



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO  
DEL MOTOR NISSAN A12 AL INSTALAR UN SISTEMA DE TWIN  
CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN  
SISTEMA INALÁMBRICO**

**AUTORES: RECALDE REGALADO, RENE REINALDO  
UTRERAS QUIROGA, JONATAN XAVIER**

**DIRECTOR: ING. ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN  
LATACUNGA**

**2019**



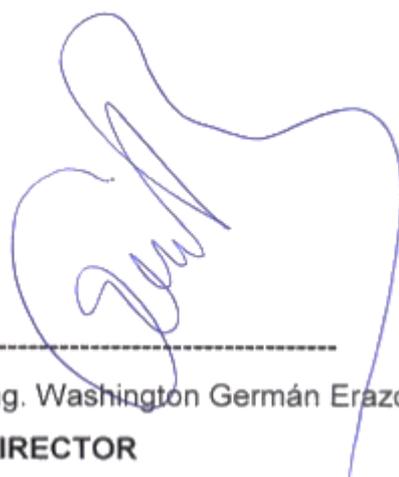
## DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR NISSAN A12 AL INSTALAR UN SISTEMA DE TWIN CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO”** realizado por los señores **RECALDE REGALADO, RENE REINALDO** y **UTRERAS QUIROGA, JONATAN XAVIER**, ha sido revidado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores: **RECALDE REGALADO, RENE REINALDO** y **UTRERAS QUIROGA, JONATAN XAVIER** para que sustente públicamente.

Latacunga, 20 de Junio del 2019



-----  
Ing. Washington Germán Erazo Laverde  
**DIRECTOR**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **RECALDE REGALADO, RENE REINALDO**, con cedula de ciudadanía N° 1717171522 y **UTRERAS QUIROGA, JONATAN XAVIER**, con cedula de ciudadanía N°0202077681, declaro que este trabajo de titulación.

“**INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR NISSAN A12 AL INSTALAR UN SISTEMA DE TWIN CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerando en citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 20 de Junio del 2019**

.....  
Recalde Regalado, Rene Reinaldo  
C.C.: 1717171522

.....  
Utreras Quiroga, Jonatan Xavier  
C.C.: 0202077681



## DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **RECALDE REGALADO, RENE REINALDO** y **UTRERAS QUIROGA, JONATAN XAVIER**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación “**INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR NISSAN A12 AL INSTALAR UN SISTEMA DE TWIN CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 20 de Junio del 2019**

.....  
Rene Reinaldo, Recalde Regalado  
C.C.: 1717171522

.....  
Utreras Quiroga, Jonatan Xavier  
C.C.: 0202077681

## DEDICATORIA

*Dedico este logro tan importante a mi Virgencita del Huaico, a mi niño Divino, a mi madre, mis abuelitos, mi esposa, mi hija y hermanos.*

*A mi Mami Geovana le agradezco por todo su esfuerzo, dedicación y demostrar el inmenso amor de madre al sacrificar todo por sus hijos.*

*A mi Papi Carlos le dedico este triunfo ya que él vio en su ñeto (hijo) que podía llegar muy lejos y demostrar de que estamos hechos los Utreritas siempre vas a ser mi orgullo y el pilar fundamental en mi vida viejo mío.*

*A mi Mami Martha con sus enseñanzas, paciencia y virtudes al cuidar de mí, enseñándome valores para llegar a ser un hombre de bien.*

*A mi Esposa Estefanía le agradezco por estar siempre junto a mí en las buenas y en las malas brindándome ese apoyo para poder culminar esta etapa de mi vida*

*A mi hija Karen demostrarle que nada es imposible en esta vida si uno se propone un sueño se lo cumple aunque pasen los años.*

*A mi Ñaña María le agradezco mucho por estar siempre inculcándome valores de responsabilidad, dedicación, perseverancia, más que mi hermana una madre al preocuparse en las buenas y malas.*

*A mis hermanos Miguel y Mishell para que nunca desistan de sus sueños, luchen por alcanzar muchos éxitos en su vida personal sin dejar de lado sus estudios.*

*Olvida los favores hechos, pero no los recibidos (Juan Bosco)*

*Jonatan Xavier Utreras Quiroga*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, quien con su infinita sabiduría supo darme fuerzas, me motivo a seguir con mi sueño y cumplir mi meta. También a un angelito que sé que siempre me está cuidando.*

*A mis padres Néstor Recalde y Lucia Regalado quien por su apoyo incondicional, por sus consejos, por guiarme para ser una mejor persona, por estar en lo bueno y en los malos momentos, por enseñarme siempre a seguir adelante.*

*A mi hermano, hermanas y mis sobrinos que han estado pendiente de mí de mis estudios, que con su apoyo y cariño incondicional me motivaron a seguir con mis estudios.*

*En la vida llegan personas importantes un tu vida y una de ellas es Geovanna Amaguaña quien, también le dedico es trabajo por ser una persona que estuvo en toda mi carrera apoyándome y alentándome a no desistir.*

*Dedico también a todas a aquellos amigos que de una u otra manera estuvieron al pendiente de mi carrera.*

*René Reinaldo Recalde Regalado*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios porque con su amor y bendiciones ha permitido llegar a tan anhelado sueño lleno de un camino de experiencias y aprendizajes*

*Agradecer a mis padres, a mi esposa e hija, a mis hermanos el apoyo, amor incondicional y sus consejos que han sido un pilar importante en este camino*

*De igual manera a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Latacunga, a sus autoridades, personal docente que con sus enseñanzas han hecho que sienta pasión y amor de pertenecer a tan digna Carrera de Ingeniería Automotriz.*

*A mi amigo y compañero Rene Recalde, el cual fue parte muy fundamental para culminar este proyecto de titulación.*

*Además, quiero agradecer a quien fue parte fundamental para concluir este proyecto de investigación: Ing. Germán Erazo como director de tesis que fue un pilar fundamental en el desarrollo de este proyecto, supo guiarnos con su conocimiento y experiencias para que este proyecto sea posible.*

*A todos y cada uno de alguna forma fueron participes en trascurso de este proyecto.*

*Jonatan Xavier Utreras Quiroga*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco infinitamente a Dios quien me dio los mejores padres Néstor Recalde, quien con su ejemplo, con su sencillez me supo guiar a seguir adelante, a ser mejor persona, mejor profesional, quien siempre me apoyado en mis decisiones y me alentado no dejarme caer.*

*A mí madre Lucía Regalado, que es una de las mejores mujeres del mundo, la mejor madre, que siempre ha estado para cuidarme, quien al llegar a casa me reside con mucho amor, y ha estado pendiente de mí, dándome mucho apoyo.*

*Agradezco a mis hermanos y sobrinos que son la mejor familia que son un apoyo fundamental en mí vida, y solo pido a Dios ser un buen ejemplo para mis sobrinos.*

*Agradezco a Geovanna Amaguaña por su apoyo incondicional por estar en las buenas y en las malas por ser una persona muy valiosa en mí vida.*

*Agradezco quien más que compañeros son amigos que cuestiones del destino logramos unirnos formando una fuerte amistad y viviendo historias que difícilmente olvidaremos.*

*No puedo dejar de mencionar a mí amigo de tesis Jonatan Utreras que empezamos con proyecto que nos enseñó mucho.*

*Agradezco al director de proyecto por su apoyo y por todos los conocimientos impartidos.*

*René Reinaldo Recalde Regalado*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARATULA

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxii
RESÚMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv

### CAPÍTULO I

#### MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.	Desarrollo metodológico.....	1
1.1	Antecedentes investigativos.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Descripción resumida del proyecto .....	3
1.4	Justificación e importancia .....	4
1.5	Objetivos.....	4
1.5.1	Objetivo general .....	4
1.5.2	Objetivos específicos.....	5

1.6	Metas .....	6
1.7	Hipótesis .....	6
1.8	Variables de investigación.....	6
1.8.1	Variable dependiente .....	6
1.8.2	Variable independiente.....	7
1.9	Metodología de desarrollo del proyecto.....	8
1.9.1	Método deductivo .....	8
1.9.2	Método inductivo .....	9
1.9.3	Método analítico .....	9
1.9.4	Método sintético .....	9
1.9.5	Método experimental. ....	9
1.9.6	Método comparativo .....	10
1.9.7	Método de medición .....	10
1.9.8	Método matemático .....	10

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

2.1	Introducción .....	13
2.2	Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T.....	14
2.2.1	Cilindrada total.....	15
2.2.2	Cilindrada unitaria.....	15
2.2.3	Volumen de la cámara.....	16
2.2.4	Volumen total del cilindro.....	16

2.2.5	Sección del pistón .....	16
2.2.6	Presión de admisión .....	17
2.2.7	Temperatura en admisión .....	17
2.2.8	Presión de compresión .....	18
2.2.9	Temperatura en compresión.....	18
2.2.10	Presión en explosión.....	18
2.2.11	Temperatura en escape .....	19
2.2.12	Presión media indicada.....	19
2.2.13	Rendimiento mecánico .....	20
2.2.14	Rendimiento indicado .....	20
2.3	Twin Cam.....	21
2.3.1	Características técnicas cabezote Twin Cam .....	21
2.3.2	Reseña histórica.....	23
2.3.3	Generalidades .....	24
2.4	Culata o Cabezote.....	25
2.4.1	Características constructivas.....	27
2.5	Relación de compresión.....	28
2.6	Sistema de distribución .....	29
2.7	Levas y árbol de levas. ....	31
2.8	Transmisión por cadena.....	32
2.9	Taques hidráulicos .....	33
2.9.1	Ventajas .....	33

2.10	Sistema de inyección electrónica .....	34
2.10.1	Generalidades .....	34
2.10.2	Ventajas del sistema de inyección electrónica .....	35
2.10.3	Inyección multipunto .....	35
2.11	Colector de admisión .....	36
2.12	Cuerpo de aceleración “Intake Throttle body” (ITB) .....	37
2.13	Sensores .....	38
2.13.1	Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS) .....	38
2.13.2	Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión .....	39
2.13.3	Sensor de posición del cigüeñal (CKP) .....	41
2.13.4	Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) .....	42
2.13.5	Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) .....	43
2.14	Actuadores .....	44
2.14.1	Inyectores .....	44
2.14.2	Sistema de encendido DIS .....	46
2.14.3	Bomba de combustible .....	47
2.15	Computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	48
2.15.1	Parámetros básicos para el montaje de ECU, MegaSquirt .....	49
2.15.2	Distribución de pines de la computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	50
2.15.3	Diagrama de Instalación .....	52
2.15.4	Selección de software dedicado .....	52
2.16	Bluetooth .....	54

2.17	Mapeo de variables .....	55
------	--------------------------	----

### **CAPÍTULO III**

## **SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TWIN CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO**

3.1	Introducción .....	57
3.2	Características técnicas del motor .....	58
3.3	Computadora reprogramable. ....	58
3.3.1	Diagrama eléctrico de la computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	60
3.4	Sensores y actuadores .....	60
3.4.1	Descripción de sensores. ....	60
3.4.2	Características de los actuadores .....	62
3.5	Conector DB9 .....	63
3.5.1	Pines de salida .....	63
3.6	Bluetooth.....	64
3.6.1	Especificaciones Bluetooth.....	65
3.6.2	Software Dedicado .....	65
3.7	Equipos utilizados en la investigación .....	66
3.7.1	Dinamómetro.....	66
3.7.2	Analizador de gases.....	67
3.8	Prueba dinámica de potencia, torque, consumo de combustible, con el vehículo a carburador.....	68
3.8.1	Prueba de potencia y torque. ....	68

3.8.2	Prueba de consumo de combustible.....	71
3.9	Implementación del sistema Twin Cam .....	74
3.9.1	Cabezote Nissan A12.....	75
3.9.2	Adaptación del cabezote Twin Cam.....	75
3.10	Implementación y programación de la ECU MegaSquirt-II. ....	82
3.10.1	Instalación de los componentes de la ECU .....	82
3.10.2	Instalación del sistema inalámbrico.....	85
3.10.3	Desarrollo de la programación de la ECU MegaSquirt-II.....	86
3.11	Mapeo de la computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	89
3.11.1	Primer mapeo de la computadora reprogramable .....	90
3.11.2	Resultados de las pruebas de potencia y torque de la primera reprogramación.....	91
3.11.3	Pruebas de consumo de combustible primera reprogramación.....	93
3.11.4	Segundo mapeo de la computadora reprogramable. ....	93
3.11.5	Resultados de la prueba de potencia y torque. ....	94
3.11.6	Prueba de consumo de combustible segunda reprogramación.....	96
3.11.7	Tercer mapeo de la computadora reprogramable. ....	97
3.11.8	Resultados de las pruebas de potencia y torque.....	98
3.11.9	Prueba de consumo de combustible tercera reprogramación .....	100
3.12	Cálculos.....	100

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE PRUEBA DINÁMICA DE DESEMPEÑO, CONSUMO Y EMISIONES.**

4.1	Análisis comparativo de potencia y torque. ....	106
4.1.1	Primera reprogramación.....	106
4.1.2	Segunda reprogramación.....	107
4.1.3	Tercera reprogramación.....	108
4.2	Comparación de consumo de combustible.....	112

## **CAPÍTULO V**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1	Recursos.....	114
5.1.1	Recursos humanos.....	114
5.1.2	Recursos tecnológicos.....	114
5.1.3	Recursos materiales.....	115
5.1.4	Recursos financieros.....	115

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>
--------------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>119</b>
-----------------------------	------------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>
--	------------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>125</b>
--------------------	------------

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable Dependiente: Desempeño térmico y mecánico.....	6
Tabla 2. Variable Independiente: Sistema distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.....	7
Tabla 3. Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto.....	10
Tabla 4. Distribución de pines MegaSquirt-II .....	50
Tabla 5. Características del motor Nissan A12 .....	58
Tabla 6. Características de la computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	58
Tabla 7. Descripción de sensores.....	61
Tabla 8. Características de los actuadores .....	62
Tabla 9. Distribución de pines puerto DB9.....	64
Tabla 10 Especificaciones Bluetooth clase 1 RS232.....	65
Tabla 11. Procedimiento de instalación de TunerStudio. ....	66
Tabla 12. Resolución y rango de mediciones .....	68
Tabla 13. Proceso de prueba de Dinamómetro. ....	69
Tabla 14. Prueba de consumo de combustible. ....	72
Tabla 15. Resultados del consumo de combustible. ....	73
Tabla 16. Instalación de componentes .....	82
Tabla 17. Procedimiento de instalación del Bluetooth.....	85
Tabla 18. Procedimiento de programación .....	86
Tabla 19. Primera reprogramación. ....	90
Tabla 20. Resultados de consumo. ....	93
Tabla 21. Segunde reprogramación. ....	94

Tabla 22. Resultados de prueba de consumo de combustible.....	96
Tabla 23. Tercera reprogramación. ....	97
Tabla 24. Resultados de prueba de consumo de combustible.....	100
Tabla 25. Características de motor Nissan A12.....	101
Tabla 26. Porcentaje de ganancia de la potencia con la primera reprogramación. .	106
Tabla 27. Porcentaje de ganancia de torque con la primera reprogramación. ....	107
Tabla 28. Porcentaje de ganancia de la potencia con la segunda reprogramación.	107
Tabla 29. Porcentaje de ganancia de la torque con la segunda reprogramación. ...	107
Tabla 30. Porcentaje de ganancia de la potencia con la tercera reprogramación. ..	108
Tabla 31. Porcentaje de ganancia de torque con la tercera reprogramación. ....	108
Tabla 32. Graficas de potencia y torque .....	110
Tabla 33. Promedio de consumo de combustible .....	112
Tabla 34. Porcentaje de consumo de combustible. ....	113
Tabla 35. Recursos humanos del proyecto.....	114
Tabla 36. Recursos tecnológicos del proyecto.....	115
Tabla 37. Recursos materiales del proyecto .....	115
Tabla 38. Costo de la implementación del sistema de twin cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.....	116
Tabla 39. Costo de pruebas realizadas. ....	116

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Análisis del planteamiento del problema .....	2
Figura 2. Metodología de desarrollo del proyecto.....	8
Figura 3. Carburador Datsun 120Y.....	13
Figura 4. Diagrama presión volumen.....	14
Figura 5. Disposición de un cilindro de 4 válvulas .....	21
Figura 6. Culata Twin Cam.....	21
Figura 7. Motor Twin Cam Nissan A12.....	24
Figura 8. Cabezote.....	25
Figura 9. Sistema de distribución de doble árbol de levas .....	30
Figura 10. Componentes del cabezote.....	30
Figura 11. Accionamiento de la válvula .....	31
Figura 12. Accionamiento directo en indirecto de las válvulas .....	32
Figura 13. Mando de distribución por cadena.....	32
Figura 14. Despiece de un taqué hidráulico .....	33
Figura 15. Inyección multipunto.....	36
Figura 16. Colector de admisión.....	37
Figura 17. Cuerpo de aceleración ITB.....	37
Figura 18. Sensor TPS.....	38
Figura 19. Circuito eléctrico del Sensor TPS .....	39
Figura 20. Sensor MAP incorporado .....	40
Figura 21. Circuito eléctrico del Sensor MAP .....	40
Figura 22. Sensor CKP .....	41
Figura 23. Circuito eléctrico del sensor inductivo CKP. ....	42

