	37	35	33	32
80.0	51	50	50	50	49	48	47	46	45	42	39	37	36	34	33	32
70.0	49	49	49	49	48	47	46	45	44	41	38	37	35	34	32	31
65.0	49	49	48	48	47	46	45	44	44	41	38	36	35	33	32	31
60.0	48	48	48	47	46	46	45	44	43	40	37	36	34	33	31	31
50.0	47	47	47	46	45	44	44	43	42	39	37	35	34	32	31	30
40.0	46	46	45	45	44	43	42	41	38	36	34	33	31	30	29	28
35.0	45	45	45	44	44	43	42	41	38	35	34	33	31	30	29	28
25.0	44	44	44	43	42	42	41	40	37	34	33	32	30	29	28	28
18.0	43	43	43	42	42	41	40	39	36	34	33	31	30	29	28	28
12.0	42	42	42	42	41	40	39	39	38	36	33	32	31	30	28	28
6.0	42	42	41	41	40	39	39	38	38	35	33	32	30	29	28	27
3.0	41	41	41	41	40	39	39	38	37	35	33	31	30	29	28	27
1.0	41	41	41	40	40	39	38	38	37	35	32	31	30	29	28	27

Figura 131

Mapa tridimensional VE para la prueba N°4

**Tabla 48**

Prueba N°4 de potencia con la segunda modificación

RPM	Potencia (HP).		
	Curva 1 - roja	Curva 2 - amarillo	Curva 3 - lila
6000	4.29	5.48	6.20
6500	6.10	7.17	7.82
7000	9.24	9.76	10.05
7500	14.07	13.75	13.42
8000	16.89	16.50	16.18
8500	17.38	17.63	17.63
9000	16.79	17.73	17.73
9500	16.44	17.80	17.80
10000	15.53	17.38	17.38

Figura 132

Curvas de potencia de la prueba N°4 con la segunda modificación

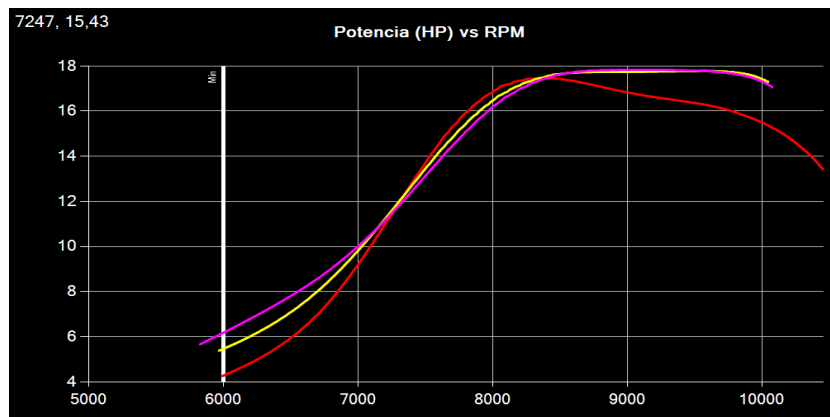


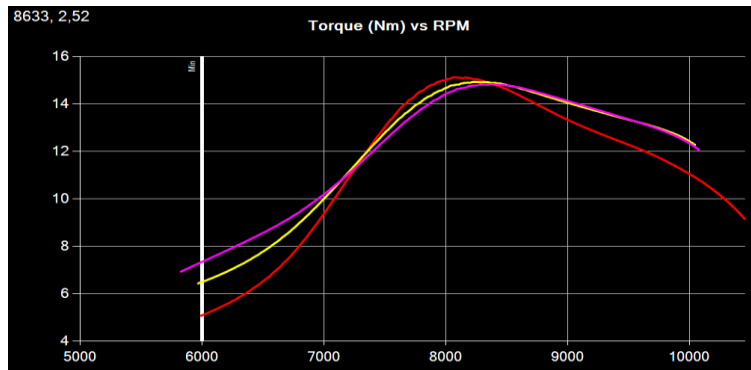
Tabla 49

Prueba N°4 de torque con la segunda modificación

RPM	Torque (Nm).		
	Curva 1 - roja	Curva 2 - amarillo	Curva 3 - lila
6000	5.11	6.44	7.30
6500	6.86	8.11	8.83
7000	9.38	10.02	10.24
7500	13.16	12.77	12.47
8000	14.96	14.66	14.41
8500	14.71	14.88	14.47
9000	13.35	14.13	14.13
9500	12.27	13.33	13.33
10000	11.05	12.44	12.44

Figura 133

Curvas de torque de la prueba N°4 con la segunda modificación



Con los grados de avance al encendido y con la calibración de la tabla VE entregando más combustible a ciertas rpm y en zonas específicas se obtuvo mayor potencia evidente en la curva lila con 17.84 HP a 9118 rpm y el torque máximo se obtuvo en la curva de color roja con 15.12 Nm a 8079 rpm.

4.2.5. Tabulación y comparación de los valores de potencia y torque del motor

En las pruebas se tomó en cuenta que se debe realizar tres repeticiones con cada uno de los parámetros modificados para cada prueba, se empleó una tabla comparativa escogiendo las mejores curvas de cada una de las pruebas para visualizar los cambios y ganancias evidentes, en todas las pruebas se usó un piñón de 12 dientes y una catalina de 85 dientes, entre los factores climáticos a una temperatura de 21°C y una presión atmosférica de 1018 hPa que son valores que se consideran en la configuración del banco de pruebas.

Figura 134

Configuraciones para el banco de pruebas



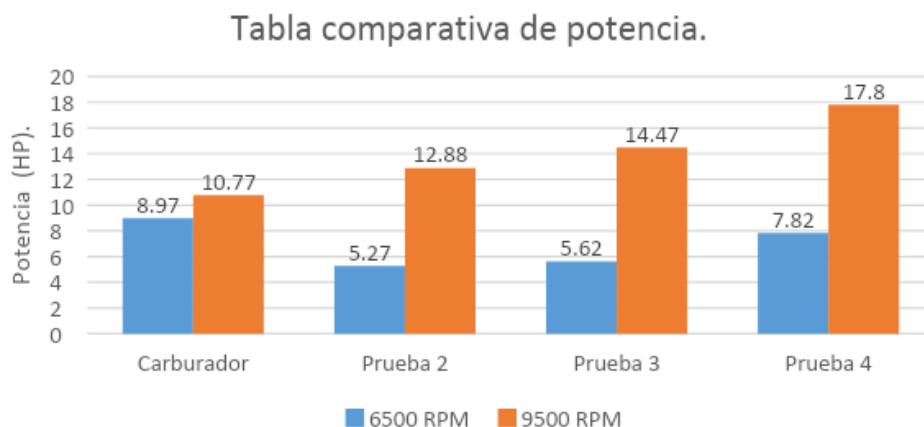
Tabla 50

Tabla comparativa de potencia.

RPM	Potencia (HP).			
	Curva 1 - carburador	Curva 2 - Prueba 2	Curva 3 - Prueba 3	Curva 4 - Prueba 4
6000	8.60	3.36	4.39	6.20
6500	8.97	5.27	5.62	7.82
7000	6.61	6.98	7.28	10.05
7500	2.94	9.71	9.58	13.42
8000	3.63	11.81	12.43	16.18
8500	5.49	13.20	14.14	17.63
9000	7,63	13.11	14.50	17.73
9500	10.77	12.88	14.47	17.80
10000	12,74	12.80	13.56	17.38
Potencia Promedio.	7,49	9,90	10,66	13,80

Figura 135

Tabla comparativa de potencia



Como referencia se tiene los valores de potencia máxima en un promedio de las 9500 rpm y en pista por lo general no bajan de las 6500 rpm se van a comparar los valores en estas condiciones, con el sistema de carburador se tiene un pico de potencia en bajas revoluciones a 6500 rpm pero con el sistema de inyección se tiene más potencia comparada a esas revoluciones e incrementa progresivamente hasta llegar a las revoluciones máximas.

Tabla 51

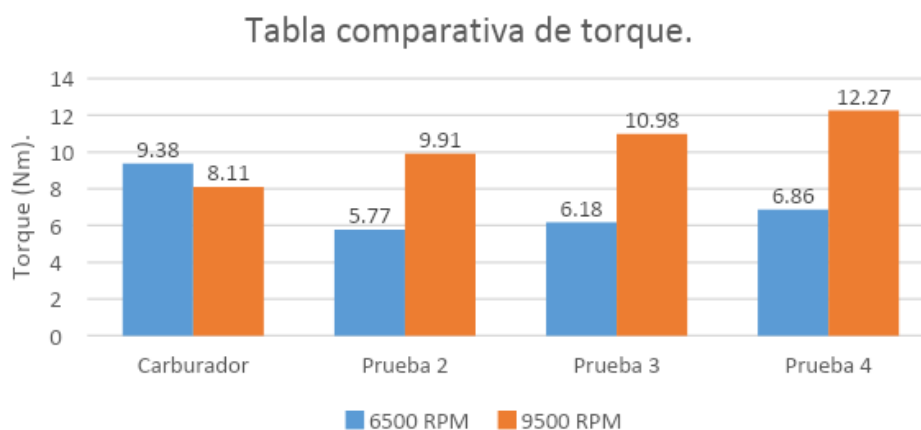
Tabla comparativa de torque.