Figura 24. Sensor ECT.....	42
Figura 25. Circuito eléctrico del sensor ECT .....	43
Figura 26. Sensor IAT .....	44
Figura 27. Circuito eléctrico del sensor IAT .....	44
Figura 28. Inyector .....	45
Figura 29. Entrega de combustible por el inyector.....	46
Figura 30. Bobina de encendido DIS.....	46
Figura 31. Bomba eléctrica de combustible de una etapa .....	47
Figura 32. Bomba eléctrica de combustible .....	48
Figura 33. Computadora reprogramable MegaSquirt-II .....	49
Figura 34. Diagrama de conexión MegaSquirt-II .....	52
Figura 35. Software TunerStudio MS. ....	53
Figura 36. Programación a través del software. ....	53
Figura 37. Sistema Bluetooth aplicado al automóvil. ....	54
Figura 38. Mapa de inyección .....	55
Figura 39. Mapa de ignición .....	56
Figura 40. Diagrama eléctrico MegaSquirt-II .....	60
Figura 41. Conector DB9.....	63
Figura 42. Pines DB9 .....	64
Figura 43. Bluetooth clase 1 RS232 .....	65
Figura 44. Dinamómetro SAENZ.....	67
Figura 45. Sistema de adquisición de datos. ....	67
Figura 46. Analizador Brain Bee AGS-688 .....	68
Figura 47. Curva de torque y potencia motor estándar.....	70
Figura 48. Datos de Potencia y Torque. ....	71

Figura 49. Consumo de combustible.....	74
Figura 50. Datsun A12 Twin Cam.....	74
Figura 51. Datsun A12 carburador .....	75
Figura 52. Desmontaje del motor .....	76
Figura 53. Visualización de datos.....	76
Figura 54. Geometría de empaques.....	77
Figura 55. Pernos de sujeción.....	77
Figura 56. Catálogo de empaque .....	78
Figura 57. Cabezote adaptado al block .....	78
Figura 58. Pruebas de relación de compresión .....	79
Figura 59. Armado del cabezote.....	79
Figura 60. Sistema de distribución. ....	80
Figura 61. Torque de los pernos.....	80
Figura 62. Taques mecánicos. ....	81
Figura 63. Armado sistema de distribución.....	81
Figura 64. Cuerpo de aceleración. ....	82
Figura 65. Relación Aire Combustible. ....	90
Figura 66. Resultados de torque y potencia. ....	92
Figura 67. Curvas de potencia y torque.....	92
Figura 68: Tendencia de consumo de combustible. ....	93
Figura 69. Datos de torque y potencia.....	95
Figura 70. Curvas de toque y potencia.....	96
Figura 71. Tendencia de consumo de combustible. ....	96
Figura 72. Datos de torque y potencia.....	99
Figura 73. Curvas de potencia y torque.....	99

Figura 74. Tendencia de consumo de combustible. ....	100
Figura 75. Valore de potencia máxima. ....	109
Figura 76. Valores de torque. ....	109
Figura 77. Valore de ganancia neta de potencia. ....	111
Figura 78. Valores de ganancia neta de torque máximo.....	111
Figura 79. Estadísticas de consumo de combustible. ....	112
Figura 80. Porcentaje de consumo de combustible. ....	113

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Rendimiento del ciclo .....	14
Ecuación 2: Cilindrada total .....	15
Ecuación 3: Cilindrada unitaria .....	15
Ecuación 4: Volumen de la cámara de compresión .....	16
Ecuación 5: Volumen total del cilindro .....	16
Ecuación 6: Área del pistón .....	16
Ecuación 7: Presión de admisión .....	17
Ecuación 8: Densidad de la carga de admisión .....	17
Ecuación 9: Temperatura de admisión .....	17
Ecuación 10: Presión de compresión .....	18
Ecuación 11: Temperatura en compresión .....	18
Ecuación 12: Presión en explosión.....	18
Ecuación 13: Coeficiente real de variación molecular .....	19
Ecuación 14: Temperatura en escape.....	19
Ecuación 15: Presión indicada no redondeada .....	19
Ecuación 16: Presión media del ciclo .....	20
Ecuación 17: Rendimiento mecánico .....	20
Ecuación 18: Rendimiento indicado .....	20
Ecuacion 19. Relación de compresión.....	29

## RESÚMEN

En el desarrollo de la investigación se recopiló información de fuentes confiables como libros, tesis, artículos científicos, manuales de fabricantes. Se investigó sobre tipos de cabezotes, donde se tomó en cuenta sus características. Además, tipos de software y hardware especializado para la reprogramación de la unidad de control electrónico (ECU). Se obtuvo las características iniciales del motor Nissan A12 antes de la adaptación Twin Cam y modificación electrónica, a través de la medición de las curvas de torque, potencia en el dinamómetro de rodillos, analizando los parámetros del motor que deben modificarse para aumentar su desempeño. Mediante fórmulas matemáticas, datos característicos del motor e investigación académica se logró obtener la adaptación del sistema Twin Cam. El control electrónico del motor se realizó con la implementación de la conexión de la ECU reprogramable. El hardware y software especializado permite modificar los mapas tridimensionales de eficiencia volumétrica y avance de encendido. Finalmente, se desarrolló las pruebas de torque, potencia y consumo de combustible con las diferentes configuraciones de programación para determinar el desempeño mecánico del motor de combustión interna.

### **PALABRA CLAVE**

- **MOTOR NISSAN A12**
- **MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**
- **AUTOMÓVILES - TWIN CAM**
- **AUTOMÓVILES - MÓDULO DE CONTROL PROGRAMABLE**

## **ABSTRACT**

In the development of the research information was collected from reliable sources such as books, theses, scientific articles, manufacturers' manuals. It was investigated on types of heads, where its characteristics were taken into account. In addition, types of software and specialized hardware for the reprogramming of the electronic control unit (ECU). The initial characteristics of the Nissan A12 engine were obtained before the Twin Cam adaptation and electronic modification, through the measurement of torque curves, power in the roller dynamometer, analyzing the parameters of the engine that must be modified to increase its performance. Through mathematical formulas, characteristic motor data and academic research, the adaptation of the Twin Cam system was achieved. The electronic control of the motor was carried out with the implementation of the reprogrammable ECU connection. The specialized hardware and software allows to modify the three-dimensional maps of volumetric efficiency and ignition advance. Finally, the torque, power and fuel consumption tests were developed with the different programming configurations to determine the mechanical performance of the internal combustion engine.

### **KEYWORD**

- **MOTOR NISSAN A12**
- **INTERNAL COMBUSTION ENGINES**
- **AUTOMOBILES - TWIN CAM**
- **AUTOMOBILES - PROGRAMMABLE CONTROL MODULE**

## CAPÍTULO I

### MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1. DESARROLLO METODOLÓGICO.

##### 1.1 Antecedentes investigativos

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

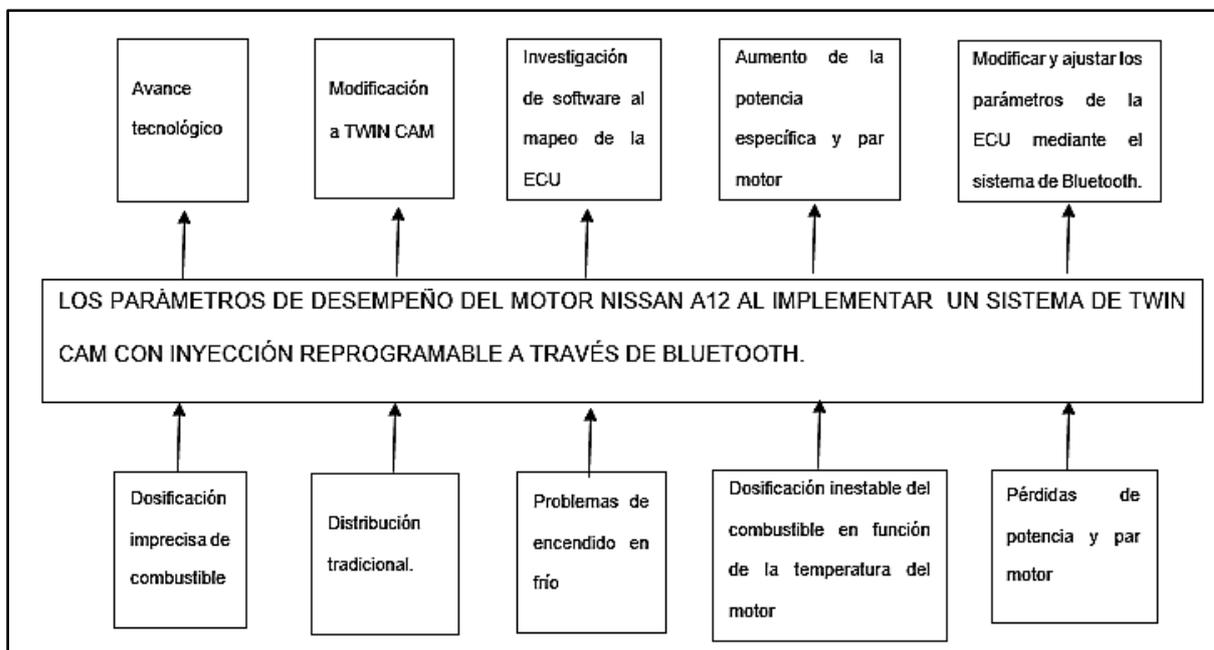
Romero (2006), expone que: El sistema electrónico de inyección tiene una unidad electrónica de control (ECU), que almacena las señales provenientes de los sensores instalados en los diferentes subsistemas del motor donde reciben información tales como: temperatura y presión atmosférica, contenido de oxígeno en los gases de escape y las posiciones del cigüeñal medida en rpm como la posición de la mariposa de aceleración medida en porcentajes. En función de esta información, la ECU basándose en métodos de control inteligente grabados o incorporados, elabora las órdenes para los actuadores.

Orovio (2010), menciona que: “La utilización del cabezote Twin Cam contribuyó en el avance de la industria automotriz, reduciendo al máximo los sistemas intermediarios entre el árbol de levas y las válvulas, ubicando las barras de levas sobre las válvulas por medio de propulsores hidráulicos, mecánicos o calibrables”.

Romero (2006), expone que: Los mapeos de variables del motor son registros bidimensionales y/o tridimensionales de los parámetros funcionales de éste. Estos mapas son construidos para variables de interés, esto si se dispone de un sistema de adquisición de datos y por supuesto de un motor instrumentado adecuadamente. Es de aclarar que cuando se habla de grabar alguna cartografía específica en la

memoria de un microcontrolador del módulo del control electrónico, se está hablando de grabar las coordenadas de la cartografía como matrices.

## 1.2 Planteamiento del problema



**Figura 1.** Análisis del planteamiento del problema

La dosificación imprecisa en sistemas de combustible por carburador, así como sistemas de distribución tradicionales influye que los motores tengan el adecuado desempeño, esto por problemas en el encendido, relaciones de aire combustible.

Con el avance tecnológico aplicado en área automotriz existen sistemas de árboles de levas o Twin Cam que enlazados con el uso de software especializado permitirán tener un aumento de potencia y realizar las modificaciones y ajustes en los parámetros de desempeño mecánico, térmico, eléctrico y electrónico.

Por lo tanto el problema a investigar, son parámetros de desempeño del motor Nissan A12 al implementar un sistema de Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.

Si se interviene la gestión electrónica del motor en la que su unidad de control electrónico se ven modificadas y ajustadas en sus parámetros de funcionamiento se obtiene tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida.

### **1.3 Descripción resumida del proyecto**

Se realizó investigación en fuentes bibliográficas confiables como artículos científicos y publicaciones de sitios web, con lo cual se determinó las características generales, funcionamiento y la comunicación que existe entre los elementos y el equipo utilizado en dicha investigación.

Se realizó el levantamiento de requerimientos para implementar un sistema de distribución Twin Cam en un motor convencional o tradicional.

Se realizó la selección de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos para desarrollar la implementación de un sistema Twin Cam reprogramable mediante un sistema inalámbrico.

Se realizó pruebas de desempeño en el motor convencional para estimar su rendimiento o desempeño.

Se implementó el sistema de distribución Twin Cam, en el motor a carburador, utilizando componentes mecánicos necesarios para la conversión de culata a un sistema de distribución Twin Cam, el carburador a un sistema electrónico de inyección.

Se reprogramó la ECU a través de un sistema inalámbrico, un mapeo tridimensional con software, para obtener mejoras en el desempeño del motor de combustión interna. A través de trucaje mecánico y electrónico se aumenta potencia del motor.

Se determinó los parámetros característicos del motor en función de la reprogramación de la ECU. Las pruebas se realizarán antes y después de la

implementación y mapeo con software, al motor de Nissan A12, para obtener datos concisos de desempeño.

Se recopiló y tabuló la información de la experimentación realizada, obteniendo así una base para fundamentar la investigación.

#### **1.4 Justificación e importancia**

En vista de que los motores a carburador generan una imprecisa dosificación de combustible tienen problemas de arranque en frío, la dosificación es inestable y sus parámetros no son los adecuados.

Los avances tecnológicos siguen realizando innovaciones en el área automotriz en lo que es distribución, alimentación, frenos a través del uso de software y hardware especializado.

Los sistemas de inyección han ido evolucionando y perfeccionándose con el paso de los años, por lo que ahora existe diversos tipos como los es la inyección electrónica, sistema multipunto, inyección directa.

Además el proyecto permitió establecer una comparativa acerca del desempeño del motor antes y después de ejecutar la implementación del sistema Twin Cam, e inyección electrónica reprogramable, el cual estuvo sometido a la reprogramación de la ECU mediante un sistema inalámbrico. Bajo este parámetro, se tomó como referencia a personas dedicadas a competencias automovilísticas que requieren aumentar la potencia de sus vehículos.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Investigar los parámetros de desempeño del motor Nissan A12 al instalar un sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través del sistema

inalámbrico.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica referente a los sistemas de inyección utilizados en la transformación de carburador a inyección, tomando como referencia un motor Nissan A12.
- Establecer los requerimientos de adaptabilidad de los sistemas distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico en el motor Nissan A12.
- Selección de elementos eléctricos, electrónicos para la implementación del sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Selección de software y hardware para la inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Realizar la medición de los parámetros mecánicos del motor en el Nissan A12 con sistema convencional.
- Realizar la medición de los parámetros mecánicos del motor Nissan A12 implementado los sistemas de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Efectuar la reprogramación de la ECU a través de software.
- Realizar la comparación de parámetros térmicos, mecánicos en las diferentes configuraciones.

## 1.6 Metas

- Implementación del sistema distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Elevar el desempeño del motor de combustión interna de la serie Nissan A12 entre un 15% o 20% en las curvas de potencia y torque determinadas en las pruebas realizadas en el dinamómetro.
- Mediante la reprogramación de la ECU, obtener de 2 a 3 mapas en diferentes condiciones de funcionamiento del motor Nissan A12.

## 1.7 Hipótesis

La implementación de los sistemas distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, en el motor Nissan A12 mejora sus parámetros térmicos y mecánicos.

## 1.8 Variables de investigación

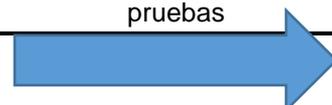
### 1.8.1 Variable dependiente

**Tabla 1.**

*Variable Dependiente: Desempeño térmico y mecánico*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Desempeño térmico que produce energía mecánica por el aprovechamiento de la energía térmica almacenada en un fluido por medio de una combustión	Parámetros característicos del motor de combustión interna encendido por chispa	Torque		Matematización Medición	Protocolo de pruebas
		Potencia	Kw	Matematización Medición	Protocolo de pruebas
almacenada en un fluido por medio de una combustión	Contaminación	Niveles de emisiones	%CO %CO2 %O2 Ppm HC	Medición	Protocolo de pruebas
		Rendimiento Térmico	%	Matematización	Protocolo de pruebas

**CONTINÚA**



Potencial para producir trabajo y energía	Rendimiento Mecánico	%	Matematización	Protocolo de pruebas
	Rendimiento Indicado	%	Matematización	Protocolo de pruebas
	Rendimiento Volumétrico	%	Matematización	Protocolo de pruebas
Consumo de combustible	Experimental	Gal/Km	Matematización Medición	Protocolo de pruebas

## 1.8.2 Variable independiente

Sistema distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.

**Tabla 2.**

*Variable Independiente: Sistema distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es un sistema de distribución que utiliza dos árboles de levas, ubicado las barras de levas sobre las válvulas por medio de propulsores hidráulicos, mecánicos o calibrables.	Parámetros mecánicos	Número de levas	U	Catálogos	Protocolo de pruebas
		Alzada número de levas	U	Catálogos Manual	Protocolo de pruebas
		Número de revoluciones	U	Catálogos	Protocolo de pruebas
La reprogramación de la centralita electrónica del vehículo es una práctica habitual para aumentar el par y la potencia del motor.	Parámetros electrónico de sensores	Número de inyectores	U	Medición	Protocolo de pruebas
		MAF	Psi	Medición	Protocolo de pruebas
		TPS	Grados		
		EGO	%		
		ECT	°C		
CKP	Rpm				
Avance de inyección	°C	Medición	Protocolo de pruebas		
Angulo de encendido	°C	Medición	Protocolo de pruebas		

CONTINÚA



## 1.9 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO



**Figura 2.** Metodología de desarrollo del proyecto.

### 1.9.1 Método deductivo

En la investigación se empleó el método deductivo que permitió determinar el desempeño del motor Nissan A12 al que se le implementó un sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, mediante los resultados obtenidos del método experimental que determinó si el sistema es adecuado para obtener un mejor desempeño y eficiencia.

### **1.9.2 Método inductivo**

Este método permitió que mediante la implementación de un sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, se obtuvo mapas de inyección y avance de encendido por medio de la experimentación de acuerdo a las modificaciones de las mismas con el objetivo de obtener conclusiones finales.

### **1.9.3 Método analítico**

Este método se aplicó al análisis de los resultados. Se partió de la exploración de los datos que se obtuvo en la recolección, los cuales fueron examinados en cada variable con la ejecución de programas computarizados, de este modo se interpretó las pruebas realizadas y compararlas con las metas planteadas en la investigación.

### **1.9.4 Método sintético**

En el desarrollo esta investigación se obtuvo datos sobre los parámetros térmicos y mecánicos del motor Nissan A12, con la ayuda de este método se recopiló y resumió los resultados obtenidos. Los cuales nos permitieron implementar los sistemas Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.

### **1.9.5 Método experimental.**

Mediante la experimentación se obtuvo parámetros adecuados para el motor Nissan A12, con la ayuda de instrumentos de medición, metodologías para su desarrollo y hacer una comparación de un antes y después de la aplicación del proyecto para calcular los datos analizados.

### 1.9.6 Método comparativo

Este método permitió establecer comparaciones y datos técnicos respecto al desempeño del motor a carburador, con el sistema Twin Cam y finalmente con el sistema de inyección de combustible reprogramable, mediante un sistema inalámbrico del motor Nissan A12.

### 1.9.7 Método de medición

Este método permitió saber los datos reales del aumento de la potencia y torque del vehículo Nissan A12 implementado el sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, las cuales fueron llevadas a cabo mediante el uso del dinamómetro según las normas ISO 1585; las unidades con las que se trabajaron fueron tomadas en cuenta de acuerdo a las escalas de los equipos utilizados.

### 1.9.8 Método matemático

Mediante las diferentes pruebas realizadas y datos obtenidos del motor Nissan A12 se efectuó los cálculos y comparación de los parámetros térmicos y mecánicos basados en las ecuaciones consultadas.

**Tabla 3.**

*Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevará a cabo el proyecto*

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
<b>Método deductivo</b>	En la investigación se empleó el método deductivo que permitió determinar el desempeño del motor Nissan A12 al que se le implemento un sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, mediante los resultados obtenidos del método experimental que determino si el	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor Nissan A12</li> <li>• Dinamómetro</li> </ul>	Laboratorio de Autotrónica ESPE-L  Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L

CONTINÚA



	sistema es adecuado para obtener un mejor desempeño y eficiencia.		
<b>Método inductivo</b>	Este método permitió que mediante la implementación de un sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, se obtuvo mapas de inyección y avance de encendido por medio de la experimentación de acuerdo a las modificaciones de las mismas con el objetivo de obtener conclusiones finales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor Nissan A12</li> <li>• Dinamómetro de rodillos</li> </ul>	<p>Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L</p> <p>Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L</p>
<b>Método analítico</b>	Este método se aplicó al análisis de los resultados. Se partió de la exploración de los datos que se obtuvo en la recolección, los cuales fueron examinarlos en cada variable con la ejecución de programas computarizados, de este modo se interpretó las pruebas realizadas y compararlas con las metas planteadas en la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Software Office 2017</li> <li>• Microsoft Word</li> <li>• Microsoft Excel</li> </ul>	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE_L</p> <p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p>
<b>Método sintético</b>	En el desarrollo esta investigación se obtuvo datos sobre los parámetros térmicos y mecánicos del motor Nissan A12, con la ayuda de este método se recopiló y resumió los resultados obtenidos. Los cuales nos permitieron implementar los sistemas Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Software Office 2017</li> <li>• Microsoft Word</li> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Software CAD</li> </ul>	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE_L</p> <p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p>
<b>Método experimental.</b>	Mediante la experimentación se obtuvo parámetros adecuados para el motor Nissan A12, con la ayuda de instrumentos de medición, metodologías para su desarrollo y hacer una comparación de un antes y después de la aplicación del proyecto para calcular los datos analizados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Software Office 2017</li> <li>• Microsoft Word</li> <li>• Microsoft Excel</li> </ul>	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE_L</p> <p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p>
<b>Método comparativo</b>	Este método permitió establecer comparaciones y datos técnicos respecto al desempeño del motor a carburador, con el sistema Twin Cam y finalmente con el sistema de inyección de combustible reprogramable, mediante un sistema inalámbrico del motor Nissan A12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• software CAD</li> <li>• Inventor</li> <li>• Ansys</li> <li>• dinamómetro</li> </ul>	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE_L</p> <p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p>

CONTINÚA



---

<b>Método de medición</b>	<p>Este método permitió saber los datos reales del aumento de la potencia y torque del vehículo Nissan A12 implementado el sistema de distribución Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, las cuales fueron llevadas a cabo mediante el uso del dinamómetro según las normas ISO 1585; las unidades con las que se trabajaron fueron tomadas en cuenta de acuerdo a las escalas de los equipos utilizados.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dinamómetro</li><li>• Motor Nissan A12</li></ul>	<p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p> <p>Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L</p>
<b>Método matemático</b>	<p>Mediante las diferentes pruebas realizadas y datos obtenidos del motor Nissan A12 se efectuó los cálculos y comparación de los parámetros térmicos y mecánicos basados en las ecuaciones consultadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computadora</li><li>• Software Office 2017</li><li>• Microsoft Word</li><li>• Microsoft Excel</li></ul>	<p>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE_L</p> <p>Laboratorio de Autotrónica ESPE-L</p>

---

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Introducción

En la publicación Conesa (2011), define que:

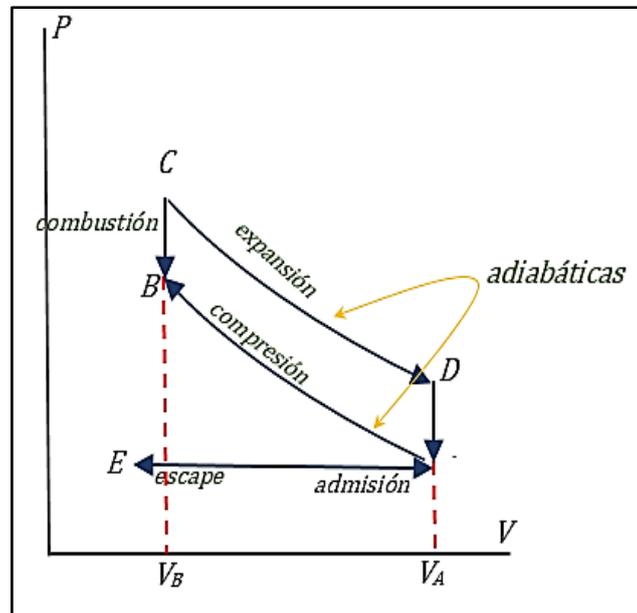
El sistema de alimentación de combustible de un motor Otto consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible que vaporiza o atomiza el combustible desde el estado líquido, en las proporciones correctas para poder ser quemado. Se llama carburador al dispositivo que hasta ahora venía siendo utilizado con este fin en los motores Otto. Ahora los sistemas de inyección de combustible lo han sustituido por completo por motivos medioambientales. Su mayor precisión en el dosaje de combustible inyectado reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>, y aseguran una mezcla más estable. En los motores diésel se dosifica el combustible gasoil de manera no proporcional al aire que entra, sino en función del mando de aceleración y el régimen motor (mecanismo de regulación) mediante una bomba inyectora de combustible. ( p. 4).



**Figura 3.** Carburador Datsun 120Y

## 2.2 Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T

En los estudios realizados por JÓVaj (1982) indica que “Un ciclo Otto ideal modela el comportamiento de un motor de encendido por chispa. Este ciclo está formado por seis pasos”, según se indica en la figura 2.



**Figura 4.** Diagrama presión volumen

El rendimiento de este ciclo viene dado por la siguiente ecuación

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

**Ecuación 1:** Rendimiento del ciclo

$\eta$  = Rendimiento

$\epsilon$  = Relación de compresión

$\gamma$  = Relación de volumen  $V_A / V_B$

- Admisión (E-A)

Para determinar que es un proceso isobárico de E-A desde un análisis teórico se considera la presión atmosférica como una constante.

- Compresión (A-B)

Este es un proceso adiabático ya que no se asume el intercambio de calor con el ambiente teóricamente. Se modela como curva adiabática reversible de A-B, ya que no se toma en realidad factores irreversibles como la fricción.

- Combustión (B-C-D)

Este es un proceso isocora de B-C. La velocidad de propagación de la llama producida por la combustión, empuja al pistón hacia abajo, este proceso muy rápido se aproxima a una curva adiabática reversible de C-D.

- Escape (D-A-E)

Este proceso es abierto por el intercambio de masa teóricamente.

### 2.2.1 Cilindrada total

$$VH = 4Vh$$

**Ecuación 2:** Cilindrada total

$VH$  = Cilindrada Total. (cc.)

$Vh$  = Cilindrada unitaria. (cc.)

### 2.2.2 Cilindrada unitaria

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

**Ecuación 3:** Cilindrada unitaria

$\theta$  = Diámetro del pistón (cm.)

$s$  = Carrera del pistón (cm.)

### 2.2.3 Volumen de la cámara

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

**Ecuación 4:** Volumen de la cámara de compresión

$V_c$  = Volumen de la cámara (cc)

$\varepsilon$  = Relación de compresión (adimensional)

### 2.2.4 Volumen total del cilindro

$$V_a = V_c + V_h$$

**Ecuación 5:** Volumen total del cilindro

$V_a$  = Volumen total del cilindro (cc.)

### 2.2.5 Sección del pistón

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

**Ecuación 6:** Área del pistón

### 2.2.6 Presión de admisión

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

**Ecuación 7:** Presión de admisión

$P_a$  = Presión de admisión (MPa)

$P_o$  = Presión inicial (MPa)

$\beta$  = Coeficiente de amortiguación de la velocidad de la carga en la sección examinada del cilindro (adimensional)

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

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

$\rho_o$  = Densidad de la carga de admisión (Kg/m<sup>3</sup>)

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

**Ecuación 8:** Densidad de la carga de admisión

$R$  = Constante universal de los gases. 286,9 N\*m/ Kg °K

$T_o$  = Temperatura inicial según condiciones de altura

### 2.2.7 Temperatura en admisión

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

**Ecuación 9:** Temperatura de admisión

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

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

$\gamma_r$  = Coeficiente de gases residuales (adimensional)

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

### 2.2.8 Presión de compresión

$$P_c = P_a \epsilon^{n1-1}$$

**Ecuación 10:** Presión de compresión

$P_c$  = Presión en el ciclo de compresión (MPa)

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

### 2.2.9 Temperatura en compresión

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

**Ecuación 11:** Temperatura en compresión

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

### 2.2.10 Presión en explosión

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

**Ecuación 12:** Presión en explosión

$P_z$  = Presión en el tiempo de explosión (MPa)

$\mu_r$  = Coeficiente real de variación molecular (adimensional)

$$\mu_r = \frac{\mu_o + \gamma_r}{1 + \gamma_r} P_c$$

**Ecuación 13:** Coeficiente real de variación molecular

$\mu_o$  = Coeficiente teórico de variación molecular = 1,08 (adimensional)

$P_b$  = Presión en el tiempo de escape (MPa)

$n_2$  = Coeficiente politrópico de expansión. (Adimensional)

### 2.2.11 Temperatura en escape

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

**Ecuación 14:** Temperatura en escape.

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

### 2.2.12 Presión media indicada

En sus estudios Jójav (1982), dice que “es la presión manométrica convencional de acción constante con cual el trabajo realizado por los gases durante una carrera del pistón es igual al trabajo indicado correspondiente del ciclo”. Como se indica en la ecuaciones 15.

$$p_{i nr} = P_0 \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$$

**Ecuación 15:** Presión indicada no redondeada

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

**Ecuación 16:** Presión media del ciclo

$p_i$  = Presión media indicada (MPa)

$\phi$  = Factor de redondeamiento = 0.97

### 2.2.13 Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{Ne}{Ni}$$

**Ecuación 17:** Rendimiento mecánico

$Ne$  = Potencia efectiva (Kw)

$Ni$  = Potencia indicada (Kw)

### 2.2.14 Rendimiento indicado

Mediante las ecuaciones establecidas por Payri & Desante (2011) dice que: “Esta relación entre la potencia indicada desarrollada por el motor y la potencia térmica del combustible”.

$$\eta_i = \frac{P_i * V_h * n * i}{30 * \tau}$$

**Ecuación 18:** Rendimiento indicado

$\eta_i$  = Rendimiento indicado (%)

$PCI$  = Poder calorífico inferior (KJ/Kg)

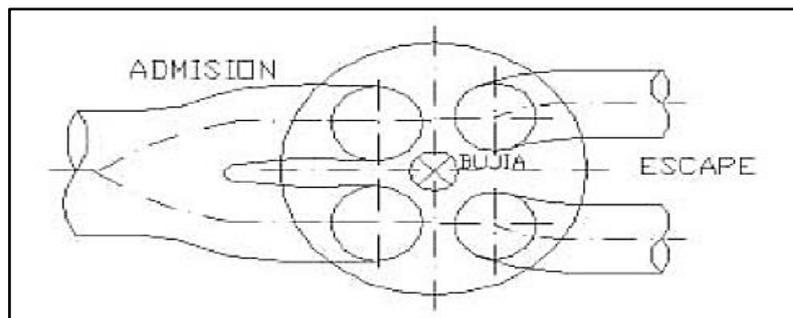
$m_f$  = Gasto másico de combustible (Kg/s)

## 2.3 Twin Cam

### 2.3.1 Características técnicas cabezote Twin Cam

Según el estudio realizado por Flórez (2005), dice que:

Los motores con cuatro válvulas por cilindro (dos de admisión y dos de escape) tienen en común una cámara de combustión semiesférica y que la bujía se encuentra en una posición central, como se observa en las figuras 5 y 6



**Figura 5.** Disposición de un cilindro de 4 válvulas  
Fuente (Flórez, 2005)



**Figura 6.** Culata Twin Cam

En este tipo de culatas existen varias soluciones constructivas, las más utilizadas son:

**Tipo A:** Dos árboles de leva accionados por separado. El accionamiento de las válvulas se realiza por ataque directo de la leva sobre la válvula y el ángulo entre

válvulas es importante ( $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$ ). Este tipo constructivo permite el uso de válvulas de gran diámetro, con una buena permeabilidad de las pipas de admisión y de escape, adaptándose perfectamente a motores de altas prestaciones específicas. También se puede utilizar un sistema de admisión variable por descentraje de uno de los árboles de leva.

**Tipo B:** Dos árboles de levas, uno arrastrado por el otro a través de engranajes. La ventaja principal de esta solución constructiva es su disposición compacta, aunque el diámetro de las válvulas es más pequeño y la aplicación de la admisión variable es más complicada. El ángulo entre válvulas es más reducido ( $20^{\circ}$  - $30^{\circ}$ ) y normalmente el accionamiento de las válvulas es por ataque directo.

**Tipo C:** Un solo árbol de levas centrado. El accionamiento de las válvulas se realiza normalmente a través de balancines y el ángulo entre válvulas puede ser muy variable ( $30^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ). Este tipo constructivo no está muy bien adaptado a motores de altas prestaciones específicas y su diseño se complica por la gran cantidad de superficies de contacto que hay que dimensionar. (p. 388)

En su estudio Orovio (2010), menciona que, “La utilización del cabezote Twin Cam contribuyó en el avance de la industria automotriz, reduciendo al máximo los sistemas intermediarios entre el árbol de levas y las válvulas, ubicando las barras de levas sobre las válvulas por medio de propulsores hidráulicos, mecánicos o calibrables.” (p. 94).

En la actualidad la ubicación del árbol de levas tiene mucha importancia, debido al aumento de potencia que presenta en el motor y la reducción de pérdidas mecánicas en el accionamiento. Generalmente está ubicado en el cabezote y constituido de doble barra de levas o, en el block dispuesto de una sola barra de levas.

El cabezote está construido de hierro fundido, actualmente se fabrica de aluminio debido a la disminución de peso y la capacidad de transferencia de calor que brinda para la combustión.

### **2.3.2 Reseña histórica**

“Conocido generalmente como motor DOHC (doblé overhead camshaft) desde la década de 1920, pero restringido hasta 1980 debido a que era un sistema innovador enfocado para motores de competición (Ferrari, Alfa Romeo, etc.), por el aumento de potencia y la reducción de peso del mismo.

En 1980 estos cabezotes pasan a formar parte de los vehículos comerciales, es así como Fiat incorpora su motor FU con cilindrada desde 1400 hasta los 2000 cc.

Crouce (1993) dice: “Anteriormente existían varias formas de ubicación del árbol de levas, el más conocido era el árbol de levas ubicado en el cabezote, el cual utilizaba empujadores, varillas y balancines para el accionamiento a las válvulas”.

Debido a que el árbol de levas era accionando por medio de un piñón acoplado al volante del motor, se perdía un porcentaje de potencia por los mecanismos que accionaba, sobre todo el ruido, la vibración y generalmente el alto costo para el mantenimiento de estos componentes, género a optar por otra alternativa como es el cabezote Twin Cam.