RPM	Torque (Nm).			
	Curva 1 - carburador	Curva 2 - prueba 2	Curva 3 - prueba 3	Curva 4 - prueba 4
6000	10.21	3.96	5.19	5.11
6500	9.38	5.77	6.18	6.86
7000	6.67	7.02	7.46	9.38

RPM	Torque (Nm).			
	Curva 1 - carburador	Curva 2 - prueba 2	Curva 3 - prueba 3	Curva 4 - prueba 4
7500	2.78	8.87	9.52	13.16
8000	3.27	10.58	11.04	14.96
8500	4.56	11.02	11.72	14.71
9000	5.98	10.40	11.51	13.35
9500	8.11	9.91	10.98	12.27
10000	9.12	3.96	9.59	11.05
Torque Promedio	6,67	7,49	9,243	11,20

Figura 136

Tabla comparativa de torque



Al considerar los valores de torque a tantas revoluciones, en las curvas comparativas presenta un mayor torque con el sistema a carburador en bajas revoluciones comparada con el

sistema de inyección a las mismas revoluciones, pero al incrementar su torque disminuye y con el sistema de inyección se tiene una diferencia significativa de casi el doble en altas revoluciones específicamente a las 9500 rpm.

Figura 137

Curvas comparativas de potencia

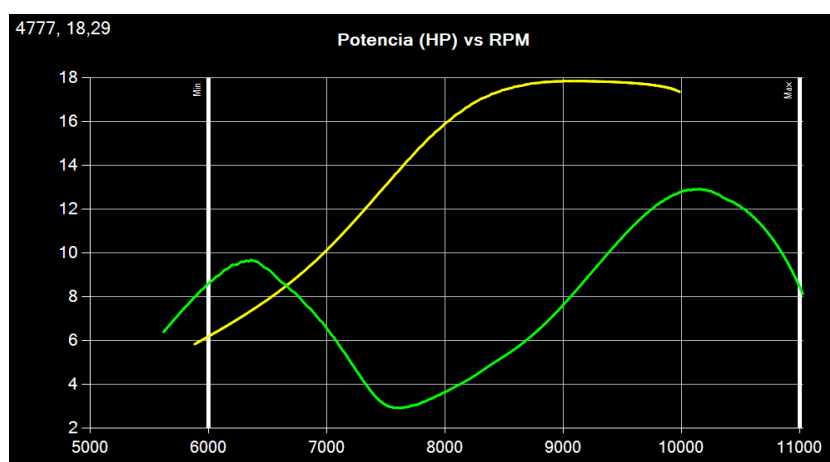
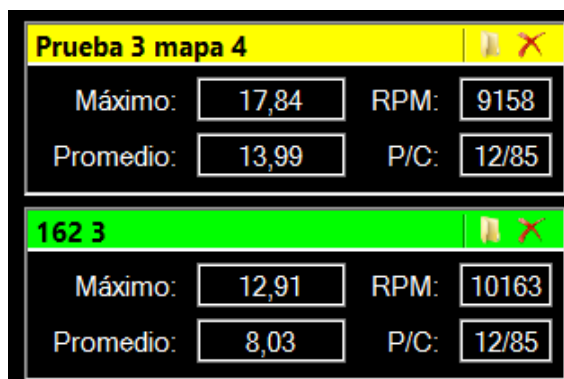


Figura 138

Valores de las curvas comparativas de potencia



En las curvas comparativas de potencia se observa que con el sistema a carburador se tiene picos de potencia en bajas revoluciones a las 6200 rpm de ahí su potencia baja e incrementa a mayores revoluciones llegando a tener su potencia máxima de 12,91 HP a 10163 rpm, con el sistema a inyección no existe pérdidas y su incremento de potencia es proporcional a las revoluciones teniendo una potencia máxima inclusive a menos revoluciones con el valor de 17.84 HP a 9158 rpm.

Figura 139

Curvas comparativas de torque

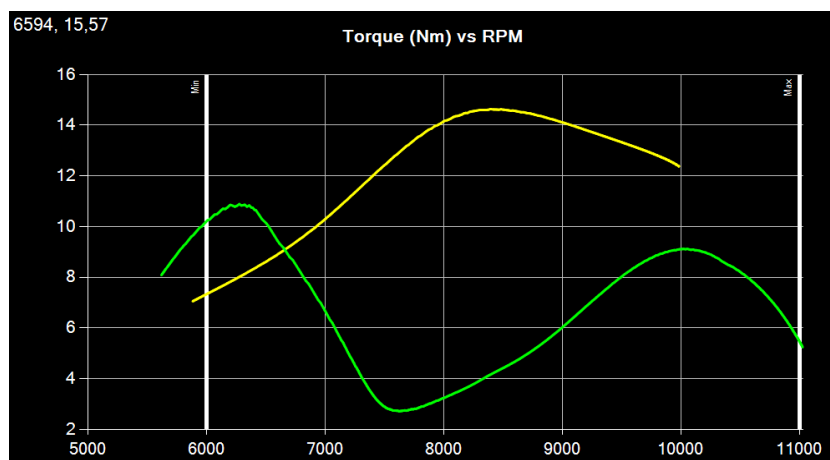
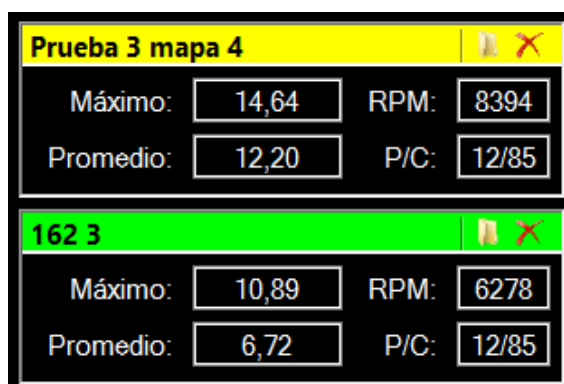


Figura 140

Valores de las curvas comparativas de torque



En las curvas comparativas de torque se observa que con el sistema a carburador se tiene picos de torque en bajas revoluciones llegando a su máximo torque a las 6278 rpm con 10.89 Nm pero se tiene una pérdida enorme llegando a las 7500 rpm con un torque de 2.74 Nm mientras aumentan las revoluciones va ganando valores, con el sistema de inyección no pierde torque ya que la ganancia es proporcional a las revoluciones y se obtiene su máximo torque a las 8394 rpm con 14,64 Nm.

4.3. Pruebas en pista

4.3.1. Consideraciones para pruebas en pista

- Se revisó el estado del kart, donde se verificó niveles de combustible, líquido refrigerante, sistema de frenos, cableado, reajuste de chasis y presión de aire de los neumáticos, garantizando la seguridad del piloto durante el tiempo de ejecución de la prueba.
- Reconocimiento del trayecto en la pista dependiendo del circuito trazado por el kartódromo Cotopaxi.
- La seguridad es fundamental al practicar karting tomando en cuenta que el uso de pista a velocidades altas se debe realizar por un profesional, es necesario equipo profesional.
- Casco que protege la cara y la cabeza ante posibles accidentes de gravedad.
- Sotocasco que absorbe la sudoración producida por el piloto durante largos períodos de tiempo evitando que el casco se moje.
- Traje de piloto de material ignífugo y antideslizantes para evitar quemaduras o raspones.

- Protector de cuello que evita lesiones en los músculos del cuello por vibraciones o aceleraciones bruscas.
- Protector de costillas para evitar los daños en las costillas provocados por los golpes frecuentes de la espalda contra los costados del asiento.
- Guantes mejorando la adherencia al volante y protegiendo las manos del piloto de posibles raspones o golpes.
- Botas para conducir de caña alta que están diseñadas especialmente para el karting porque protegen tanto el pie como el tobillo de los movimientos bruscos, las suelas son más finas que en las zapatillas normales para una mayor sensibilidad del pie del piloto.
- El piloto realizó las pruebas en determinado tiempo y a distintas condiciones.

4.3.2. Normativas en el circuito de karting

- Al usar la pista se debe seguir ciertas normativas básicas pero fundamentales.
- A la hora de adelantar, además de intentar evitar ser adelantado, se debe saber cómo adelantar con seguridad, básicamente en recta cuando más larga sea y más lenta sea la curva siguiente.
- El significado de las banderas en pista es fundamental para evitar accidentes.
- Bandera verde significa pista habilitada.
- Bandera roja significa detención de la carrera.
- Bandera amarilla significa precaución, neutralización de la competencia, circular con precaución, respetando la posición hasta aviso de normalización.
- Bandera de franjas rojas y amarillas significa precaución por falta de adherencia.

- Bandera negra significa exclusión del conductor por conducta antideportiva.
- Bandera negra con círculo naranja significa apercibimiento por fallo mecánico, debe detenerse en boxes.
- Bandera celeste significa dejar pasar al piloto más veloz, cuando la misma se muestra agitada. Si se muestra fija, tomar en cuenta que otro piloto se acerca a mayor velocidad.
- Bandera blanca y negra significa apercibimiento por conducta antideportiva.
- Bandera a cuadros significa finalización de la carrera.

4.3.3. Protocolo de bioseguridad para el uso de pista

Debido a la pandemia que se originó en el presente año, para retomar las actividades en la pista del kartódromo Cotopaxi, fue indispensable el uso de un protocolo de bioseguridad, para lo cual los dirigentes de la institución tomaron ciertas medidas de prevención como son las siguientes:

- Atención previa cita.
- Instalación de un arco de desinfección.
- Instalación de lavamanos en la entrada del kartódromo.
- Distanciamiento social de mínimo 2 metros.
- Registro de datos y toma de temperatura al ingreso.
- Uso obligatorio de mascarillas.
- Desinfección de indumentaria deportiva proporcionada por la institución.
- Suministro de alcohol y gel antibacterial.