En la actualidad existen una gran variedad de vehículos que incorporan el cabezote Twin Cam (DOHC), motores como: Chevrolet, Toyota, Nissan, Mitsubishi. Marcas que implementan varias modificaciones una de ellas, el calado de la leva con la que optimizan al máximo la potencia del motor.



**Figura 7.** Motor Twin Cam Nissan A12

### 2.3.3 Generalidades

Según Orovio (2010), pág. 94, para desarrollar el ciclo de funcionamiento del motor las entradas y salidas de gases, se coordinan y controlan a través de un conjunto de elementos denominados distribución del motor.

La utilización del cabezote Twin Cam contribuyó en el avance de la industria automotriz, reduciendo al máximo los sistemas intermediarios entre el árbol de levas y las válvulas, ubicando las barras de levas sobre las válvulas por medio de propulsores hidráulicos, mecánicos o calibrables.

Ecured (2016), menciona: “En los autos modernos el árbol de levas es accionado por una correa de distribución, que comunica las poleas con el volante del motor”. Normalmente los motores twin cam poseen 4 válvulas por cilindro 2 para admisión y 2 para escape.

## 2.4 Culata o Cabezote

Mediante el estudio realizado por Flórez (2005), dice que:

La culata va montada sobre la parte superior del bloque y cierra los cilindros. La culata constituye el corazón del motor, ya que integra la cámara de combustión, junto con la cabeza del pistón, y las válvulas de admisión y escape. Además del sistema de distribución, integra todos los medios de preparación de la mezcla aire combustible, así como los sistemas de encendido (bujía en motores de gasolina) y ayuda de encendido (bujía de incandescencia en motores MEC).

También alberga el sistema de inyección (inyectores de gasolina para las nuevas aplicaciones de inyección directa en motores de gasolina, GDI). Por todas estas razones, el diseño de la culata determina la calidad del proceso de combustión.

Por otro lado, el conjunto formado por la culata, el accionamiento de las válvulas y el sistema de admisión determina el rendimiento volumétrico del motor y en consecuencia sus prestaciones y su comportamiento (deportivo, utilitario, turismo, etc.). (p. 382)



**Figura 8.** Cabezote

Por todos estos motivos, la culata es una pieza fundamental del motor y su diseño comporta gran dificultad debido a las altas sollicitaciones térmicas y mecánicas a las que está sometida. La culata tiene encomendadas gran cantidad de funciones:

- Alimentar los cilindros con aire combustible de forma homogénea, y si hace falta, generar un remolino o swirl en el interior del cilindro.
- Asegurar el escape de los gases resultantes de la combustión.
- Integrar el dispositivo para accionar las válvulas, ya que dicho sistema condiciona la posición y el ángulo de las válvulas en la culata.
- Permitir la circulación del líquido de refrigeración, especialmente en las zonas calientes y/o sensibles (cámaras de combustión, zona entre-válvulas, pipas de escape, junta de culata) para evitar la aparición de grietas que debilitan la resistencia de la culata.
- Permitir la lubricación del árbol de levas y de los contactos leva-palpador.
- Permitir la circulación del aceite hacia los bajos del motor y el tránsito de los gases procedentes del fenómeno blow-by hacia la parte superior del motor.

Ante tal cantidad de solicitudes, las principales dificultades que se deben controlar a la hora de diseñar la culata son:

- Geometría limitada, normalmente en automación por el capó.
- Asegurar una buena resistencia termomecánica del conjunto. Este problema aumenta con los motores de altas prestaciones específicas. Esta resistencia termo-mecánica no es fácil obtenerla debido a la gran cantidad de orificios y galerías que posee la culata.
- Gran rigidez y superficies de contacto bien planas, para asegurar el montaje y la estanqueidad de la junta de culata.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la fatiga térmica debido a los gradientes térmicos.

En los motores destinados a la automatización, en donde el habitáculo del motor es reducido, la culata puede hacer de soporte para otros elementos auxiliares (alternador, compresor de refrigeración, bobinas de encendido) o, a través del extremo del árbol de levas, accionar otros elementos (bomba de vacío para asistencia de frenado o la bomba de asistencia para la dirección).

#### **2.4.1 Características constructivas**

En el estudio realizado por Flórez (2005), dice que:

Una vez se tienen perfiladas las directrices de diseño de la culata, se puede empezar su fabricación. Cabe destacar que, a la hora de diseñar una culata, la fijación de los espesores de las paredes, así como sus dimensiones generales, deben ser lo más uniformes posible, tanto geoméricamente como térmicamente, ya que los desequilibrios térmicos producen grietas en la estructura que la debilitan. No hay que olvidar que la culata es la pieza que soporta mayores temperaturas y por lo tanto es la pieza que mejor refrigerada debe estar, por lo que los conductos y galerías de refrigeración tienen que ser generosos. Las culatas se fabrican mediante un proceso de fundición, actualmente son todas de aleación ligera; los dos materiales más utilizados son:

- AS5U3
- AS7G

Ambos se caracterizan por su peso reducido y su gran capacidad calorífica, con la finalidad de disipar lo más rápidamente posible el calor que desprenden las cámaras de combustión y evitar así los puntos calientes en el interior de la cámara y que podrían ocasionar autoencendido. La mejora constante de los materiales ha permitido aumentar la relación de compresión en las cámaras de combustión y por

lo tanto aumentar las prestaciones específicas del motor y su rendimiento, aunque se pueden encontrar culatas de hierro fundido, ya que éstas son más económicas al no ser necesario el uso de materiales postizos para los asientos y guías de las válvulas.

Posteriormente, para aumentar sus prestaciones mecánicas, se debe aplicar un templado y posteriormente un revenido para disminuir las tensiones internas ocasionadas durante proceso de temple. Será necesario comprobar el correcto espesor de las paredes y que en todos los casos, que la superficie de apoyo con el bloque motor sea totalmente plana, siendo rectificadas para evitar problemas de estanqueidad. (p. 386)

## **2.5 Relación de compresión**

La relación de compresión desempeña un papel muy importante en el cálculo para la repotenciación del motor, entonces por definición la relación de compresión es la cantidad de veces que el volumen del cilindro, sumado 76 con el volumen de la junta de la culata y más el volumen de la cámara de combustión entra dentro de la misma cámara de combustión. Passaniti, (2008).

Es muy importante el poder establecer durante el desarrollo y armado del motor, la relación de compresión de cada cilindro, esto es muy necesario realizarlo para que todos los cilindros tengan la misma compresión teórica inicial.

“La relación de compresión, es una relación entre dos volúmenes, el del cilindro y el de la cámara. Se define como la cantidad de veces que puedo comprimir el  $V_c$  en la cámara de combustión. Si digo  $R_c = 10:1$  significa que comprimí el  $V_c$ . 10 veces.” Funes (2011, pág. 19).

La relación de compresión de un motor está dada por la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{V_c + V_k}{V_k}$$

**Ecuación 19.** *Relación de compresión*

En donde  $V_c$  es el volumen del cilindro (volumen unitario) y  $V_k$  es el volumen de la cámara de combustión, por tanto la relación de compresión del motor está determinada por cuantas veces está contenido el volumen de la cámara en el volumen del cilindro.

En motores que funcionan con gasolina esta relación está dada entre 8:1 a 11:1, esto en los motores de autos de serie. En los vehículos con motores de competición donde se usa gasolina de mayor octanaje (más de 90 octanos) esta relación es de hasta 12:1, esto es con el fin de evitar auto detonación y pérdidas de potencia. Mientras tanto en los motores diésel la relación de compresión está dada de 15:1 hasta 22:1, que el encendido se da por altas presiones y otro tipo de combustible, contrario a la forma de encendido de los motores a gasolina.

## **2.6 Sistema de distribución**

En su manifestación Orovio (2010), explica que:

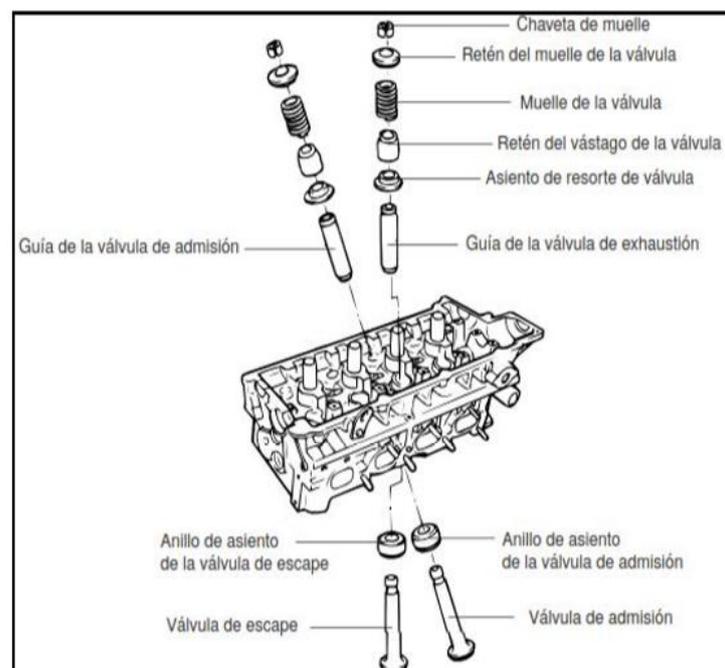
Existen varias formas de diseñar la distribución, las cuales ofrecen la posibilidad de mejorar el rendimiento del motor y respuesta en un amplio margen de revoluciones por minuto (RPM).

El cabezote Twin Cam dispone de doble árbol de levas, uno que acciona las válvulas de admisión y otro las de escape, además el múltiple de admisión y escape se ubican a diferentes lados. (p. 93).



**Figura 9.** Sistema de distribución de doble árbol de levas

En la figura 10 se muestra el despiece de elementos que conforman un cabezote  
Guilli (2016)



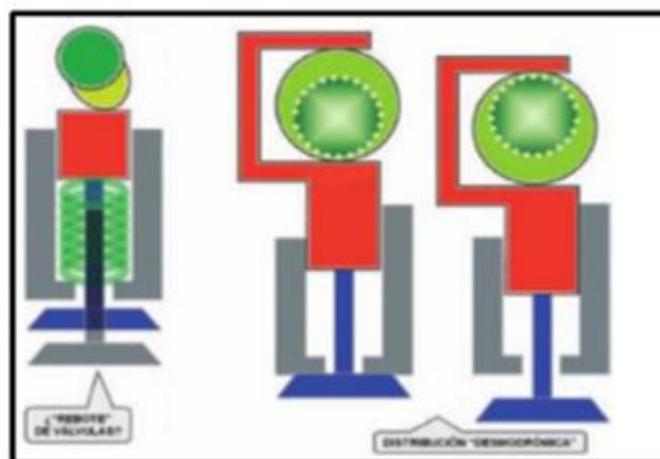
**Figura 10.** Componentes del cabezote

Fuente: (Guilli., 2016)

## 2.7 Levas y árbol de levas.

Crouse (1993) menciona: “Una leva es un dispositivo mecánico que cambia el movimiento de giro en otro lineal” (pág. 153). La leva dispone de una o varias crestas y un taqué apoyado sobre la leva que sube y baja conforme gira.

En la figura 11 se observa el accionamiento de la leva, el cierre se lo realiza por medio el muelle.

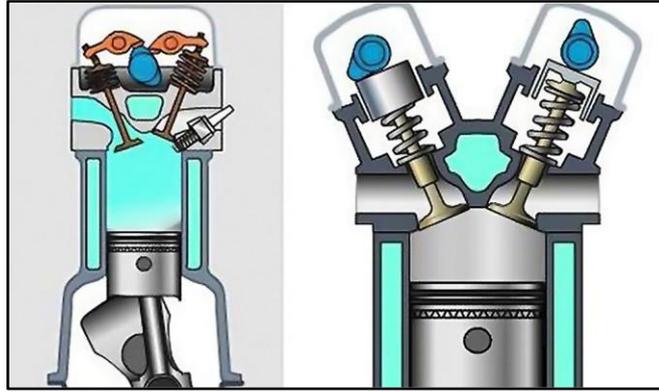


**Figura 11.** Accionamiento de la válvula  
Fuente:(Orovio, 2010)

El accionamiento de las válvulas depende de dos tipos:

**Directo:** generalmente utilizado en motores revolucionados donde la transmisión del árbol al cigüeñal es por medio de una correa dentada o cadena, además este sistema utiliza frecuentemente 4 válvulas por cilindro por disponer doble árbol de levas en la culata.

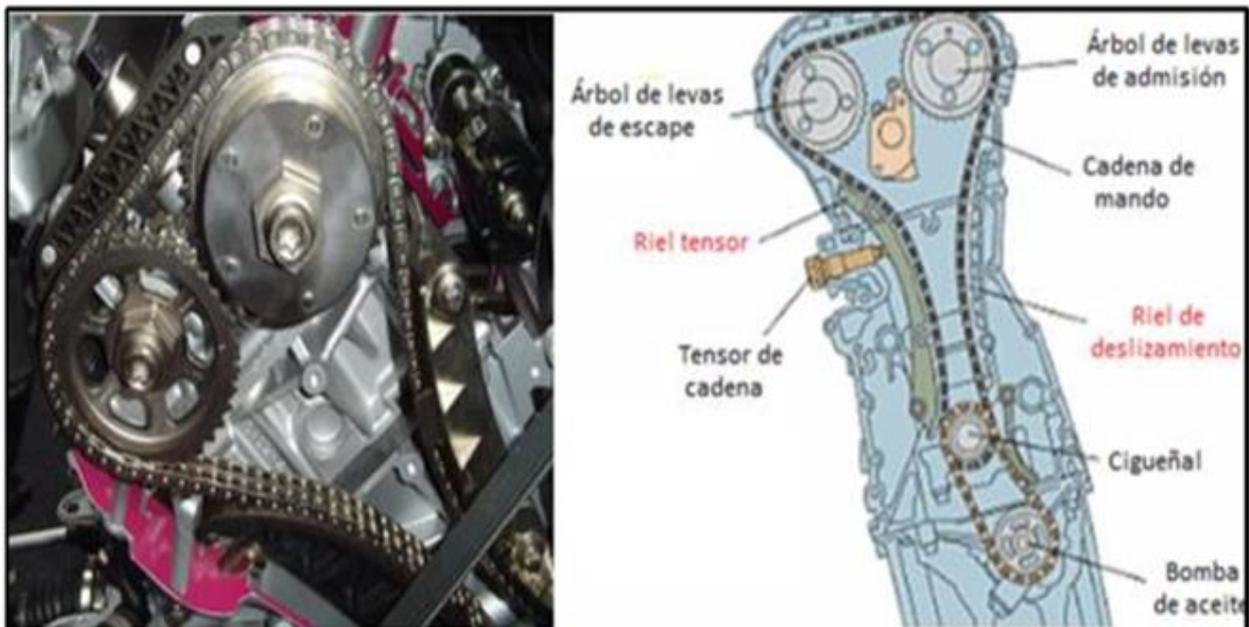
**Indirecto:** Accionado por intermedio de una varilla que recibe el movimiento del árbol de levas para permitir la apertura y cierre de válvulas.



**Figura 12.** Accionamiento directo en indirecto de las válvulas  
Fuente: (Ferrer, 2015)

## 2.8 Transmisión por cadena

Pincay (2015) “El piñón del cigüeñal y de las barras de levas están comunicados por medio de una cadena, para el ajuste correcto de la cadena utiliza un tensor el cual se ubica en la mitad de recorrido conectado por un resorte que mantiene la tensión requerida para la distribución”.

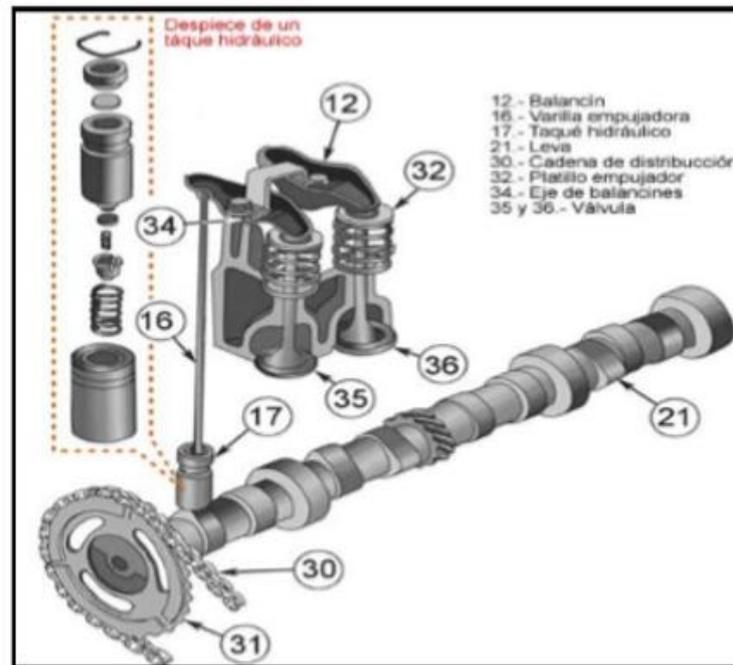


**Figura 13.** Mando de distribución por cadena

Fuente: (Pincay, 2015)

## 2.9 Taques hidráulicos

Megane (2014) “Evitan en todo momento la holgura de la válvula, constan de un pistón pulimentado que se introduce en el cuerpo del taque, con una válvula de retención y un resorte para el pistón el cual es fabricado de acero con un revestimiento de cromo para reducir el desgaste y la corrosión”.