Figura 141

Protocolo de bioseguridad kartódromo Cotopaxi



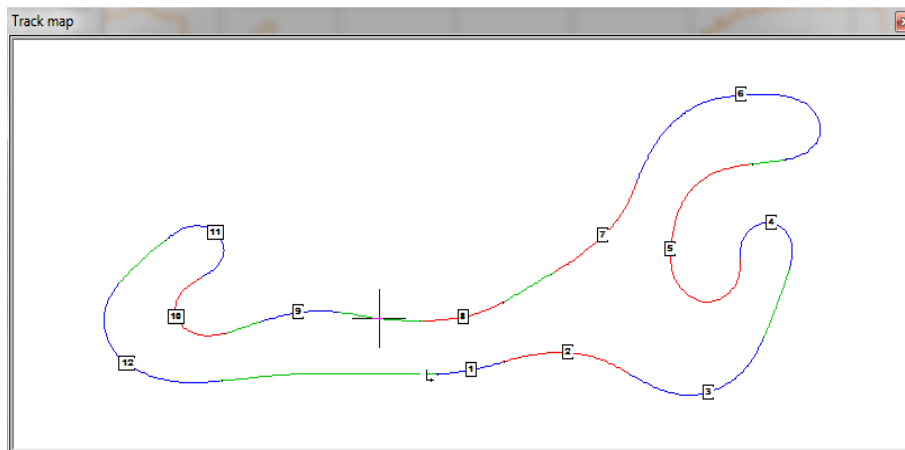
Nota: (Kartódromo Cotopaxi, 2020)

4.3.4. Circuito establecido de la prueba

Las pruebas en pista se realizaron con el circuito establecido para la quinta y sexta válidas del campeonato nacional de karting Ecuatoriano (ROK CUP), puesto que es la configuración designada para el entrenamiento general de pilotos en el kartódromo.

Figura 142

Circuito de pruebas establecido



Este circuito tiene una longitud de 3480.4 pies o 1.06 km y se corre en sentido antihorario, consta de 12 curvas definidas de las cuales 5 de ellas son curvas cerradas en u (3 izquierda y 2 derecha), y 6 curvas rápidas, además cuenta con dos rectas largas en las que se alcanza la velocidad máxima, se representa con color azul las curvas hacia la izquierda, de color rojo las curvas hacia la derecha y los tramos de color verde son las rectas de la pista.

4.3.5. Chasis de go-kart seleccionado para la prueba

Para el desarrollo de las pruebas en pista se empleó un chasis marca CRG modelo FS4, este chasis está construido con un tubo de aleación cromo-molibdeno de 28 mm de diámetro y originalmente fue diseñado para el motor Briggs & Stratton de cuatro tiempos, pero con pocas modificaciones puede ser adaptado para el motor Rotax junior Max de dos tiempos.

Figura 143

Chasis "CRG FS4" - equipo CRT



4.3.6. Descripción de las pruebas de pista

Las pruebas en pista se realizaron con la finalidad de obtener datos del comportamiento del motor dentro de un circuito y evidenciar de mejor manera las ventajas obtenidas con la mejora tecnológica incorporada en el motor.

Estas pruebas se desarrollaron por un piloto profesional, y en igualdad de condiciones, se realizó una tanda de 10 vueltas por cada prueba empleando en la primera prueba el sistema a carburación original del motor con una configuración para carrera y en las pruebas siguientes el sistema de alimentación con inyección electrónica reprogramable instalado en el motor con las tres configuraciones de inyección y encendido diferentes establecidas previamente en las pruebas estáticas del banco de pruebas inercial.












Los tiempos de vuelta y parámetros de funcionamiento del motor fueron medidos y guardados por el mychron 5 para luego ser analizados en el software Race Studio 3 de aim performance, mediante el cual detalla las variaciones de cada configuración.

4.3.7. Primera prueba en pista.

Para realizar esta prueba se ocupó el carburador configurado anteriormente para las pruebas en el banco inercial, mediante la ayuda del software race studio se analiza los datos obtenidos por el mychron 5 durante la tanda de pruebas, es necesario aclarar que se realizaron tandas de diez a quince vueltas y se analizó la mejor vuelta.

Figura 144

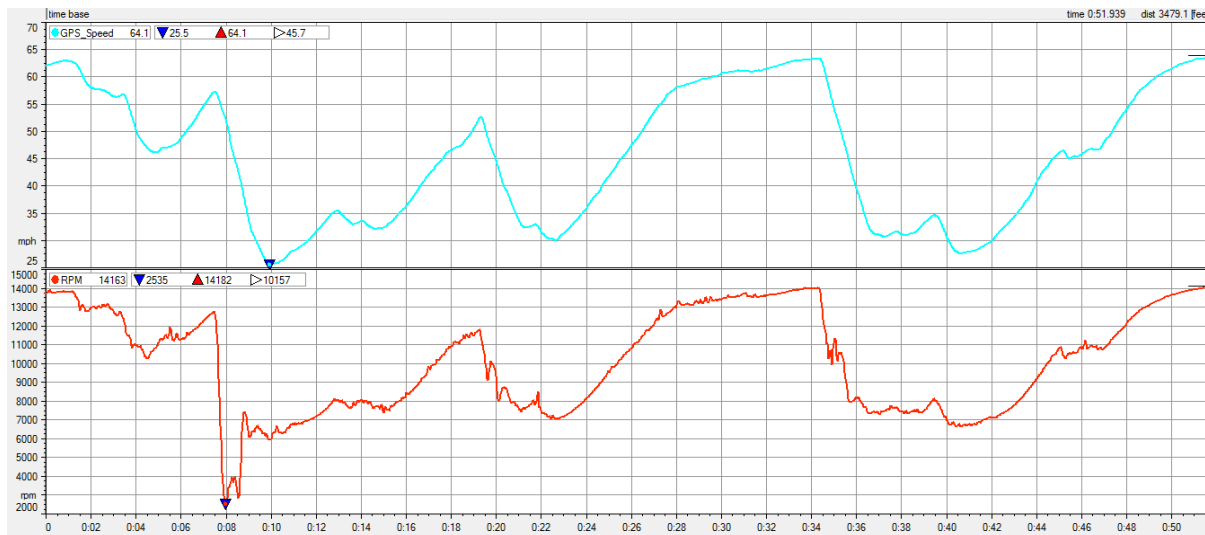
Lap manager analysis - prueba 1.

Idx	Lap n.	Lap time	% on refer...	Time fro...	Lap cause
 2	2	00.53.860	106.18 %	02.12.013	GPS Lap Time
 3	3	00.53.556	103.01 %	03.02.850	GPS Lap Time
 4	4	00.52.359	102.95 %	03.53.419	GPS Lap Time
 5	5	00.51.990	Reference	04.43.685	GPS Lap Time
 6	6	00.52.438	103.10 %	05.35.152	GPS Lap Time
 7	7	00.54.425	107.90 %	06.25.627	GPS Lap Time
 8	8	00.53.001	104.23 %	07.16.030	GPS Lap Time
 9	9	00.52.701	103.64 %	08.06.507	GPS Lap Time
 10	10	00.52.881	104.00 %	08.59.196	GPS Lap Time
 13	13	00.52.010	102.26 %	10.37.913	GPS Lap Time
 14	14	00.52.302	102.83 %	11.28.938	GPS Lap Time

Mediante el análisis de vueltas de la tanda, la vuelta más rápida fue la número 5 con 51.990 segundos, por esta razón esta vuelta es seleccionada para el análisis de velocidad y revoluciones por minuto.

Figura 145

Curva de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 1



En el análisis de la velocidad de esta vuelta representada de color celeste se demuestra que la velocidad máxima alcanzada por el go-kart fue de 64.1 mph o 103.16 km/h en el punto de llegada a meta, mientras el punto donde se alcanzó la menor velocidad fue en el apex de la curva 4 con una velocidad de 25.5 mph o 41.04 km/h, en la curva de revoluciones por minuto de esta vuelta representada con color rojo presenta que las máximas rpm alcanzadas fueron de 14182 rpm en el punto de llegada, mientras las rpm más bajas fueron de 2535 rpm, antes de la curva 4 del circuito.