**Figura 14.** Despiece de un taqué hidráulico

Fuente: (Megane, 2014)

### 2.9.1 Ventajas

En los motores de gasolina el cabezote Twin Cam permite ubicar la bujía en el centro de la cámara de combustión, con esto se evitó el fenómeno de Detonación debido a la alta carga del motor.

Rainer (2006), “Facilita un elevado régimen del motor, debido a que se elimina el arrastre de balancines. La forma de la cámara de combustión es hemisférica, ubicando las válvulas hacia los pistones logrando turbulencia de la mezcla comprimida, y permitiendo una evacuación de gases rápida hacia el exterior”.

En la actualidad se presenta el mecanismo de corrección de fase, conocido como distribución variable, facilitando el calaje independiente de cada árbol de levas mediante su recorrido, con lo que se logra un aumento de llenado de la mezcla.

Schlegemilch, Lehbrink (1995), menciona: “El cabezote Twin Cam facilita el espacio para las levas 2 de admisión y 2 de escape permitiendo un mejor llenado e intercambio de gases, brindando mejor par motor y un aumento de potencia superior al sistema de un árbol de levas (OHC) aunque el resto del motor sea idéntico”. La principal ventaja es que permite una correcta distribución de las cargas térmicas sobre las válvulas de escape debido a que estas se encuentran expuestas a altas temperaturas.

## **2.10 Sistema de inyección electrónica**

### **2.10.1 Generalidades**

Según Bosch, R. (2005) los sistemas de encendido e inyección de gasolina están basados en más de 100 años de investigación, siendo probado el primer sistema de inyección Bosch un avión alemán.

En 1967 los EE.UU, implementa la primera norma sobre los gases de escape, mediante el sistema D-Jetronic con regulación de presión en el múltiple de admisión.

Posteriormente en 1973 el sistema L-Jetronic y k-Jetronic. En 1979 se lanza al mercado mundial el sistema motronic único de procesamiento digital de varias funciones del motor, combinando con el sistema L-Jetronic. En 1981 se crea el Sistema LH-Jetronic que utiliza un medidor de masa de aire de hilo caliente. El Sistema KE-Jetronic equipa un circuito de regulación electrónica y una sonda lambda.

Desde 1982 hasta la actualidad Bosch ha lanzado al mercado varios sistemas basándose en el rendimiento del motor y optimizando el consumo de combustible, mediante la innovación de nuevos elementos electrónicos como sensores, actuadores, válvulas de alivio, entre otros. (pág. 3).

### **2.10.2 Ventajas del sistema de inyección electrónica**

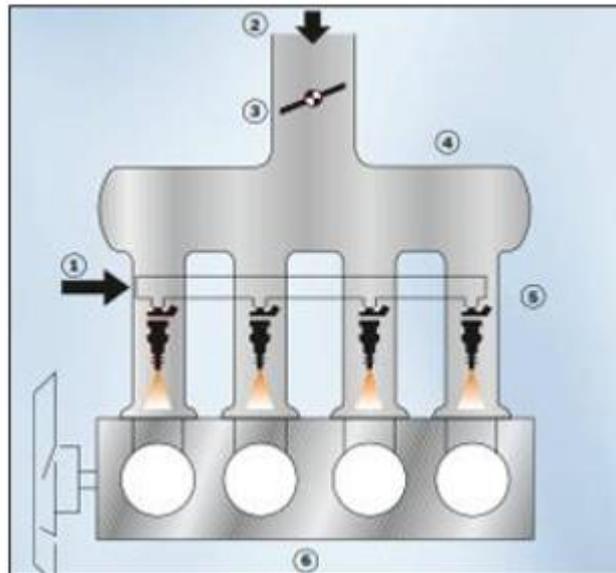
Según Bosch, R. (2005, pág. 5), para que el motor tenga funcionamiento suave, sea económico y no contamine, necesita una mezcla de aire-combustible perfecta, optimizando los siguientes parámetros:

- Menor contaminación
- Menor consumo de combustible
- Arranque más rápido

En la actualidad la eficiencia de un motor de combustión interna está reflejado por dos aspectos:

### **2.10.3 Inyección multipunto**

Sistema que utiliza un inyector por cada cilindro, como se observa en la figura 15, detallado de cada uno de sus elementos.



**Figura 15.** Inyección multipunto

Fuente: (Bosch, 2005)

1. Tuvo distribuidor
2. Aire
3. Mariposa de aceleración
4. Múltiple de admisión
5. Inyectores
6. Motor

### 2.11 Colector de admisión

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

La longitud y los diámetros en los colectores de admisión, tiene un papel importante en el proceso de llenado de los motores de combustión interna alternativos MCIA, lo que se conoce como renovación de la carga. El rendimiento volumétrico es el parámetro más útil para cuantificar el proceso de llenado del cilindro en motores de cuatro tiempos, como se puede observar en la figura 16.



**Figura 16.** Colector de admisión

### **2.12 Cuerpo de aceleración “Intake Throttle body” (ITB)**

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

Estos vienen diseñados con habitáculos donde van ubicados los inyectores, y son controlados por un sensor de posición de la mariposa (TPS), se observa en la figura 17.



**Figura 17.** Cuerpo de aceleración ITB

El diámetro de este I.T.B. es de 38 mm con un largo de 90mm, el mismo que se utilizará para el diseño del prototipo del presente proyecto. El I.T.B. varía según el motor y el perímetro de entrada de admisión en el Block y su adquisición está al alcance en el mercado ecuatoriano.

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

## 2.13 Sensores

### 2.13.1 Sensor de posición de la válvula de mariposa (TPS)

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



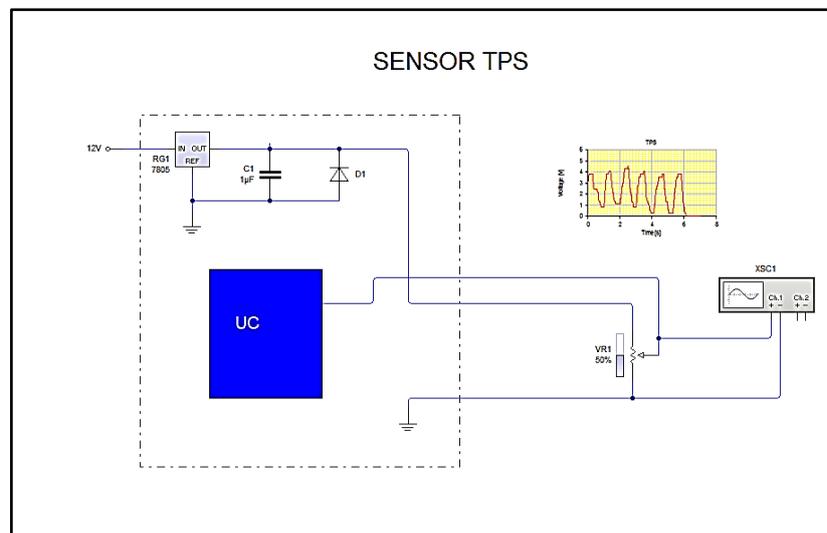
**Figura 18.** Sensor TPS

Expone Santander (2006), que:

No obstante, para administrar los estados transitorios (positivos o negativos) resulta ventajoso para la ECU determinar la posición física inicial y final de la mariposa de aceleración, con la posibilidad de determinar exactamente la cantidad de

combustible que se va a inyectar. En los sistemas de inyección que no poseen potenciómetro para el seguimiento de la posición de la mariposa, la gestión de los estados transitorios la realiza la ECU basándose en la variación de lectura del flujo de aire. (p.79)

Consiste en una resistencia variable, que hace su variación de tensión con respecto al eje de la mariposa de aceleración. Al moverse esta mariposa la resistencia R1 cambian su valor, lo cual queda expresado en una variación de tensión y son enviadas a la ECU, como se puede observar en el circuito eléctrico del TPS de la figura 19.



**Figura 19.** Circuito eléctrico del Sensor TPS

### 2.13.2 Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión

La investigación de Penagos (2015), cita que:

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

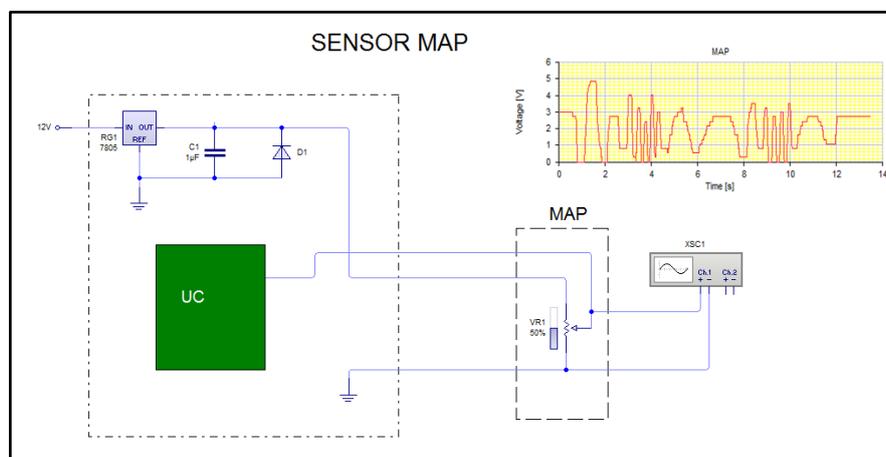
En la figura 20 se observa la ubicación del MAP incorporado en la misma ECU MegaSquirt-II.



**Figura 20.** Sensor MAP incorporado

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

Penagos (2015), Afirma que “el vacío es suministrado al sensor MAP mediante una pequeña manguera de caucho cuando el sensor MAP se encuentra montado fuera del múltiple de admisión o directamente en su toma de vacío cuando se lo ubica en el cuerpo de aceleración”.



**Figura 21.** Circuito eléctrico del Sensor MAP

### 2.13.3 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

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



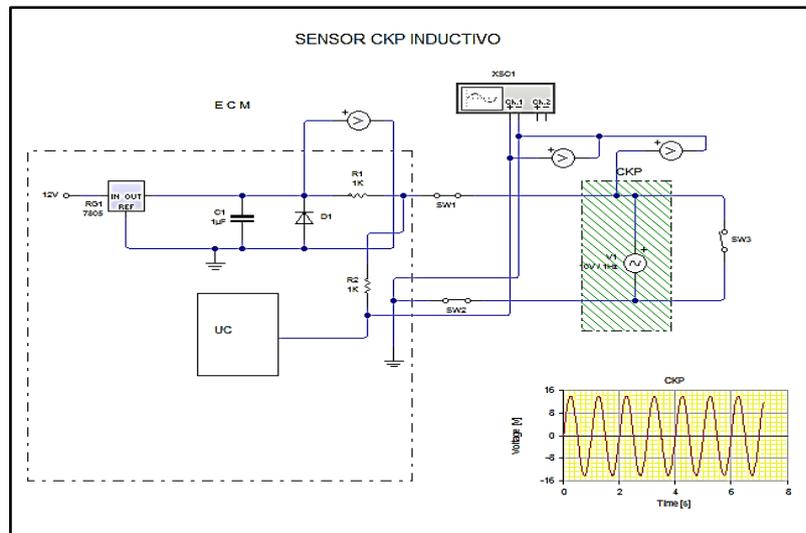
**Figura 22.** Sensor CKP

En su investigación Bosch (2012), muestra que:

El sensor CKP se monta a una distancia mínima de 1.7 mm a la rueda fónica. Cuando el diente de referencia de la rueda fónica se mueve cerca de la cara del extremo del sensor, influyen en el campo magnético con respecto a su magnitud y su dirección. Este cambio en el campo magnético induce un voltaje eléctrico en la bobina inductiva del sensor, el cual es enviada al módulo de control electrónico. (p.29)

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

Reyes (2017), expone que “generalmente esta se constituye de dos o tres cables, donde el tercer cable tiene la función de un protector coaxial, con el fin de proteger cualquier interferencia que pueda interrumpir y corromper la señal”, se observa el circuito inductivo CKP en la figura 23.



**Figura 23.** Circuito eléctrico del sensor inductivo CKP.

#### 2.13.4 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

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

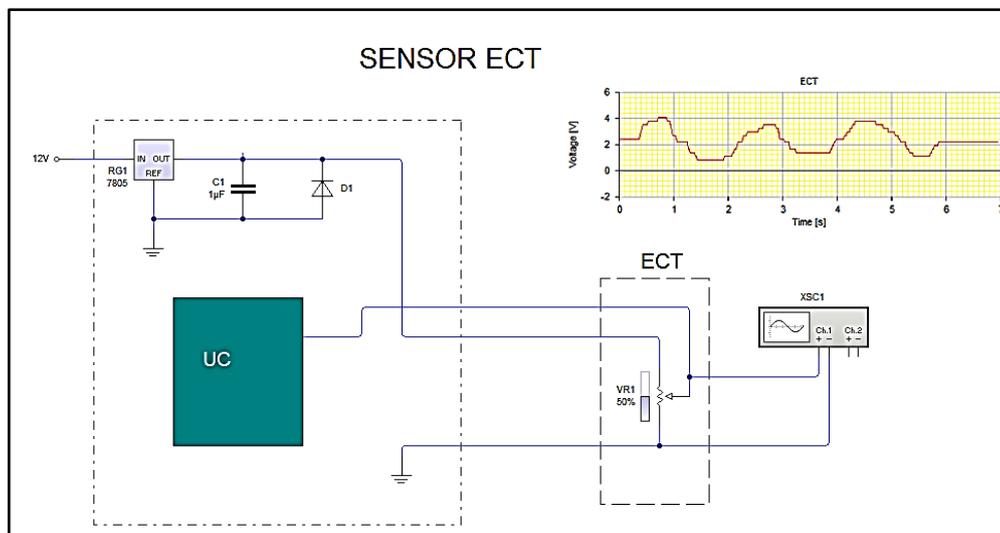


**Figura 24.** Sensor ECT

En su publicación Santander (2006), señala que:

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

(p.84)



**Figura 25.** Circuito eléctrico del sensor ECT

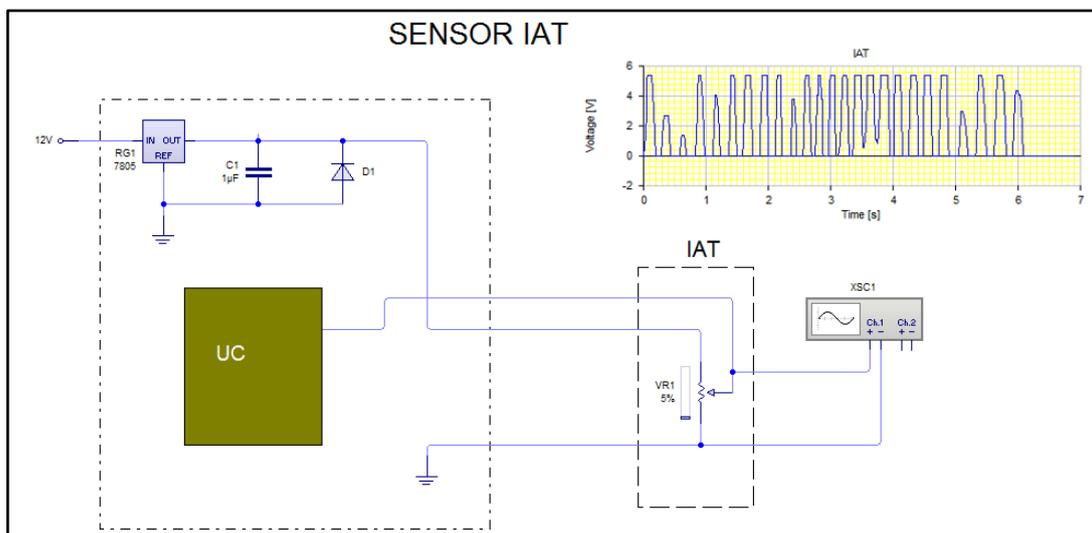
### 2.13.5 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

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



**Figura 26.** Sensor IAT

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



**Figura 27.** Circuito eléctrico del sensor IAT

## 2.14 Actuadores

### 2.14.1 Inyectores

En su investigación Nachum (2014), expone que:

La válvula de inyección de combustible electromagnética controlada sirve como actuador para la ECU. Los inyectores se abren y se cierran electro-

magnéticamente de acuerdo con los pulsos eléctricos de la ECU. Están conectados en serio o en paralelo de acuerdo al sistema haga referencia y de esta manera entregue combustible simultáneamente una vez por cada revolución del cigüeñal o dos veces por ciclo de trabajo. (p.57)



**Figura 28.** Inyector

En su investigación Nachum (2014), resalta que:

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

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



**Figura 29.** Entrega de combustible por el inyector  
Fuente: (ACTUALIDAD MOTOR, 2013)

### 2.14.2 Sistema de encendido DIS

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

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



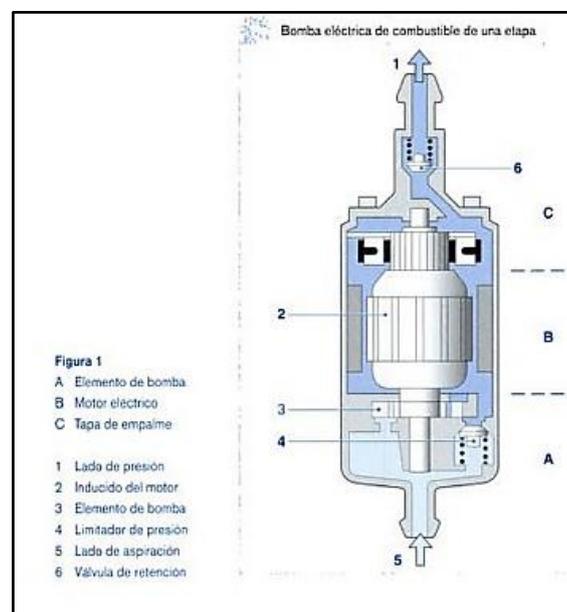
**Figura 30.** Bobina de encendido DIS.