4.3.8. Segunda prueba en pista.

Para esta prueba se instaló el sistema de inyección electrónica y se cargó en la ECU reprogramable el primer mapa empleado en las pruebas del banco inercial, de la misma forma se realizó una tanda de quince vueltas que se muestran a continuación:

Figura 146

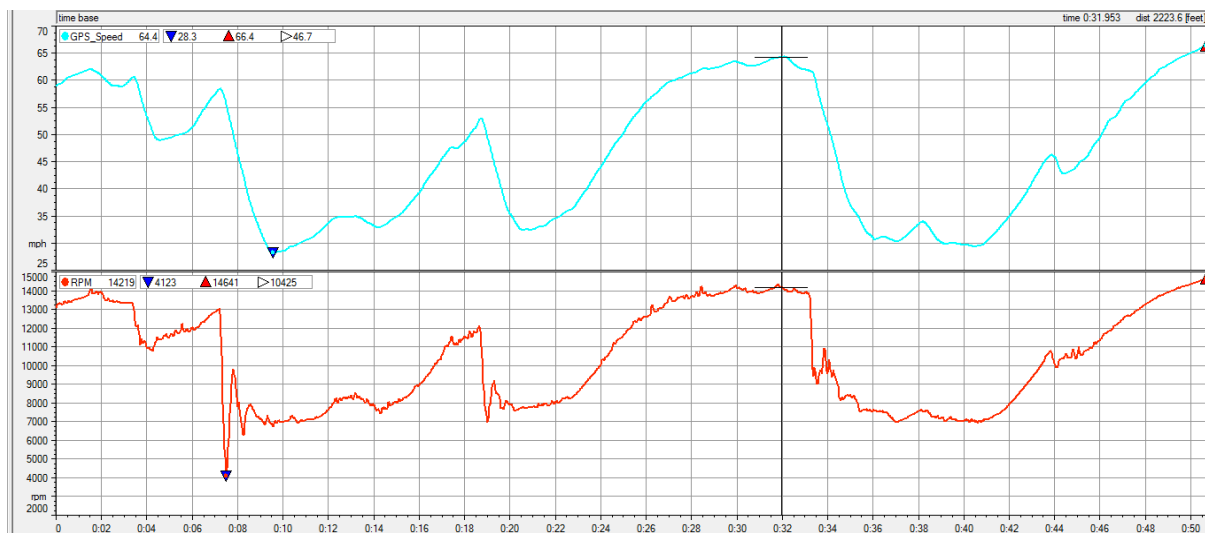
Lap manager analysis - prueba 2

Idx	Lap n.	Lap time	% on refer...	Time fro...	Lap cause
✗ 1	1	01.16.563		Tue, Au...	(First lap)
🟢 2	2	00.51.573	101.40 %	01.16.563	GPS Lap Time
🟢 3	3	00.50.948	100.17 %	02.08.136	GPS Lap Time
🟢 4	4	00.52.359	102.95 %	02.59.084	GPS Lap Time
🟢 5	5	00.51.274	100.81 %	03.51.443	GPS Lap Time
🟢 6	6	00.52.438	103.10 %	04.42.717	GPS Lap Time
🟢 7	7	00.51.220	100.71 %	05.35.155	GPS Lap Time
🟢 8	8	00.50.965	100.20 %	06.26.375	GPS Lap Time
🟢 9	9	00.51.577	101.41 %	07.17.340	GPS Lap Time
🟡 10	10	00.50.861	Reference	08.08.917	GPS Lap Time
🟢 11	11	00.51.056	100.38 %	08.59.778	GPS Lap Time
🟢 12	12	00.51.560	101.37 %	09.50.834	GPS Lap Time
🟢 13	13	00.52.010	102.26 %	10.42.394	GPS Lap Time
🟢 14	14	00.52.302	102.83 %	11.34.404	GPS Lap Time
✗ 15	15	00.15.180		12.26.706	(Vehicle stop)

Muestra que de las 15 vueltas 2 fueron incompletas, la primera y la última por la salida y entrada a pista, el mejor tiempo de vuelta se evidencia en la vuelta número 10, con un tiempo de 50.861 segundos, al ser la mejor vuelta se procede a su análisis.

Figura 147

Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 2



En la curva celeste representa los valores de velocidad a lo largo de la vuelta, la velocidad máxima alcanzada fue de 66.4 mph o 106.86 km/h en la última recta de la pista justo antes de la curva 1 y una velocidad mínima de 28.3 mph o 45.5 km/h justo en el ápex de la curva 4, en la parte inferior la curva roja presenta el comportamiento de rpm a lo largo de la pista, las revoluciones máximas alcanzadas en esta prueba fueron de 14641 rpm en la recta antes de la curva 1, y las revoluciones mínimas en la pista fueron de 4123 rpm, en la recta de subida antes de la curva 4.

4.3.9. Tercera prueba en pista

Para el desarrollo de esta prueba se cargó en la ECU la segunda configuración de inyección y encendido probada en el banco de pruebas y se realizó una tanda de 14 vueltas que se detallan a continuación.

Figura 148

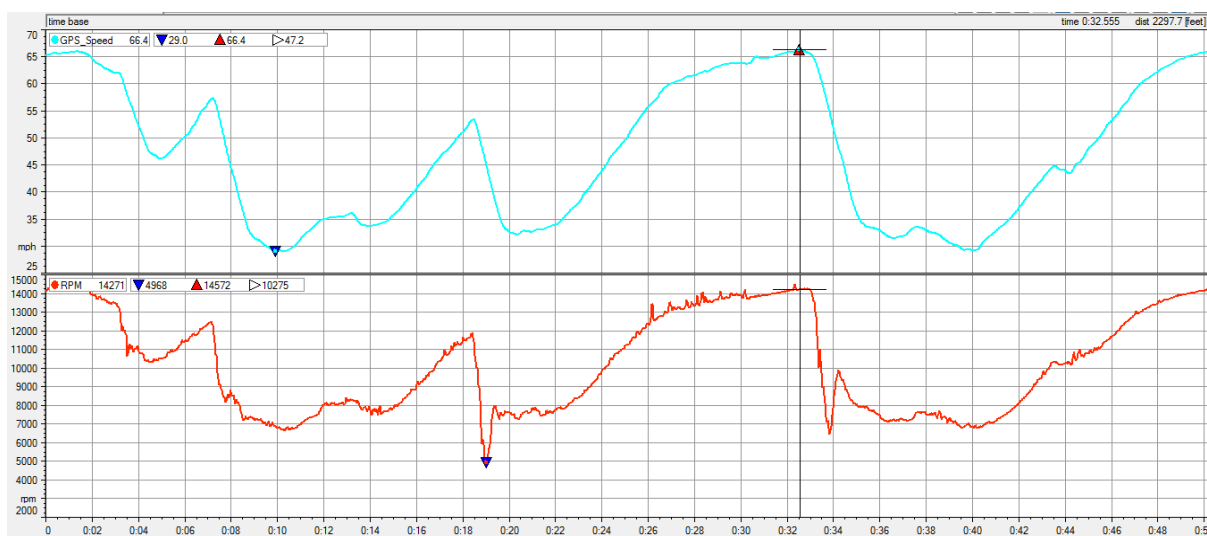
Lap manager analysis - prueba 3

Idx	Lap n.	Lap time	% on refer...	Time fro...	Lap cause
❌ 1	1	01.21.244		Sat, Au...	(First lap)
🟢 2	2	00.50.769	101.01 %	01.21.244	GPS Lap Time
🟢 3	3	00.50.837	101.15 %	02.12.013	GPS Lap Time
🟢 4	4	00.50.569	100.61 %	03.02.850	GPS Lap Time
🟢 5	5	00.50.266	100.01 %	03.53.419	GPS Lap Time
🟢 6	6	00.51.467	102.40 %	04.43.685	GPS Lap Time
🟢 7	7	00.50.475	100.43 %	05.35.152	GPS Lap Time
🟢 8	8	00.50.403	100.28 %	06.25.627	GPS Lap Time
🟢 9	9	00.50.477	100.43 %	07.16.030	GPS Lap Time
🟢 10	10	00.50.689	100.85 %	08.06.507	GPS Lap Time
🟢 11	11	00.50.457	100.39 %	08.57.196	GPS Lap Time
🟡 12	12	00.50.260	Reference	09.47.653	GPS Lap Time
🟢 13	13	00.51.025	101.52 %	10.37.913	GPS Lap Time
❌ 14	14	00.11.606		11.28.938	(Vehicle stop)

Para la prueba 3 se realizaron 14 vueltas 2 fueron incompletas, la primera y la última debido a la salida y entrada a pista, se analizó la vuelta número 12 por tener el mejor tiempo de vuelta de 50.26 segundos.

Figura 149

Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo – prueba 3



En la tercera prueba una vez modificado el mapa de inyección dio como resultado en la curva de velocidad representada de color celeste, que la velocidad máxima alcanzada en esta pista fue de 66.4 mph o 106.86 Km/h al inicio de la curva 9, y una velocidad mínima de 29 mph o 46.67 Km/h en el apex de la curva 4, y mediante la curva de revoluciones por minuto representada de color rojo data que las revoluciones máximas fueron de 14572 rpm en el inicio de la curva 2, y las mínimas fueron de 4698 rpm al final de la curva 5.

4.3.10. Cuarta prueba en pista

En la última prueba en pista se emplea la segunda configuración del sistema de inyección y encendido que proporciona la mejor potencia y torque en el banco de pruebas.

Figura 150

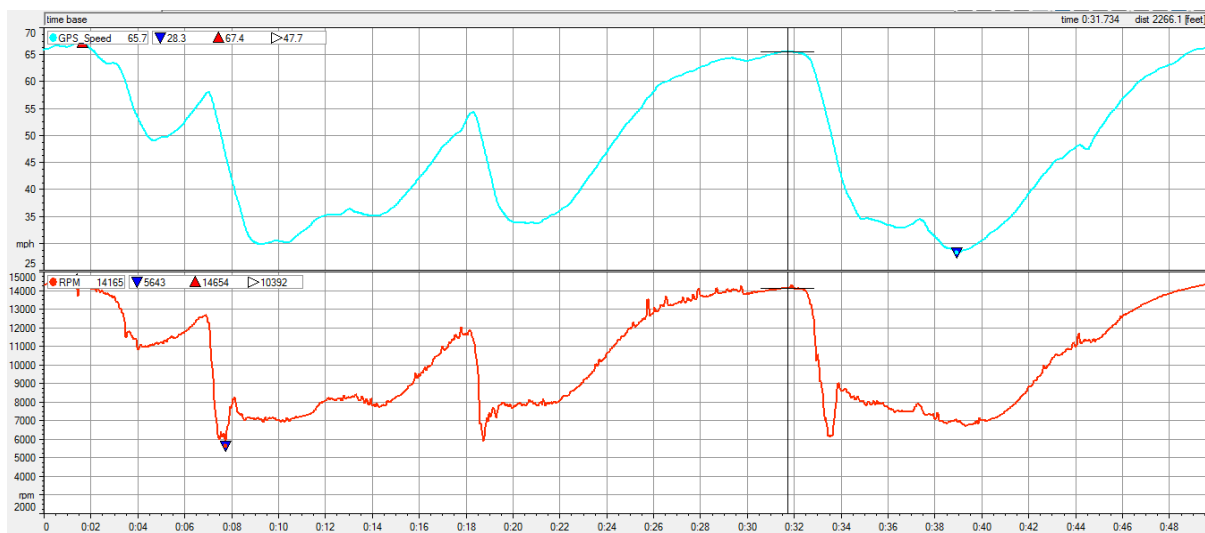
Lap manager analysis - prueba 4

Idx	Lap n.	Lap time	% on refer...	Time fro...	Lap cause
✗ 1	1	02.27.214		Sat, Au...	(First lap)
🟢 2	2	00.51.215	102.97 %	02.27.214	GPS Lap Time
🟢 3	3	00.50.517	101.56 %	03.18.429	GPS Lap Time
🟢 4	4	00.53.349	107.26 %	04.08.946	GPS Lap Time
🟢 5	5	00.50.289	101.10 %	05.02.295	GPS Lap Time
🟢 6	6	00.50.062	100.65 %	05.52.584	GPS Lap Time
🟢 7	7	00.49.760	100.04 %	06.42.646	GPS Lap Time
🟢 8	8	00.50.254	101.03 %	07.32.406	GPS Lap Time
🟢 9	9	00.49.776	100.07 %	08.22.660	GPS Lap Time
🟡 10	10	00.49.740	Reference	09.12.436	GPS Lap Time
🟢 11	11	00.49.824	100.17 %	10.02.176	GPS Lap Time
🟢 12	12	00.49.873	100.27 %	10.52.000	GPS Lap Time
🟢 13	13	00.50.888	102.31 %	11.41.873	GPS Lap Time
🟢 14	14	00.50.752	102.03 %	12.32.761	GPS Lap Time
✗ 15	15	00.14.031		13.23.513	(Vehicle stop)

Para la prueba 4 se realizaron 15 vueltas de las cuales 2 fueron incompletas, y la vuelta número 10 fue la más rápida de la tanda con un tiempo de 49.824 segundos, por lo que se la toma de referencia para el análisis.

Figura 151

Curvas de medidas, velocidad y rpm vs tiempo - prueba 4



En las curvas de velocidad y rpm de esta prueba se determina que la velocidad máxima de la vuelta se da después del punto de partida con 67.4 mph o 108.47 km/h, mientras el punto donde se pierde mayor velocidad es en el apex de la curva 11 con una velocidad de 28.3 mph o 45.5 km/h, en la parte inferior la curva de color rojo evidencia que el mayor número de rpm alcanzadas es 14654 rpm y se las alcanza al inicio de la curva 2, mientras que el menor número de rpm alcanzado es 5643 rpm en el inicio de la curva 4.

4.3.11. Comparación de los resultados obtenidos en las pruebas de pista

Concluido el análisis de las pruebas en pista, se compara los resultados obtenidos, que se detallan en la Tabla 52.

Tabla 52

Parámetros obtenidos en las pruebas de pista.

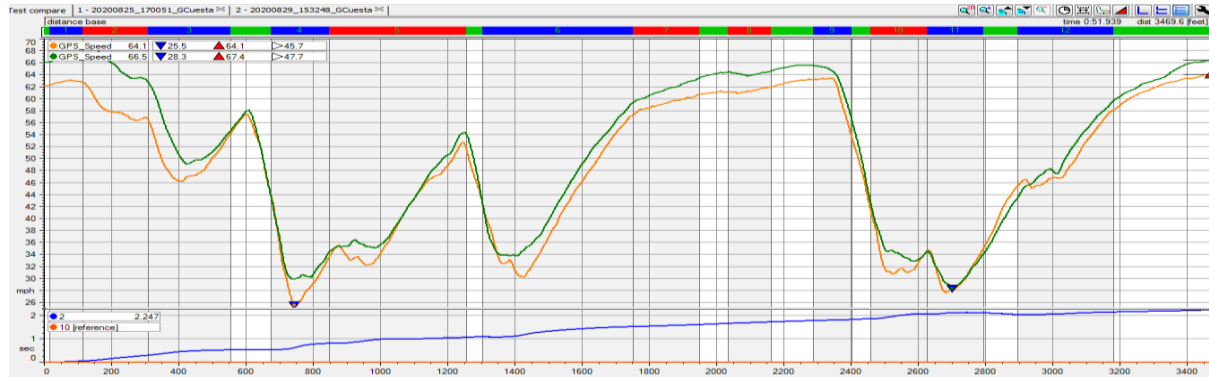
N°	Tipo de admisión.	tiempo de vuelta (s)	Revoluciones máximas (rpm)	Revoluciones mínimas (rpm)	Velocidad máxima (km/h)	Velocidad mínima (km/h)
1	Carburador	51.990	14182	2535	103.16	41.04
2	Prueba 2	50.861	14641	4123	106.86	45.5
3	Prueba 3	50.260	14572	4698	106.86	46.67
4	Prueba 4	49.824	14654	5643	108.47	45.5

Mediante la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas el sistema de inyección electrónica con respecto al sistema carburado obtuvo una mejora de 2.166 segundos en el mejor tiempo de vuelta, una mejora de 472 rpm máximas alcanzadas, lo que representa un 3.33% de aumento en las rpm máximas del motor en pista, con respecto a la velocidad final, debido a la ganancia de rpm máximas hay un incremento de 5.31 km/h más rápido con el sistema de inyección que con el sistema carburado, lo que representa un 5.15% de ganancia en velocidad final.

La pérdida de revoluciones por minuto en curvas lentas fue mucho menor, teniendo un resultado de 3108 rpm mayor que con el carburador que representa una ganancia de 122.6% en rpm mínimas, lo que garantiza una mayor velocidad de salida en curvas lentas logrando una velocidad de 45.5 km/h, consiguiendo una ganancia de 4.46 km/h que, con carburador, esto representa un 10.86% de ganancia de velocidad de salida de curvas lentas.

Figura 152

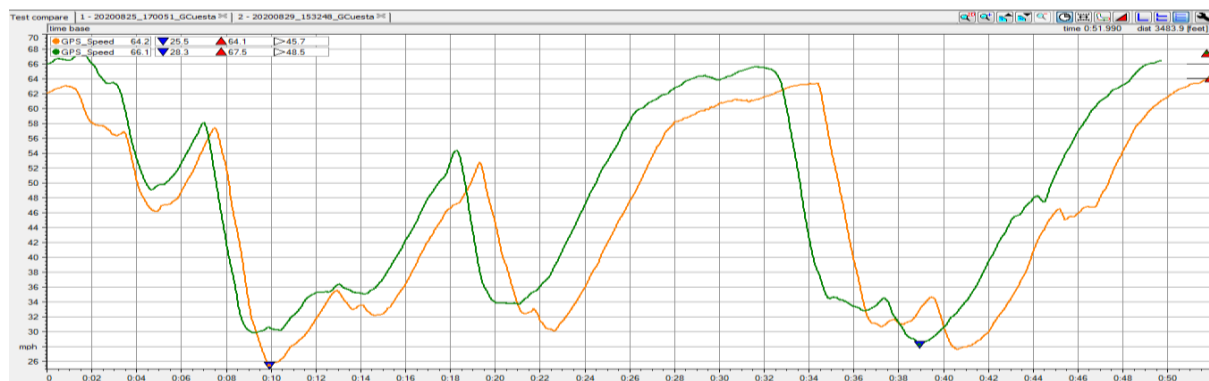
Comparación, velocidad vs distancia – prueba1 y prueba 4



En la curva velocidad vs tiempo se puede observar la diferencia de velocidades máximas y mínimas en ambas pruebas, la prueba con carburador denominada Prueba 1 está representada con color anaranjado y la prueba a inyección con el mapa calibrado para la mayor potencia está representada con color verde.

Figura 153

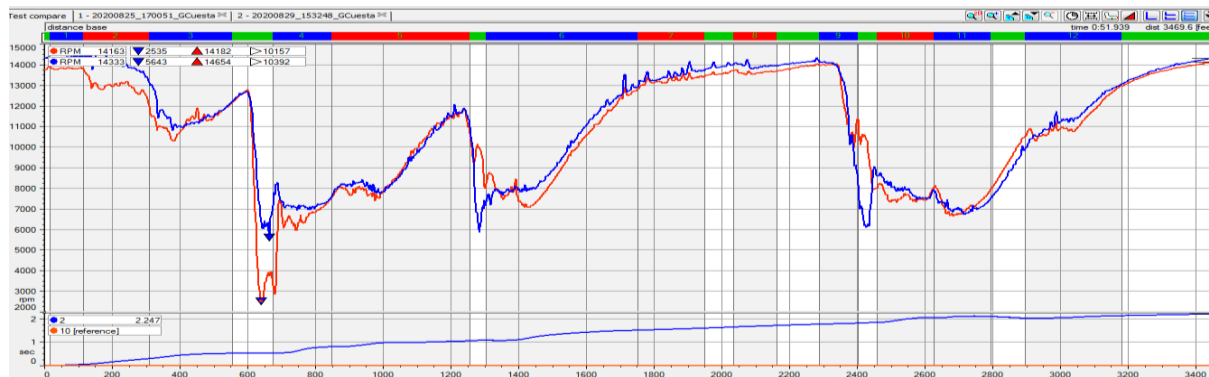
Comparación, velocidad vs tiempo – prueba 1 y prueba 4



En la curva velocidad vs tiempo se evidencia como el go-kart con sistema de inyección recupera velocidad en curvas antes que el go-kart con sistema a carburador.