### 2.14.3 Bomba de combustible

Según Bosch (2005), expone que:

La misión de la bomba de combustible en la parte de baja presión (bomba previa) consiste en suministrar una cantidad suficiente de combustible a los componentes de alta presión, es decir

- En cualquier estado de servicio.
- Con un reducido nivel de ruidos.
- Con la presión necesaria.
- A lo largo de toda la vida útil del vehículo.



**Figura 31.** Bomba eléctrica de combustible de una etapa

Fuente: (Bosch, 2005)

La bomba de combustible succiona el combustible del depósito de combustible y suministra permanentemente el volumen de combustible necesario (volumen de inyección y de barrido) en dirección al sistema de inyección de alta presión (de 60 a 500 l/h, de 300 a 700 kPa o bien de 3 a 7 bares). Muchas bombas poseen una

purga de aire automática, de forma que es posible el arranque también después de haber circulado hasta vaciar por completo el depósito de combustible.

Hay tres ejecuciones:

- Bombas eléctricas de combustible (turismos),
- Bombas de combustible de engranajes rectos accionadas mecánicamente,
- Bombas de combustible en tándem (U1S, turismos).

Tanto en las bombas de inyección rotativa de embolo axial como en las de émbolos radiales está integrada una bomba previa como bomba de aletas en la bomba de inyección. (p. 20)



**Figura 32.** Bomba eléctrica de combustible

## 2.15 Computadora reprogramable MegaSquirt-II

Según Megasquirt (2012), muestra que:

La EFI MegaSquirt es un controlador experimental de inyección de combustible y encendido para motores de combustión interna.

La EFI MegaSquirt es un proyecto abierto. Los esquemas se encuentran disponibles para todos, de la misma forma que el código del microprocesador.

Esto hace que crezca día a día gracias a la gente que desarrolla nuevas cosas y comparte las mejoras”



**Figura 33.** Computadora reprogramable MegaSquirt-II

La computadora reprogramable MegaSquirt-II, usa un procesador de Motorola (68HC908) de 8MHz y un sensor MAP también de la misma marca (MPX4250AP).

#### **2.15.1 Parámetros básicos para el montaje de ECU, MegaSquirt.**

LLINCH. Corp. (2015), señala que, La MegaSquirt es un controlador universal de combustible de inyección electrónica que se puede hacer trabajar en cualquier motor de combustión interna de encendido por chispa Sin embargo, el éxito de su instalación depende de usted. Con el fin de hacer la MegaSquirt funcione en el coche, barco, motosierra, o lo que sea, necesitará:

- Herramientas y la capacidad de ensamblar y probar un sistema electrónico de la tarjeta de circuitos impresos (*si se quiere construir la placa base uno mismo*)
- Piezas adicionales para adaptarse a su instalación, incluyendo:
  - Sensores de Refrigerante y temperatura del aire,
  - Sonda Lambda (ya sea de banda estrecha o banda ancha),
  - Cables y conectores de los distintos sensores, inyectores, etc.
  - Inyectores y tapones / colector
  - Cuerpo admisión (mariposa de admisión)
  - Bomba de alta presión de combustible y líneas de retorno

- Regulador de presión de combustible,
- Conocimientos y habilidades para instalar todos los sensores necesarios y cableados.
- El conocimiento y la experiencia para poder instalar o adaptar un sistema de alta presión de combustible completo en su vehículo.
- Ordenador portátil con un puerto serie para configurar y ajustar su MegaSquirt.
- Aptitud mecánica suficiente para saber qué hacer para funcionar el motor.

### 2.15.2 Distribución de pines de la computadora reprogramable MegaSquirt-II.

En la siguiente tabla se indica cada uno de los pines con sus respectivos colores, referenciando las entradas y salidas de los diferentes sensores y actuadores a ser conectados al MegaSquirt-II.

**Tabla 4**

*Distribución de pines MegaSquirt-II*

Pin #	Nombre	Color	Entrada/Salida	Función	Máx. Amp
1	GND	Negro	GND	Tierra del sensor de posición del cigüeñal	-
2	GND	-	GND	Recubrimiento del sensor de posición del cigüeñal	-
3	SPR1	Tomate	Comunicación	CAN H	-
4	SPR2	Tomate/Rojo	Comunicación	CAN L	-
5	SPR3	Tomate/Verde	-	Adicional	-
6	SPR4	Tomate/Naranja	-	Adicional	-
7	GND	Negro/Blanco	GND	Tierra del sensor	-
8	GND	-	GND	Tierra adicional	-
9	GND	-	GND	Tierra adicional	-
10	GND	-	GND	Tierra adicional	-
11	GND	-	GND	Tierra adicional	-
12	GND	-	GND	Tierra adicional	-
13	GND	-	GND	Tierra adicional	-
14	GND	-	GND	Tierra adicional	-

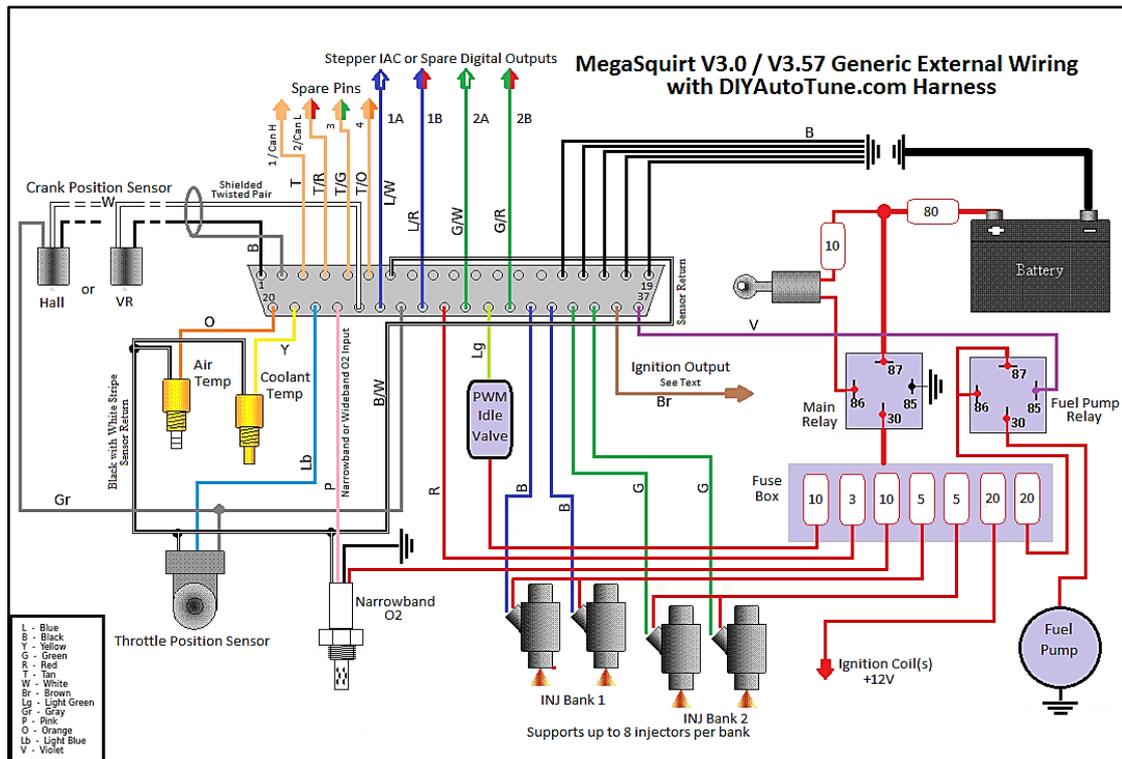
CONTINÚA



15	GND	Negro	GND	Tierra principal	-
16	GND	Negro	GND	Tierra principal	-
17	GND	Negro	GND	Tierra principal	-
18	GND	Negro	GND	Tierra principal	-
19	GND	Negro	GND	Tierra principal	-
20	MAT	Naranja	Entrada	Entrada del sensor MAT	-
21	CLT	Amarillo	Entrada	Entrada del sensor CLT	-
22	TPS	Azul claro	Entrada	Entrada del sensor TPS	-
23	O2	Rozado	Entrada	Entrada del sensor O2	-
24	TACH IN	Blanco recubierto	Entrada	Entrada del sensor de posición del cigüeñal	-
25	IAC1A	Azul/Blanco	Salida	IAC1A	0.5 A
26	TPS (5V refe)	Gris	Salida	5V referencia del sensor TPS	0.1 A
27	IAC1B	Azul/Rojo	Salida	IAC1B	0.5 A
28	+12V In	Rojo	Entrada	Entrada principal 12V	< 1A
29	IAC2A	Verde/Blanco	Salida	IAC2A	0.5 A
30	FIDLE	Verde claro	Salida	Salida adicional (controlable)	0.1 A *
31	IAC2B	verde/Rojo	Salida	IACB2B	0.5 A
32	INJ1	Azul	Salida	Salida inyector banco 1	7 A
33	INJ1	Azul	Salida	Salida inyector banco 1	7 A
34	INJ2	Verde	Salida	Salida inyector banco 2	7 A
35	INJ2	Verde	Salida	Salida inyector banco 2	7 A
36	IGN	Café	Salida	Alta corriente de ignición	7 A
37	BOMBA	Violeta	Salida	Control de relé de la bomba	0.1 A

Fuente: (Megasquirt., 2012)

### 2.15.3 Diagrama de Instalación

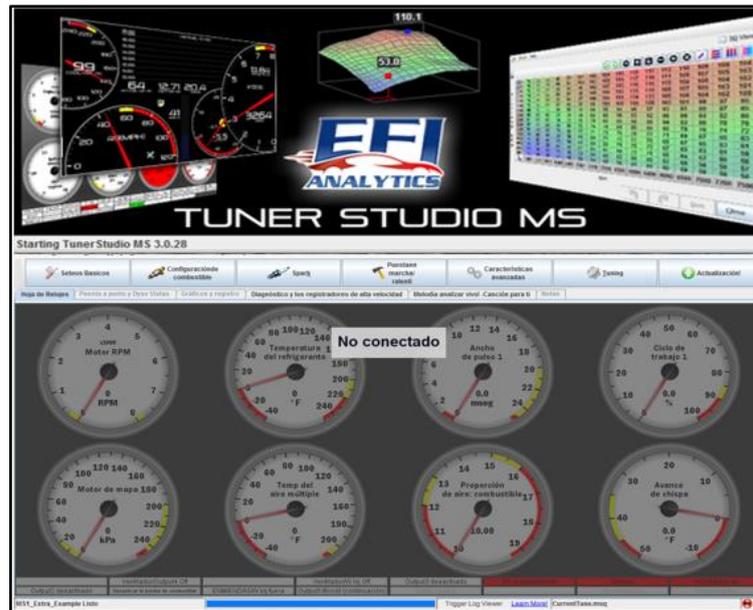


**Figura 34.** Diagrama de conexión MegaSquirt-II  
Fuente: (Megasquirt., 2012)

### 2.15.4 Selección de software dedicado

El software empleado en la MEGASQUIERT según EFI Analytics (2018) es:

TunerStudio MS es el software oficial utilizado por MegaSquirt para realizar la instalación y modificación de la unidad de control electrónico MegaSquirt en todas sus versiones. Dentro de sus características se encuentran las opciones de programación y reprogramación de los parámetros de potencia del motor, consumo, encendido, pulsos de inyección, límite de revoluciones, etc.



**Figura 35.** Software TunerStudio MS.

La reprogramación de los parámetros del motor en la unidad de control electrónico se lo puede realizar a través de tablas, para lo cual se debe seleccionar uno de los valores en los que se encuentre trabajando el motor y cambiar su valor dependiendo de los requerimientos del usuario.

VE en el cuadro 1

Ver Herramientas

	150	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
	130	75	77	79	73	82	82	82	85	87	89	99	100
m	120	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
	110	70	74	74	75	75	77	77	78	82	86	95	95
p	100	65	72	72	74	74	75	75	77	79	83	89	90
	90	61	63	65	65	68	70	72	75	77	80	84	85
k	75	59	60	60	65	66	70	70	70	72	74	77	80
	60	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
a	50	52	55	55	57	60	61	61	65	67	70	72	75
	40	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
	30	47	47	51	51	50	50	50	50	51	55	56	60
	20	39	40	41	44	44	44	45	45	45	46	47	50
		500	1000	1500	2000	2800	3600	4400	5200	5500	6000	6200	6500
		RPM											
						Quemar		Cerrar					

**Figura 36.** Programación a través del software.

## 2.16 Bluetooth

En su publicación Carpio (2013), indica que:

La tecnología Bluetooth es desarrollada por la empresa sueca Ericsson, con el fin de crear un sistema normalizado para la transmisión de datos por medio de radiofrecuencia de corta distancia. La revolución de este sistema de comunicación, ha generado que muchas empresas participen en el desarrollo de esta tecnología, por ello se el sistema Bluetooth se ha introducido de gran manera a las nuevas tecnologías, como son las telecomunicaciones, proceso de datos, productores de equipos y aparatos electrónicos, y no puede quedar de lado los automóviles.



**Figura 37.** Sistema Bluetooth aplicado al automóvil.

Fuente: (Carpio, 2013)

Mediante su trabajo Carpio (2013), indica que:

Actualmente la tecnología Bluetooth desempeña un rol muy importante en el campo automotriz, pues cada vez se incorpora sistemas de comunicación por radiofrecuencia, automóviles de alta performance incorporan unidades de navegación, de audio y telecomunicaciones. Pues es más frecuente ver equipos para automóviles que dan facilidad de comunicarse por teléfonos celulares con

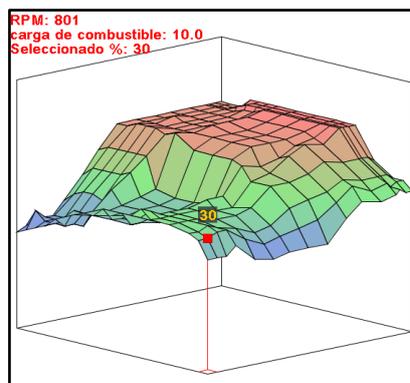
el sistema manos libres. Otra innovación que presenta Bluetooth, es el sistema de navegación GPS, con esto complementa a la seguridad y ubicación al momento de la conducción. También se aplica esta tecnología para la interconexión entre automóviles y centros de atención al cliente.

## 2.17 Mapeo de variables

En la investigación planteada Tinizaray (2015), dice que:

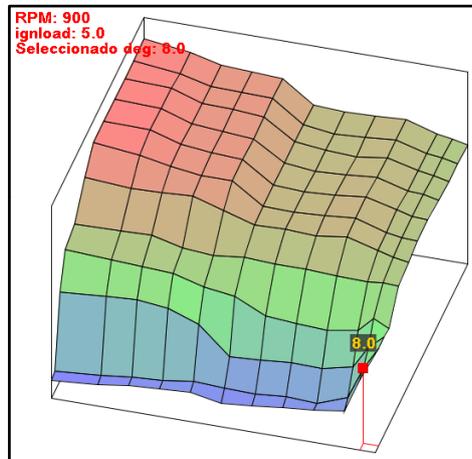
El mapa es la configuración del sistema de inyección para la regulación de la mezcla aire – combustible. Es similar a un gráfico de eje X y eje Y, el eje X tiene sentido de izquierda a derecha, mientras que el eje Y tiene sentido de arriba hacia abajo. En cada punto la computadora da la señal a los inyectores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

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



**Figura 38.** Mapa de inyección

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



**Figura 39.** Mapa de ignición

## CAPÍTULO III

### 3. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TWIN CAM CON INYECCIÓN REPROGRAMABLE A TRAVÉS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO.

#### 3.1 Introducción

En el desarrollo de la investigación, se realizó pruebas, antes y después de la implementación de los sistemas Twin Cam y reprogramación de la ECU mediante un sistema inalámbrico.

La implementación del sistema Twin Cam se tomó parámetros principales como conductos refrigeración, lubricación, la asimetría de los pernos de sujeción y la ubicación correcta entre cámara de combustión del cabezote y los cilindros.

En la instalación de computadora reprogramable MegaSquirt-II se tomando en cuenta cada uno de los sensores y actuadores principales para el funcionamiento correcto del motor, así como una interfaz que permitiera la programación y calibración mediante mapas tridimensionales de inyección de combustible, avance de encendido.

El desarrollo de la investigación se lo realizó en el taller automotriz "Hispeed" y laboratorio AXR Dinamómetro, para el levantamiento de datos se utilizó protocolos de pruebas de los laboratorios, además equipos tecnológicos que midieron parámetros como torque, potencia, consumo de combustible los cuales me permitieron analizar las variables de investigación.