Figura 154

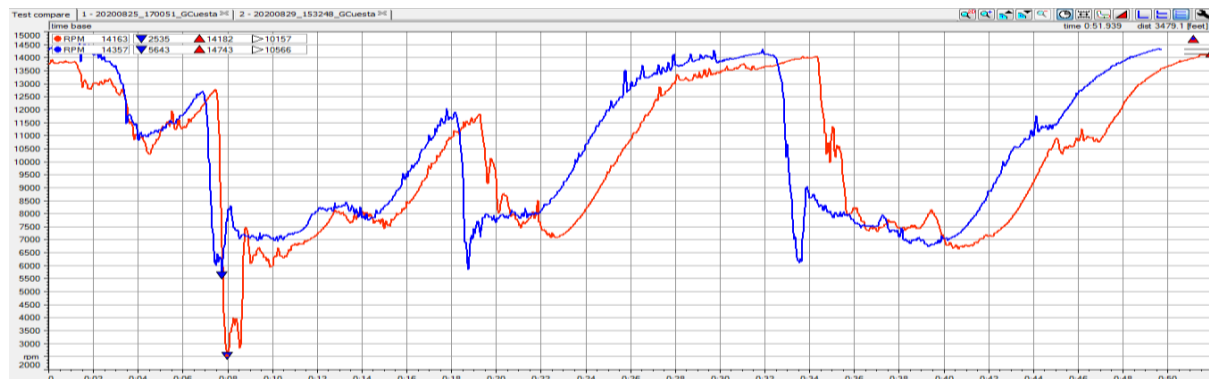
Comparación, rpm vs distancia – prueba1 y prueba 4



Al comparar las revoluciones por minuto vs distancia se puede observar la diferencia de revoluciones en cada punto de la pista, la curva azul representa la prueba con inyección y la roja representa la prueba con el carburador, siendo la predominante la azul a lo largo del tramo recorrido en la prueba.

Figura 155

Comparación, rpm vs tiempo – prueba 1 y prueba 4



Se observa la ganancia al tener mayores revoluciones por minuto máximas y mayores revoluciones por minuto mínimas, de esta manera a pesar de que ambos parten al mismo tiempo, la curva azul termina antes que la roja al llegar a la meta en un menor tiempo.

4.4. Pruebas de consumo de combustible

Para realizar esta prueba se empleó un método práctico el cual consiste en medir el consumo de combustible con la ayuda de una probeta graduada, con el motor montado en el go-kart se coloca la línea de combustible dentro de la probeta, se enciende el motor y se revoluciona hasta el número de rpm deseado.

Figura 156

Medición en probeta graduada



En la Tabla 53 se detallan los resultados obtenidos en esta prueba.

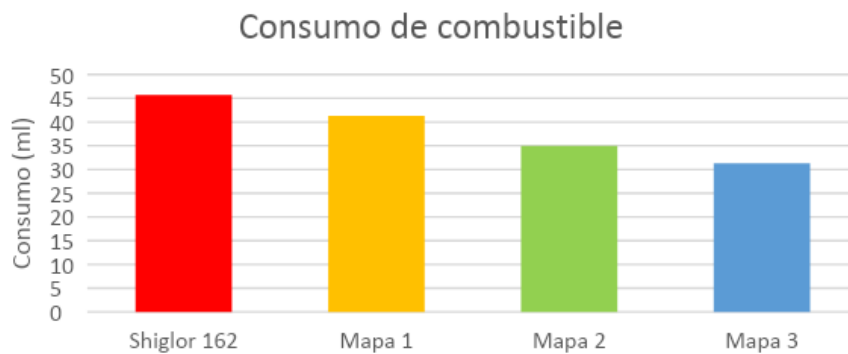
Tabla 53*Parámetros obtenidos en las pruebas de consumo*

Condición	RPM	Tiempo (s)	Consumo 1 (ml)	Consumo 2 (ml)	Consumo 3 (ml)	Promedio de consumo
Carburador shiglor 162	8500	15	46	45	46	45.66
Inyección Mapa 1	8500	15	40	43	41	41.33
Inyección Mapa 2	8500	15	35	34	36	35
Inyección Mapa 3	8500	15	30	32	32	31.33

Después de analizar estos resultados se determina que con el uso de carburador el consumo de combustible es mayor que con el sistema de inyección electrónica de combustible, en la Figura 157 se detalla la diferencia de consumos según el sistema utilizado.

Figura 157

Comparación pruebas de consumo de combustible



El sistema de inyección electrónico reprogramable nos permite una disminución en el consumo de combustible de 31.38% con respecto al consumo de combustible del sistema convencional a carburador comparando la prueba con shiglor 162 con la prueba de mejor rendimiento Mapa 3.

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos.

Para desarrollar el proyecto: “TRUCAJE ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR ROTAX MAX 125 CC MONOCILÍNDRICO DE DOS TIEMPOS, PARA UTILIZARLO EN COMPETICIÓN DE KARTING ”, fue necesario el empleo de recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros, con el propósito de efectuar los objetivos y metas planteadas.

5.2. Recursos humanos.

El recurso humano que intervino en el desarrollo del proyecto, está orientado a docentes y profesionales en el campo automotriz, detallado en la Tabla 54.

Tabla 54

Recursos humanos partícipes del proyecto de investigación

Nombre:	Rol:
Galarza Jorge.	Investigador.
Gallo Steven.	Investigador.
Ing. Germán Erazo	Director del proyecto.
Ing. José Quiroz	Jefe del laboratorio de Autotrónica. (Uso de laboratorio)
Ing. Leónidas Quiroz	Jefe del laboratorio de Mecánica de Patio. (Uso de equipos de medición)
Ing. Jorge Cuesta.	Jefe del equipo CRT.

Nombre:	Rol:
	(Uso de las instalaciones).
Sr. Camilo Rivera.	Propietario del Kartódromo Cotopaxi. (Uso de pista).

5.3. Recursos tecnológicos.

Los recursos tecnológicos empleados en el desarrollo del proyecto fueron esenciales para poder cumplir con los objetivos planteados, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 55.

Tabla 55

Componentes tecnológicos empleados

Ítem	Descripción	Cantidad
1	ECU unidad de control electrónica.	1
2	Software TunerStudio.	1
3	Sensores.	5
4	Actuadores	4
5	Laptop.	1
6	Servicio de internet.	Global
7	Paquete de office.	1
8	Cable de comunicación.	1
9	Banco de pruebas inercial.	1
10	Software banco de pruebas GS.	1
11	Mycron 5.	1
12	Software Race Studio.	1
13	Cámara.	1

5.4. Recursos materiales.

Los recursos materiales fueron una parte indispensable para el desarrollo del proyecto de investigación, dichos elementos fueron necesarios para construir el sistema de alimentación electrónico programable, en la Tabla 56 se detalla los materiales utilizados.

Tabla 56*Materiales empleados*

Ítem	Descripción:	Cantidad
1	Juego de llaves	1
2	Juego de dados	1
3	Juego de destornilladores	1
4	Cautín.	1
5	Estaño.	1
6	Pomada de soldadura.	1
7	Alicate.	1
8	Pinza.	1
9	Cortafíos.	1
10	Cortador de cadena.	1
11	Aceite ENI de dos tiempos.	2
12	Combustible (Gasolina super).	8
13	Abrazaderas metálicas de alta calidad.	10
14	Cableado de alta calidad.	20
15	Fusibles.	4
16	Relés.	2
17	Terminales.	10
18	Sockets.	6
19	Mangueras de combustible adecuadas.	2
20	Filtro de combustible.	1
21	Cable de acelerador reforzado.	1
22	Funda del cable de acelerador.	1
23	Líquido limpia carburador.	1
24	Cinta eléctrica.	2
25	Mangueras de recubrimiento.	2

5.5. Análisis de presupuesto invertido en el proyecto.

Los recursos económicos son también muy importantes en el desarrollo de un proyecto, estos nos permiten la obtención de los materiales, recursos tecnológicos, y componentes que fueron necesarios para la construcción del proyecto y para el desarrollo de pruebas necesarias en la investigación, la inversión total realizada se detalla en la Tabla 57.

Tabla 57

Recursos económicos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unidad	Precio total
1	Alquiler motor Rotax Max	1	500	500
2	ECU MS2 Extra	1	500	500
3	Cuerpo de aceleración TBI	1	200	200
4	Inyector	1	50	50
5	Bobina de encendido	1	80	80
6	Bomba de combustible	1	60	60
7	Válvula reguladora de presión	1	20	20
8	Manguera de combustible.	1	2	2
9	Cableado.	10	2	20
10	Fusilera.	1	5	5
11	Portafusibles.	2	3	6
12	Switch master.	1	12,50	12,50
13	Botón start engine.	1	7	7
14	Relé y porta relé.	2	7	14
15	Taípe.	2	1	2
16	Manguera corrugada.	5	1	5
17	Terminales.	5	0.25	1.25
18	Combustible	8 gal	3	24
19	Aceite ENI 2T	2 lt	17	34
20	Viáticos	1	30	60
21	Alquiler del banco de pruebas.	1	80	80
22	Alquiler de pista.	1	60	60
			Total	\$1,742.75

CONCLUSIONES.