### 3.2 Características técnicas del motor

**Tabla 5.**

*Características del motor Nissan A12*

Parámetros del motor Nissan A12	
Modelo	Datsun 120Y A12
Cilindraje	1171 cm <sup>3</sup>
Numero de cilindros	4 cilindros en línea OHV
Distribución	2 válvulas por cilindro
Carrera	70mm
Diámetro del pistón	73mm
Compresión	105 psi
Combustible	Gasolina Extra 87 octanos
Alimentación	Carburador de doble Venturi,
Material	Bloque de cilindros de hierro fundido
Potencia motor	38.35 hp SAE @ 5200 rpm
Torque	6.318 kg/m @ 4000 rpm
Sistema de encendido	Convencional
Lubricante	20W40
Sistema de lubricación	A presión por bomba de piñón interno
Capacidad de lubricante	3.6 Litros

### 3.3 Computadora reprogramable.

La ECU reprogramable MegaSquirt-II se compone de un sistema sencillo que nos permite controlar el sistema de inyección de combustible que es adaptable a cualquier tipo de motores ya sea estos de un cilindro, doce cilindros o más.

También tiene funciones de control sistemas de encendido, ya sea directamente o por modificación del circuito controlando una bobina hasta un máximo de seis bobinas.

**Tabla 6.**

*Características de la computadora reprogramable MegaSquirt-II*

<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga en Speed Density (sensors MAP), Alpha – n (posición de acelerador), MAF (Caudalímetro) o mezclas entre ellas.</li> <li>• 2 salidas de inyección.</li> <li>• 1 salida de encendido para bobinas normales.</li> <li>• Sensores MAP incluidos de 2,6 bares (0 a 1.6 bares).</li> <li>• Control de presión de Turbo, mapa de 8x8</li> </ul>
------------------------	--

CONTINÚA



- 
- Mapa 16x16 de combustible, se puede ampliar a 16x32 o 32x6
  - Mapas con variaciones de 1 punto en el combustible y variaciones de 0,1<sup>o</sup> para el encendido.
  - Control en el lazo cerrado de mezcla aire/combustible
  - Control en lazo cerrado de control de presión de Turbo.
  - Control en lazo cerrado de relantí.
  - Programa de ajustes de descarga gratuita.
  - Programa de adquisición de datos de descarga gratuita.
  - Modo de prueba para comprobar el funcionamiento de todas las salidas con el motor parado, bomba de gasolina, inyectores, bobinas, válvulas y solenoides, etc.

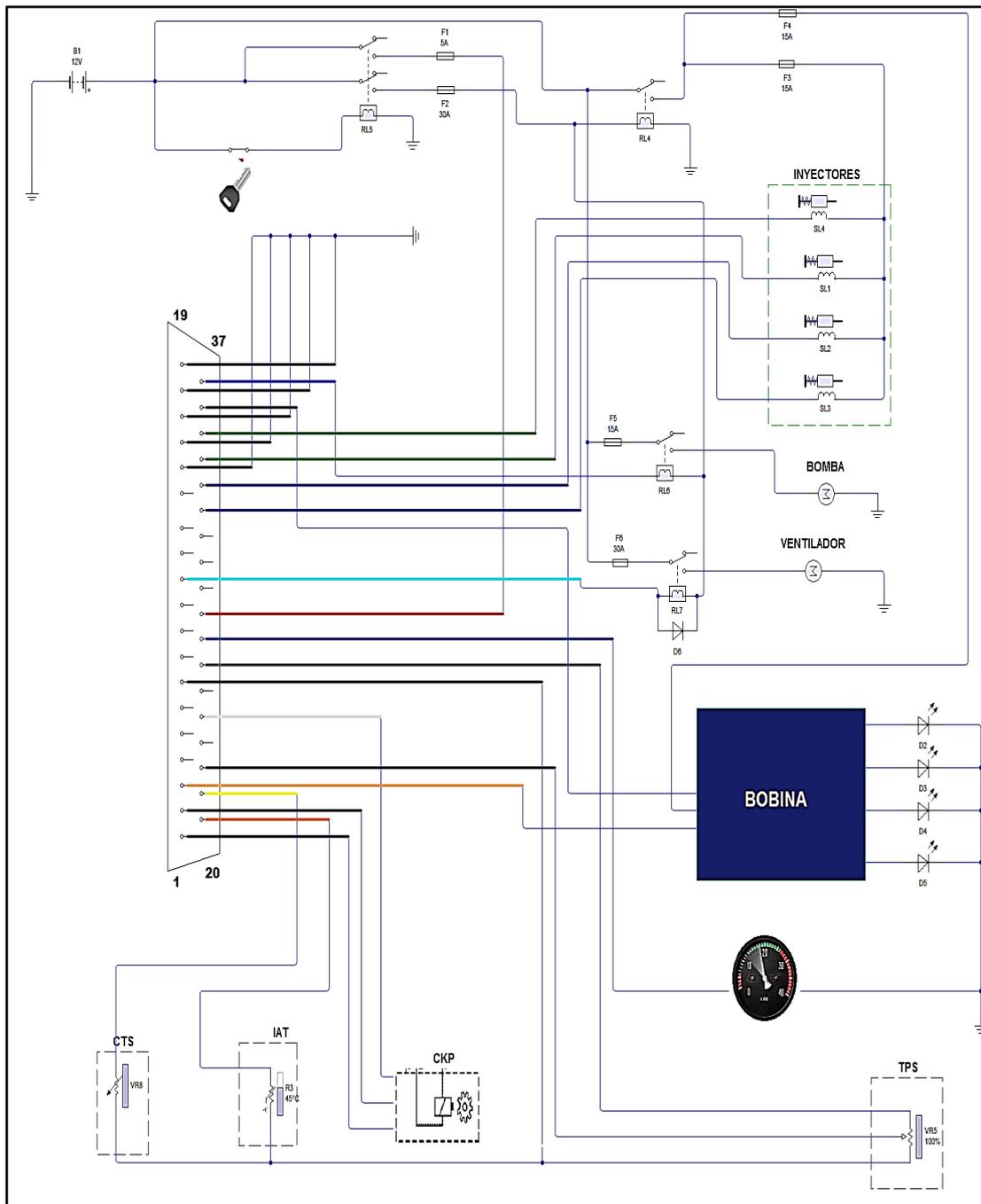
---

<b>Control de transmisión MICROSQUIRT</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicaciones de control: GM 4L60E   GM 4L80E   GM 4T40E   GM 5L40E (dev)   A341E   41TE (dev)   Ford 4R70W   Ford E40D (dev)   Subaru W4A33.</li></ul>
---	--

---

Fuente: (Diyautotune, 2018)

### 3.3.1 Diagrama eléctrico de la computadora reprogramable MegaSquirt-II



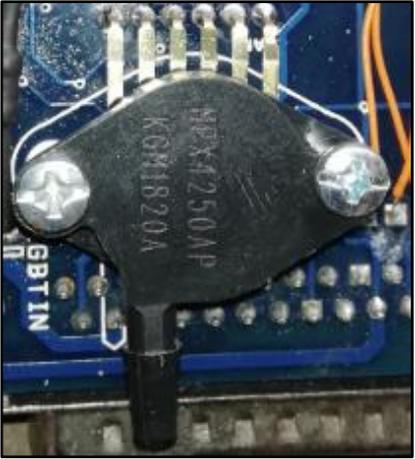
**Figura 40.** Diagrama eléctrico MegaSquirt-II

## 3.4 Sensores y actuadores

### 3.4.1 Descripción de sensores.

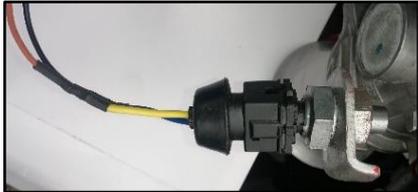
En la tabla 7, se muestra los valores y pines de conexión de los principales sensores utilizados por la computadora reprogramable.

**Tabla 7.***Descripción de sensores.*

Sensor	Valores	Conexión	Imagen
MAP	Vseñal: 0.10V- 3.51V	El sensor MAP se encuentra incorporado el computadora MICROQUIRT	
TPS	Vref: 5V  Vseñal: 3.64V-1.57V	Pin: 22 Azul  Pin: 7 Negro/Blanco  Pin: 27 Gris	
ECT	Vref: 5V  Vseñal: 1.7V - 1.5V	Pin:7 Negro/Blanco Pin: 21 Amarillo	

CONTINÚA



IAT	Vref: 5V Vseñal: 2.34V–2.42V	Pin:7 Negro/Blanco  Pin: 20 Naranja	
CKP	Vref: 1.23V Vseñal: 0.02	Pin: 1 Negro  Pin: 2 Cable sin recubrimiento  Pin: 24 Blanco	

### 3.4.2 Características de los actuadores

Los pines de conexión y voltaje de alimentación se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.**  
*Características de los actuadores*

Actuadores	Conexión	Imagen
<b>Inyectores</b>	Pin: 35 Verde / señal negativa Pin: 34 Verde / señal negativa Pin: 33 Azul / señal negativa Pin: 32 Azul / señal negativa Pin: 28 Rojo / 12V	
<b>Bobina de encendido DIS</b>	Pin: 3 Tomate / señal negativa	

CONTINÚA



---

Pin: 36 Café / señal negativa

Pin: 28 Rojo / 12V



**Bomba de combustible**

Pin: 37 Violeta / señal negativa



---

### 3.5 Conector DB9

El conector DB9 es un adaptador analógico de 9 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature. El conector DB9 se utiliza principal mente para conexiones en serie, ya que nos permite la trasmisión asíncrona de datos según lo establecido en las normas RS-232 (RS-232C)

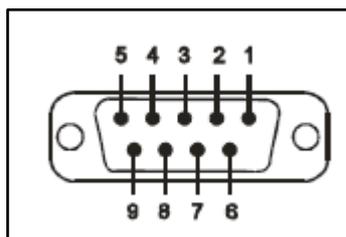


**Figura 41.** Conector DB9

#### 3.5.1 Pines de salida

Los pines de salida se determinan por el tipo de conector si son machos o hembras.

Para la conexión de MegaSquirt-II el conector DB9 a utilizar debe ser hembra con una unión DB9 para el interfaz de Bluetooth o una laptop.



**Figura 42.** Pines DB9

Fuente: (EFI Analytics, 2010)

**Tabla 9.**

*Distribución de pines puerto DB9*

Pin	Señal	Descripción
1	CD ( Carrier Detect)	No conectado
2	TXD (Transmit Data)	Trasmisión de datos
3	RDX (Receive Date)	Recibe datos
4	DSR ( Data Set Ready )	No conectado
5	GND ( Signal Ground)	Señal negativa
6	DTR ( Data Terminal Ready)	No conectado
7	CTS ( Clear To Send)	Solicitud de envió
8	RTS ( Request To send)	Listo para enviar
9	Vcc ( Power supply)	Fuente de alimentación

Fuente: (EFI Analytics, 2010)

### 3.6 Bluetooth

El Sistema de Bluetooth utilizado en la computadora reprogramable MegaSquirt-II es un Bluetooth clase 1 RS232, este sistema es bastante rápido a más de 20 lecturas por segundo con algunos firmwares.

Este dispositivo elimina cables, proporcionando una conexión invisible y fácil de usar, permitiendo libertad de movimiento, se conecta con cualquier dispositivo con un puerto serial estándar de 9 pines, para comunicación de forma inalámbrica a otros dispositivos con adaptador de Bluetooth u otro dispositivo avilés como un ordenador portátil o teléfono móvil con sistemas de Bluetooth incorporados.



**Figura 43.** Bluetooth clase 1 RS232

### 3.6.1 Especificaciones Bluetooth

**Tabla 10.**

*Especificaciones Bluetooth clase 1 RS232*

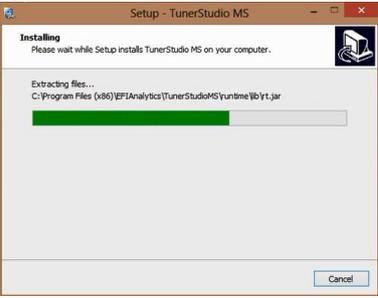
<b>Especificaciones</b>	<b>Descripción</b>
Velocidad de datos	Soporta 4.8/9.6/19.2/38.4/57.6/115.2/230.4 Kbps
Cobertura	Up to 100 m
Conexión	Punto a punto (pico net)
Señal	TxD, RxD, GND, CTS, and RTS
Rs-232 interfaz	D_SUB 9 pines hembra
Estándar	Bluetooth especificación versión 2.0+EDR
Frecuencia	2.400 to 2.4835 GHz
Salto	1,600 / seg, espacio de canal de 1MHz
Modulación	GFSK-1 Mbps, DQPSK-2 Mbps, and 8-DPSK-3 Mbps
Tx. Poder	Max. 18 dBm (Class 1)
Rx. Sensibilidad	-86 dBm typical
Antena	Antena chip o SMA hembra + antena externa (opcional)
Ganancia de la antena	Antena de chip máx. 1 a 2 dBi
Fuente de alimentación	+5 to +6 V DC
Consumo de corriente	Max. 90 mA
Temperatura de operación	-20°C to +75°C
Dimensiones	35 mm (W) x 65 mm (D) x 16 mm (H)

Fuente: (EFI Analytics, 2010)

### 3.6.2 Software Dedicado

En la tabla 11, se indica el procedimiento de instalación del software TunerStudio de descarga libre compatible con MegaSquirt-II.

**Tabla 11.**  
*Procedimiento de instalación de TunerStudio.*

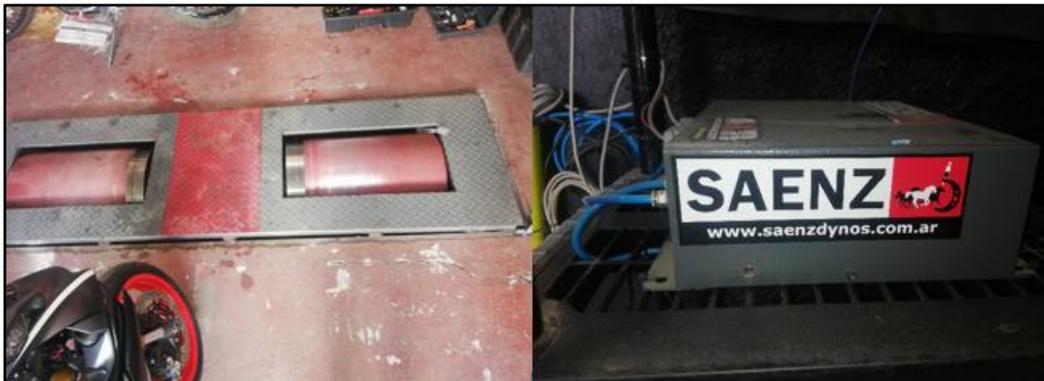
Procedimiento	Descripción	Imagen
<b>Descargar software.</b>	TunerStudio MS se encuentra disponible con una versión gratuita y se encuentra en el siguiente enlace. <a href="http://www.tunerstudio.com/index.php/downloads">http://www.tunerstudio.com/index.php/downloads</a> .	
<b>Instalación del software</b>	Luego de la descargar se ejecuta como administrador, continuar con la instalación.	
<b>Cargar el programa</b>	Verificar que el programe se instale correctamente y no exista error hasta terminar el cien por ciento de su descarga.	
<b>Finalización de la instalación</b>	Al finalizar la instalación aparece la pantalla principal del software TunerStudio MS listo para empezar a cargar los datos.	

### 3.7 Equipos utilizados en la investigación

#### 3.7.1 Dinamómetro

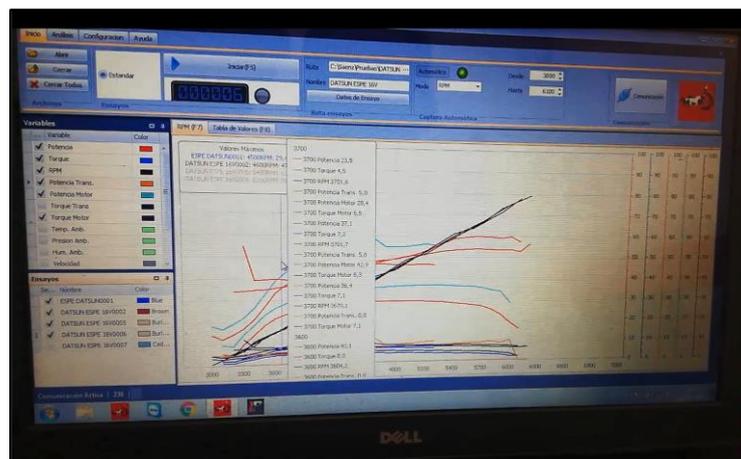
El dinamómetro utilizado para las pruebas de potencia y torque es del fabricante SAENZ, es un banco de rodillos que permite ensayar el vehículo y medir la potencia

sin necesidad de desmontar el motor. Midiendo sobre las ruedas, el motor y relevando las pérdidas en la transmisión, permitiendo ensayos en el taller.



**Figura 44.** Dinamómetro SAENZ

El dinamómetro SAENZ posee un software dedicado de operación muy sencilla que registra y presenta informes del rendimiento del motor y todas sus variables de acuerdo a diferentes programas de ensayo. El sistema posee canales básicos para medición de rpm, torque y potencia.



**Figura 45.** Sistema de adquisición de datos.

### 3.7.2 Analizador de gases.

El analizador de gases utilizado en la investigación es un Brain Bee AGS-688, es un equipo fabricado para medir gases producto de la combustión de un motor de combustión interna tales como: CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO, O<sub>2</sub>.