- Al realizar el trucaje electrónico del sistema de alimentación de combustible del motor Rotax Max 125 cc de dos tiempos con las respectivas modificaciones en un chasis CRG puede ser utilizarlo en competición de karting.
- Para instalar el sistema de inyección se puede emplear un cuerpo de aceleración ITB, sensores y actuadores de diferente marca y procedencia, lo importante es que cumpla su función y realizar una correcta programación.
- Al realizar las respectivas pruebas en el banco de pruebas inercial y obtener valores promedios de cada prueba se obtuvo que al implementar el sistema de inyección electrónico programable se tiene un incremento del 45,72% en potencia y una elevación del 40,41% en torque con respecto al sistema convencional a carburador.
- Con pequeñas variaciones en la programación de la ECU como es el combustible requerido, grados en el avance de encendido y con la calibración de la tabla VE entregando más combustible a ciertas rpm y en zonas específicas se obtuvo un incremento en los valores de potencia y torque evidente en las pruebas tanto en el banco como en pista.
- Mediante la comparación entre los cálculos realizados y los resultados obtenidos en el banco de pruebas inercial se puede evidenciar de mejor manera los parámetros iniciales de torque y potencia del motor.
- El banco de pruebas inercial permite genera las curvas y tabular los datos, evidenciando que con el sistema a inyección no existen pérdidas de potencia ni de torque, ya que es directamente proporcional a las revoluciones; inclusive los valores máximos de potencia y torque se obtiene a menos revoluciones, comparada con el sistema a carburador.

- El proyecto realizado es factible desde el punto de vista competitivo, ya que se mejora los parámetros iniciales por lo que va a ser una ventaja, pero la fiabilidad del sistema es cuestionable debido a las diferentes condiciones posibles en una carrera, al tener muchos componentes electrónicos existe un mayor riesgo de que en el transcurso de la carrera estos elementos sufran algún desperfecto que pueda comprometer el desempeño del motor. Esto se debe a que este es un prototipo, siendo el caso de su producción se realizaría con elementos específicos para el motor, desde el punto de vista económico resulta más costoso que un sistema de alimentación carburado, sin embargo las prestaciones de este último serán menores que las del sistema de inyección reprogramable.

RECOMENDACIONES.

- Realizar por lo menos tres veces la misma prueba aplicando los mismos parámetros, permitiendo descartar cualquier error en la toma de datos.
- Cargar un solo mapa con las configuraciones generales pertinentes y modificar este mapa tomando en cuenta las modificaciones para cada prueba ya que al cargar varios mapas a la ECU entra a un protocolo de seguridad y se bloquea.
- Configurar y calibrar las diferentes herramientas de medición tomando en cuenta sus características técnicas y adecuado procedimiento.
- Fijar todos los componentes estáticos al gokart de manera segura para evitar cualquier desperfecto que pueda generarse en los mismos, de la misma manera revisar todas las conexiones eléctricas que deben tener su respectivo aislamiento.
- Realizar las pruebas de pista en condiciones ideales, con pista seca, y un go kart configurado para carrera, para de esta manera obtener el mejor desempeño del motor.
- Usar el equipo de protección requerido para salir a pista, que consta de: traje, casco, guantes, botas, costillera y cuellera, homologados para el uso deportivo.
- Utilizar agua pura en el sistema de refrigeración del motor para evitar las bajas temperaturas y calentar el motor hasta la temperatura de funcionamiento ideal antes de realizar las pruebas para que el desempeño del motor sea el óptimo.
- En el dinamómetro es necesario el uso de equipo de protección personal, como son: guantes de seguridad, tapones de oídos, mascarilla antilíquidos, lentes de protección visual y mandil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aficionados a la Mecánica. (2014). *Carburador*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>
- Amaya, S. M., & Villareal, A. S. (2017). *Investigación de la influencia del uso del software dedicado en la reprogramación en red para el mapeo de la ECU programable en el motor Peugeot 407 [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13797>
- Banish, G. (2007). *Engine Management: Advanced Tuning*. CarTech.
- Beirao, J. M. (2009). *Análisis, modelizado y estudio del chasis de un kart competición rodado en el circuito de Alcañiz*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de <https://zagan.unizar.es/record/5444/files/TAZ-PFC-2010-388.pdf>
- Blogspot. (30 de Noviembre de 2012). *Motores de combustión interna en automoción (Parte VIII)*. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de El automóvil al desnudo: http://jeroitim.blogspot.com/2012/11/motores-de-combustion-interna-en_30.html
- Borja, R., & Salvador, F. (2007). *Estudio técnico y construcción de un sistema integrado de inyección y encendido electrónico sin distribuidor (DIS) de tecnología GMC [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 11 de Febrero de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4243>
- Buitrón, B. G., & Narváez, D. M. (2018). *Mapeo del control electrónico del motor Kawasaki ZX-6R del vehículo Formula Student SAE para reducción de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14027>

- Cabrera, R. V., & Cifuentes, V. X. (2009). *Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehículo a carburador [Tesis de ingeniería]*. Escuela Politécnica de Chimborazo.
Recuperado el 20 de Enero de 2020, de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/418>
- Canal Motor. (25 de Julio de 2018). *Guía básica para saber cómo conducir un kart*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de MapFre: <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-conduccion/guia-saber-conducir-un-kart/>
- Sainz. (13 de Febrero de 2019). *Breve historia del Karting*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de <https://www.kartcsainz.com/blog/breve-historia-del-karting.html>
- Clavel, R. F., & Wash, B. (2000). *United States Patente nº 6,056,080*. Obtenido de
<https://patentimages.storage.googleapis.com/ce/88/94/c8eef8fd736d6e/US6056080.pdf>
- Cóndor, D. F. (2018). *Diseño y construcción de un Kart con el motor en la parte superior trasera [Tesis de licenciatura]*. Universidad San Francisco de Quito UDFQ. Obtenido de
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7404/1/138326.pdf>
- Córdova, E. I. (2013). *Estudio de un motor de combustión interna para determinar sus parámetros de funcionamiento y su factibilidad de aplicación en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica [Tesis de ingeniería]*. Universidad Técnica de Ambato.
Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4338>
- Crouse, W. (1996). *Motores de Automóvil*. Marcombo.
- Daly, R. (16 de Marzo de 2019). *Fernando Alonso: Former F1 champion will return on ONE condition - expert EXCLUSIVE*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de Express

- Newspapers. "Daily Express": <https://www.express.co.uk/sport/f1-autosport/1100790/Fernando-Alonso-F1-Ferrari-Mercedes>
- EcuRed. (2019). *Motor de Dos Tiempos*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de https://www.ecured.cu/Motor_de_Dos_Tiempos
- Fiallo, F. A. (2005). *Diseño en la mejora de rendimiento de un motor Yamaha 125 refrigerado por aire [Tesis de ingeniería]*. Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3844/1/T-ESPEL-0236.pdf>
- Gismero, A. (2017). *Diseño y optimización de la cartografía motor en un vehículo Fórmula SAE [Tesis de ingeniería]*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de http://oa.upm.es/45307/1/TFG_ALEJANDRO_GISMERO_GALIATSATOS.pdf
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Paraninfo.
- Hidalgo, R. X. (2019). *Investigación del desempeño mecánico del motor de combustión interna del vehículo Mazda 929 al implementar un sistema de inyección secuencial reprogramable modulada con Racetec R1000 [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/20729/T-ESPEL-MAI-0667.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hondata Inc. (05 de Agosto de 2020). *Tuning ITBs*. Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de Hondata s300 Programmable ECU Guide: <https://www.hondata.com/help/smanager/index.html?tuningitbs.htm>
- IngeMecánica. (2019). *La Potencia y el Par Motor, Estudio de la Cadena Cinemática, Estabilidad en los Vehículos*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Tutorial nº 63: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>

- KartMag. (21 de Enero de 2015). *Les Rotax Max et Evo seront mélangés au France !* Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de Le Magazine Du Karting: <https://www.kartmag.fr/les-Rotax-max-et-evo-seront-melanges-au-france/>
- Karts. (Noviembre de 2003). *Instrucciones de instalación para motor Rotax tipo FR 125 Max, FR 125 Junior Max, FR 125 Mini Max.* Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://es.slideshare.net/yomismo1/manual-usuario-Rotax>
- Kimberley, M. (18 de Diciembre de 2018). *¿Cuál es la diferencia entre configuraciones de densidad de velocidad y MAF?* Recuperado el 17 de Abril de 2020, de Car Throttle: <https://www.carthrottle.com/post/whats-the-difference-between-maf-and-speed-density-setups/>
- KPS Racing. (2019). *Motor Rotax 125 Micro Max Evo.* Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de MAXEVOMIC: <https://kpsracing.es/motores-Rotax-karts/3134-motor-Rotax-125-micro-max-evo.html>
- Laica, W. M. (2012). *Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz [Tesis de ingeniería].* Escuela Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3867>
- Lipa, R., & Flores, A. S. (2016). *Adaptación de un motor Honda GX 160 a gasolina de 4 tiempos a GLP (Gas Licuado de Petróleo).* Universidad Católica Santa María. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de <https://www.slideshare.net/jordiescalante/adaptacion-deunmotorhondagx160agasolinaaglp>

Loayza, B. F. (2015). *Reconstrucción de un karting [Tesis de licenciatura]*. Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5035/1/122743.pdf>

Lubrilandia Inc. (2004). *Kart Grand Prix GP Motul*. Recuperado el 11 de Febrero de 2020, de

http://www.lubrilandia.com.ar/Motul/gama_de_productos/aceites_motos/motul_kart_grand_prix_2t.htm

Lucendo, J. (2019). *80 Siglos de Invenciones. Enciclopedia Ilustrada de los Inentos*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2019, de

<https://books.google.com.ec/books?id=DIqDwAAQBAJ&pg=PT317&lpg=PT317&dq=Este+es+un+motor+de+combusti%C3%B3n+interna+que+realiza+cuatro+etapas+termodin%C3%A1micas+que+son+admisi%C3%B3n,+compresi%C3%B3n,+explosi%C3%B3n+y+escape,+en+dos+movimientos+lineales+>

Mecánica de autos. (2019). *Lubricación en motor dos tiempos*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de <http://mecanicaautomotores.blogspot.com/2013/03/lubricacion-en-motor-dos-tiempos.html>

Mecánica Fácil. (2020). *Refrigeración*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de

<http://www.mecanicafacil.info/Refrigeracion.html>

MM Racing. (2020). *AiM MyChron 5 con temperatura de cabeza cilíndrica, GPS, WiFi, 4 GB*.

Recuperado el 18 de Mayo de 2020, de Amazon: <https://www.amazon.com/-/es/MyChron-temperatura-cabeza-cil%C3%ADndrica-WiFi/dp/B072F67SXX>

Molano, J. L. (26 de Marzo de 2011). *Karting: Historia de una categoría esencial*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2019, de ProCompetición:

<http://procompeticion.blogspot.com/2011/03/karting-historia-de-una-categoria.html>

- Mora, F. J., Zambrano, V. D., Erazo, L. G., & Villacís, H. C. (Diciembre de 2017). Adaptación de un sistema ITB para optimizar el desempeño de un motor de combustión interna. *Revista Infociencia*, 11(1), 139-144.
- Motorsport Electronics Limited. (2019). *Configuración del modo de repostaje (Alpha-N o Speed-Density)*. Recuperado el 13 de Abril de 2020, de Documentación del usuario de Motorsport Electronics: <https://motorsport-electronics.co.uk/onlinehelp/html/SettingFuellingModeAlpha-NorSpee.html>
- Narváez, L. A. (2012). *Diseño y construcción de un vehículo go-kart de estructura tubular mediante el empleo de un programa de análisis por elementos finitos [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5171>
- Narváez, J. A., Acevedo, J. C., Ávila, J. F., & Zapata, Y. E. (2015). *Proceso de ensamblaje de un vehículo go-kart [Tesis de ingeniería]*. Fundación Universitaria Los Libertadores. Recuperado el 22 de Enero de 2020, de <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/483/Narv%c3%a1ezC%c3%b3rdobajes%c3%basAndres.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ocaña, A. (2000). *Tratado del Automóvil*. CIE Dossat.
- Ochoa, J. C. (2016). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para diagnóstico y comprobación de bobinas de encendido COP, DIS, y convencional [Tesis de ingeniería]*. Universidad Internacional del Ecuador. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14148>
- Ortigueira, P. (20 de Abril de 2010). *¿Que es un kart?* Recuperado el 19 de Noviembre de 2019, de World Final Championkart: <http://patriortigueira.blogspot.com/2010/04/>

- Pardiñas, J., & Feijoo, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor. Transporte y mantenimiento de vehículos*. Editex.
- PBOC Motorsports Club. (22 de Enero de 2019). *Maf frente a densidad de velocidad: ¿Cuál es la diferencia?* Recuperado el 22 de Marzo de 2020, de PBOC: <https://pbocflorida.com/maf-vs-speed-density-whats-the-difference/#:~:text=Speed%20density%20offers%20an%20advantage,than%20a%20MAF%20sensor%20is.&text=Speed%20density%20is%20still%20preferred,at%20very%20high%20power%2Dlevels>.
- Pérez, A. (2007). *Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW™ [Tesis de ingeniería]*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Recuperado el 19 de Enero de 2020, de <http://hdl.handle.net/2099.1/4329>
- Pinterest. (2019). *1960 Go Kart Manufacturing Company Dual Power 800*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de [https://www.pinterest.com/search/pins/?q=1960%20Go%20Kart%20Manufacturing%20Company%20Dual%20Power%20800&rs=typed&term_meta\[\]=1960%7Ctyped&term_meta\[\]=Go%7Ctyped&term_meta\[\]=Kart%7Ctyped&term_meta\[\]=Manufacturing%7Ctyped&term_meta\[\]=Company%7Ctyped&term_m](https://www.pinterest.com/search/pins/?q=1960%20Go%20Kart%20Manufacturing%20Company%20Dual%20Power%20800&rs=typed&term_meta[]=1960%7Ctyped&term_meta[]=Go%7Ctyped&term_meta[]=Kart%7Ctyped&term_meta[]=Manufacturing%7Ctyped&term_meta[]=Company%7Ctyped&term_m)
- Pirata Motor. (2020). *Introducción a Megasquirt*. Recuperado el 21 de Abril de 2020, de <https://www.piratamotor.com/manuales-y-articulos/articulos-megasquirt/introduccion-a-megasquirt>

- Ramírez, S. A., & Zaruma, G. D. (2010). *Diseño y construcción de un prototipo Kart [Tesis de ingeniería]*. Universidad Internacional del Ecuador. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/195/1/T-UIDE-0129.pdf>
- Razvanchirnoaga. (04 de Agosto de 2012). *Piloto de kart – Fotografía editorial de stock*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2019, de Depositphotos Inc. USA.: <https://sp.depositphotos.com/16041447/stock-photo-kart-pilot.html>
- REDU. (17 de Septiembre de 2012). *Convenio para la creación de la Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2019, de Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados: [http://redu.espe.edu.ec/wp-content/themes/WpInsurance/\(CONVENIO%20PARA%20LA%20CREACION%20DE%20LA%20REDU%20v5.0\).pdf](http://redu.espe.edu.ec/wp-content/themes/WpInsurance/(CONVENIO%20PARA%20LA%20CREACION%20DE%20LA%20REDU%20v5.0).pdf)
- Resio, H. (2020). *Banco de pruebas inercial para motores de kart y motos DYNO ID-125*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de Horacio Resio Devices: <http://www.horacioresio.com/banco-de-prueba-inercial-para-motores-de-kart-y-motos/>
- Rokart. (25 de Septiembre de 2011). *Historia del Karting*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de Rokart Ecuador: <http://rokartecuador.blogspot.com/2011/09/historia-del-karting.html>
- Rotax BRP. (1 de Diciembre de 2010). *Rotax Kart*. Obtenido de Repair Manual for Rotax Engine Type: <https://www.Rotax-kart.com/upload/files/76.pdf>
- Rotax Mojo Max Challenge. (2017). *Reglamento Técnico*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de <http://www.nb-kart.com.ar/documentos/Rotax-tec.pdf>

Rotax New Age Karting. (01 de Diciembre de 2010). Repair Manual for Rotax Engine Type. *TNr.*

298061. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de <https://www.Rotax-kart.com/upload/files/76.pdf>

Rotax Racing. (2016). *Rotax Max Challenge*. Obtenido de Reglamento Rotax Max Challenge Chile:

<http://Rotaxchile.cl/web/wp-content/uploads/2017/06/reg-tecnico.pdf>

Salazar, J. (2019). *Ecuador forma grandes pilotos a través del karting*. Recuperado el 08 de

Noviembre de 2019, de Patio de Autos: <https://www.patiodeautos.com/general/ecuador-forma-grandes-pilotos-a-traves-del-karting/>

Samaniego, G. F., & Samaniego, C. P. (2006). *Comparación de las características de eficiencia de un*

motor Suzuki Forsa G10 SOHC al variar secuencialmente elementos posibles de trucaje

para competición a través de un banco de pruebas [Tesis de ingeniería]. Escuela Politécnica

del Ejército. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3420/1/T-ESPEL-0211.pdf>

Sánchez, A. F. (2018). *Elaboración de un plan de mantenimiento para un vehículo tipo Go-kart*

marca CRG motor Yamaha 100cc [Tesis de ingeniería]. Universidad Internacional del

Ecuador. Recuperado el 23 de Enero de 2020, de

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2717/1/T-UIDE-189.pdf>

SP Tronics. (Diciembre de 2012). *Installation Instruction for SEM102 Standalone Engine*

Management. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de Spark Performance Electronics:

<https://sptronics.com/wp-content/uploads/2019/12/sem102-manual-1.pdf>

Tinizaray, D. G. (2016). *Reprogramación electrónica del control de inyección y encendido del motor*

CBR 600 F4i, para el vehículo Formula Student [Tesis de ingeniería]. Universidad de las

- Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 08 de Abril de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12102>
- Torres, M. A. (2009). *Diseño y construcción de un karting controlado por mandos electrónicos y mecánicos [Tesis de ingeniería]*. Escuela Politécnica del Ejército. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/2921/T-ESPEL-0600.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Veloz, J. W. (2019). *Investigación del desempeño mecánico del motor de combustión interna 250cc para la competición MotoStudent al implementar un sistema programable Microsquirt [Tesis de ingeniería]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15610/1/T-ESPEL-MAI-0650.pdf>
- Villacreses, D. A. (2010). *Estudio del proceso de ensamblaje de un Go-Kart de circuito cerrado y la factibilidad de realizar el intercambio de partes en su estructura fibral [Tesis de ingeniería]*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. Recuperado el 21 de Febrero de 2020, de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/542>

ANEXOS