**Figura 46.** Analizador Brain Bee AGS-688

**Tabla 12.**

*Resolución y rango de mediciones*

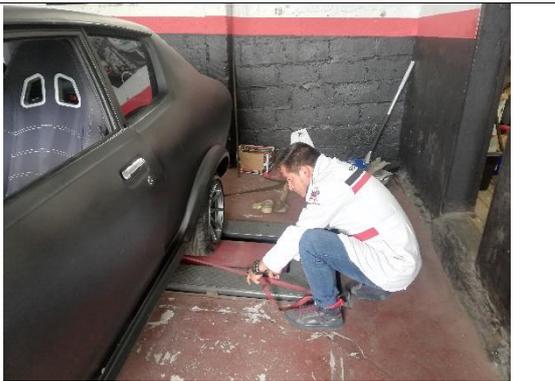
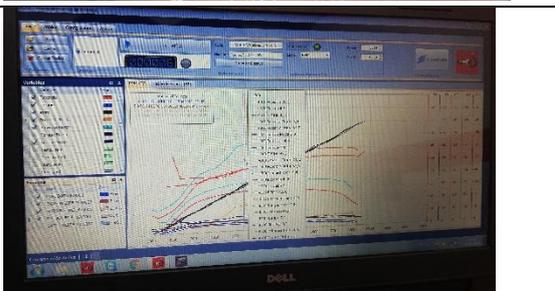
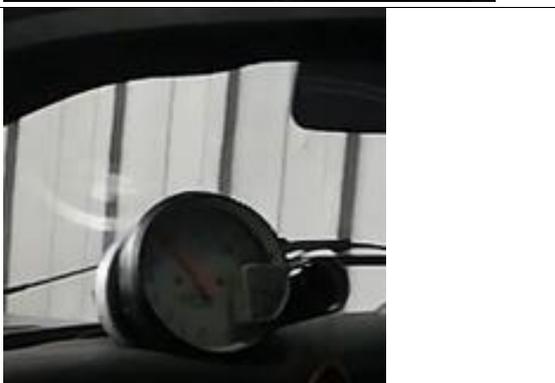
Ítem	Rango	Resolución
CO	0 – 15.00 %	0.01
CO <sub>2</sub>	0 – 19.9 %	0.1
HC	0 – 20000 ppm	1
O <sub>2</sub>	0 – 25 %	0.01
Lambda	0.5 – 5 L	0.001
NO <sub>x</sub>	0 – 5000 ppm	1
RPM	3000 – 9990 rpm	10
TEMP	20 – 250 °C	10

### 3.8 Prueba dinámicas de potencia y torque, consumo de combustible, con el vehículo a carburador.

#### 3.8.1 Prueba de potencia y torque.

En las pruebas de dinamómetro se tomó en cuenta el siguiente procedimiento, descrita en la tabla 13.

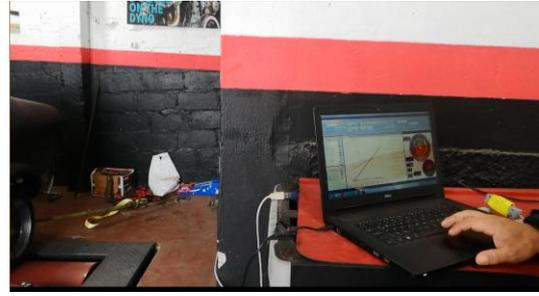
**Tabla 13.***Proceso de prueba de Dinamómetro.*

Pasos	Descripción	Imagen
Ubicación de vehículo en el dinamómetro	En este caso el vehículo posee transmisión posterior por lo cual se ubicó las ruedas traseras sobre el rodillo del dinamómetro	
Anclaje de vehículo	En el anclaje del vehículo es muy importante tomar todas las medidas de seguridad como correas en buen estado anclar en lugares adecuados del vehículo donde no rosen con las ruedas y estén bien tensionadas.	
Ingreso de datos técnicos del motor	Para empezar con tomas de potencia y torque se ingresó los datos principales del vehículo.	
Poner en marcha el vehículo	Se empezó, a acelerar el vehículo hasta alcanzar más de 5000 revoluciones	

CONTINÚA



Obtener datos torque y potencia Para obtener datos confiables de torque y potencia se realizó tres pasadas en el dinamómetro.



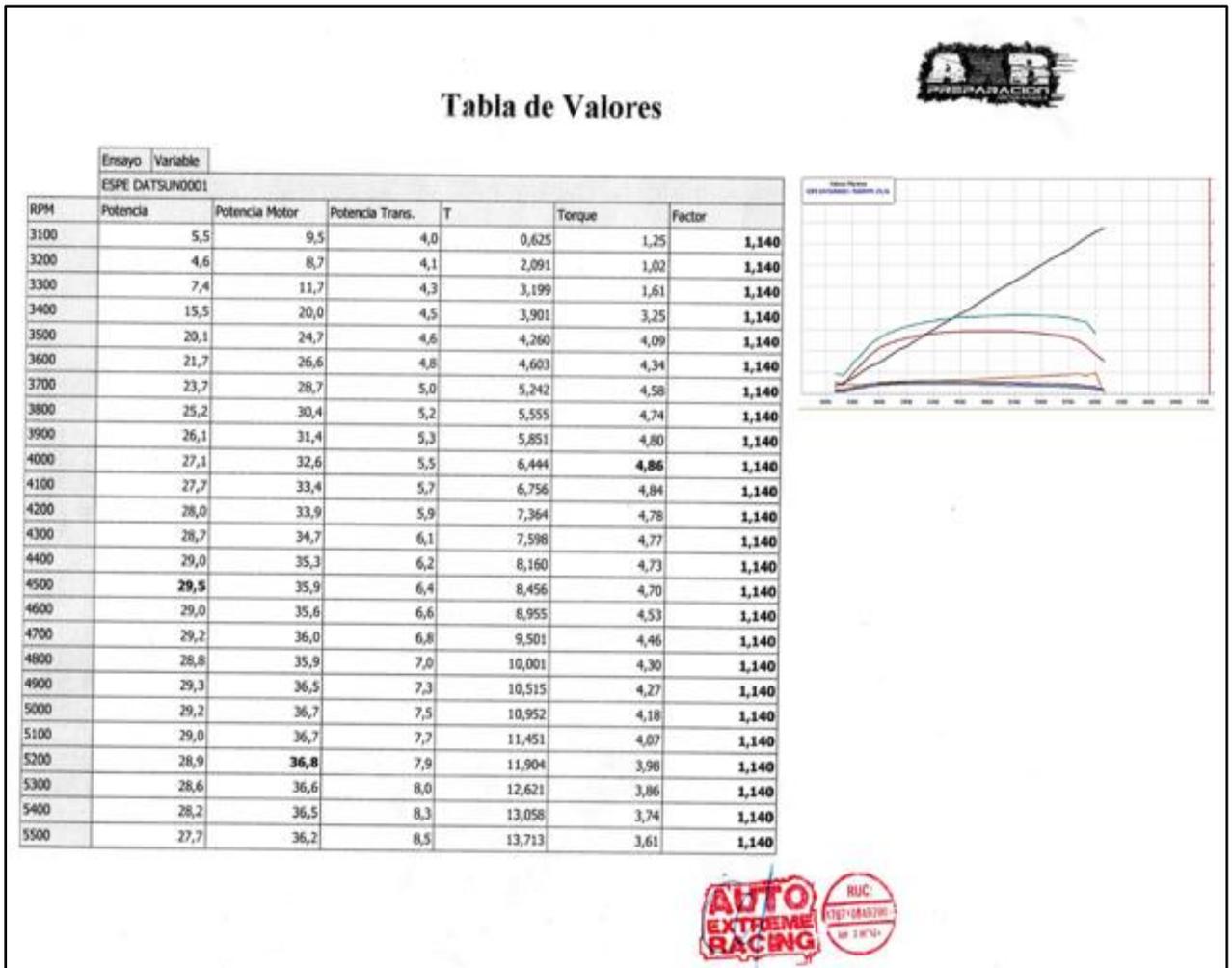
Luego de obtener los datos del Dinamómetro con el motor estándar a carburador se realizó los análisis de torque y potencia representados todos en las figuras 47 y 48.



**Figura 47.** Curva de torque y potencia motor estándar.

En la curva de torque máximo del motor a carburador estándar, a un rango de 4500 a 5000 RPM se puede apreciar que tiene un torque máximo es 29.45 Hp con respecto a las ruedas y un torque máximo al motor de 38.35 Hp, estimando una pérdida del 30%, entre sistema de transmisión de las ruedas y el motor.

La figura 48 muestra más detallado los valores de torque generados por el dinamómetro a un rango de giro del motor de 4500 a 5000 RPM.



**Figura 48.** Datos de Potencia y Torque.

El torque generado con el motor estándar a un régimen de giro 4000 a 5000 RPM, nos proporciona un valor 4.86 Kgm alas y valor máximo hacia el motor de 6.318 Kgm con perdida estimada del estimada del 30% entre el motor y el sistema de trasmisión.

### 3.8.2 Prueba de consumo de combustible.

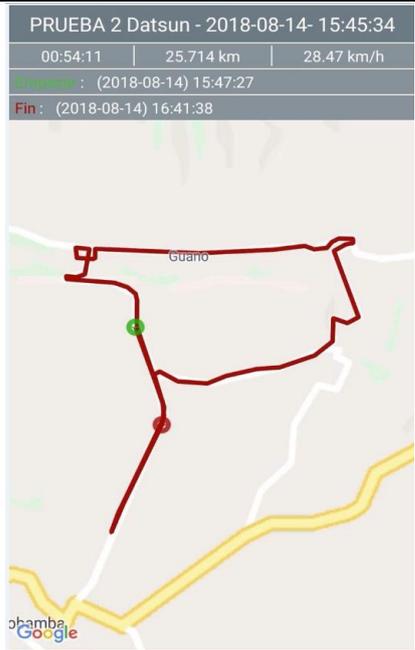
Se termina una ruta apropiada para recoger datos de consumo de combustible con el motor a carburador descrito en la tabla 14:

**Tabla 14.***Prueba de consumo de combustible.*

Procedimiento	Descripción	Imágenes
Instalación del depósito de combustible	Para realizar las pruebas de consumo de combustible se adecuó un depósito en el cual se llenó, con un galón exacto de combustible.	
Establecer la ruta	Fue establecida una ruta en la cual comienza desde la gasolinera Petroecuador ubicada vía a Guano, la ruta sigue todo el pueblo de Guano.	
Llenado de combustible	Se colocó un galón exacto de combustible directamente del surtidor al depósito.	

CONTINÚA



Distancia recorrida	<p>Con el deposito previ6 cargado con un gal6n de combustible se procedi6 hacer el recorrido con una velocidades promedio de 40Km/h, 60Km/h, y 80Km/h.</p> <p>Hasta que se consuma la totalidad de combustible y determinar la distancia recorrida.</p>	
C6culos	<p>Se aplic6 f6rmulas de cambio de unidades, para la obtenci6n del consumo y distancia recorrida la cual se tom6 como base 20 Km.</p>	<p>1 litro = 0.264172 galones 1 gal6n = 3,78541 litros</p> $\text{Consumo} = \frac{20 \text{ Km} * 1 \text{ galon}}{\text{distancia rrecorrida}}$ <p>Distancia (Km/gal) = Distancia / Consumo</p>

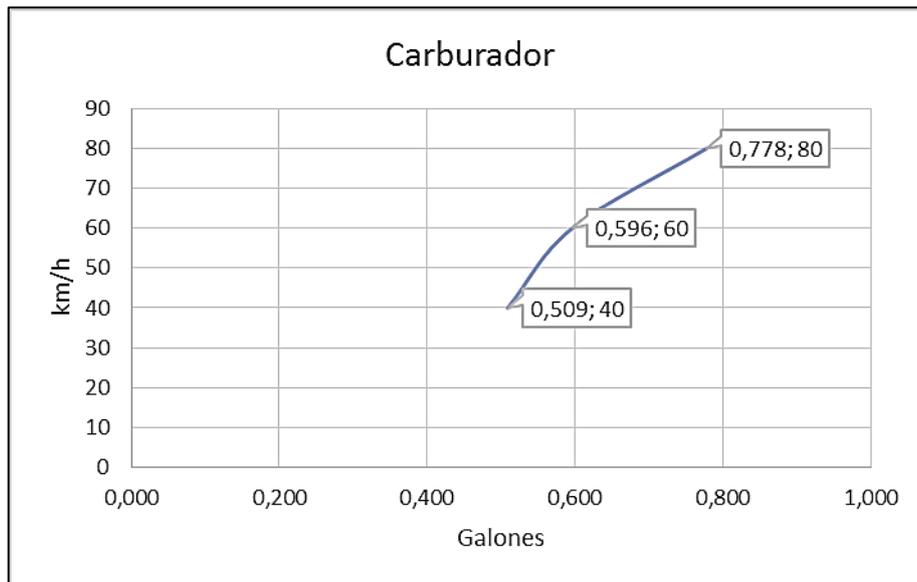
Realizadas las pruebas de consumo se procedi6 a tabular y analizar los datos obtenidos de consumo de combustible a diferentes reg6menes que fue sometido el veh6culo como se puede observar en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Resultados del consumo de combustible.*

Velocidad	Recorrido (Km)	Consumo (Galones)	Consumo (litros)	Distancia recorrida
40	20	0.255	0.96	39.283 Km/Gal
60	20	0.30	1.13	33.54 Km/Gal
80	20	0.39	1.47	25.714 Km/Gal

En figura 49, se encuentra los valores de consumo en base a los kilómetros por hora realizados en las pruebas.



**Figura 49.** Consumo de combustible.

### 3.9 Implementación del sistema Twin Cam

Para la selección del cabezote Twin Cam se tomó en cuenta varios parámetros, la disposición de la distribución, geometría de pernos de sujeción de cabezote, coincidencia de canales de flujo de agua y aceite, el cabezote con todos sus componentes.



**Figura 50.** Datsun A12 Twin Cam.

### 3.9.1 Cabezote Nissan A12

Una vez determinado los parámetros térmicos y mecánicos de acuerdo a las diferentes pruebas realizadas en el motor Nissan A12, se avanza con el desmontaje del motor y del cabezote, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- Desconectar los bornes y retirar la batería
- Desconectar los cables de conexión del sistema de encendido
- Retirar las mangueras de los conductos de refrigeración del radiador hacia el motor
- Desmontar el motor de la carrocería
- Fijar el motor
- Retirar la tapa de válvulas
- Aflojar los pernos del cabezote, múltiple de escape y admisión, con la herramienta adecuada
- Retirar el cabezote



**Figura 51.** Datsun A12 carburador

### 3.9.2 Adaptación del cabezote Twin Cam

Retirar el motor de la carrocería, para una mejor visualización se lo ancla en un caballete.



**Figura 52.** Desmontaje del motor

Para facilitar la adaptación de cabezote Twin Cam, se retiró el motor de la carrocería, se tomó datos de medición como: diámetro del pistón, carrera, así como conductos de agua y aceite.



**Figura 37.** Visualización de datos.

Para saber si el empaque y cabezote se asemeja al bloque ver las distancias entre cilindros, distancia entre huecos de sujeción basándonos en la geometría del empaque.



**Figura 54.** Geometría de empaques

Los pernos de sujeción tienen que cuadrarnos con el empaque a utilizar ya que va a hacer la misma medida del cabezote



**Figura 55.** Pernos de sujeción

Para saber el tipo de cabezote que se va a implementar se utilizó el catálogo de empaques de cabezotes, en este caso el fabricante de empaques es FRACO una empresa colombiana de repuestos automotrices dedicada a la fabricación de empaques de culata.



**Figura 56.** Catálogo de empaque

Una vez seleccionado el cabezote semejante se procede a realizar el ajuste pruebas de sujecion.



**Figura 57.** Cabezote adaptado al block

Se coloco en una parte plana al cabezote para verificar la relacion de compresion que este dentro el rango establecio que en nuestro caso es de 8:1 a 12:1



**Figura 58.** Pruebas de relación de compresión

Una vez seleccionado el cabezote se procedió armar el motor



**Figura 59.** Armado del cabezote

El sistema de distribución es muy importante en estas adaptaciones ya que una posible falla tiende a producir fallas en el motor



**Figura 60.** Sistema de distribución.

Una vez verificado que el pistón cumplió su ciclo se empezó a montar el motor a la carrocería para acoplar los demás sistemas. Los pernos de sujeción del cabezote cumplen con un torque el cual se encuentra en el manual del motor para este caso es de 55 Nm



**Figura 61.** Torque de los pernos

Existen dos tipos de taques: hidráulicos y mecánicos. En este caso se utilizó taques mecánicos.



**Figura 62.** Taques mecánicos.

El armado de los árbol de levas tiene un torque necesario el cual es de adentro hacia afuera como las manecillas de reloj para proceder a armar el sistema de distribución



**Figura 63.** Armado sistema de distribución

Para el cuerpo de aceleración se utilizó ITB (Intake Throttle body). Estos vienen diseñados con habitáculos donde van ubicados los inyectores, y son controlados por un sensor de posición de la mariposa (TPS)



**Figura 64.** Cuerpo de aceleración.

### 3.10 Implementación y programación de la computadora reprogramable MegaSquirt-II.

#### 3.10.1 Instalación de los componentes de la ECU

Para la instalación de los componentes tener claro el diagrama de conexión, la ubicación adecuada de cada uno de los elementos en el motor y su funcionamiento.

#### Tabla 16.

##### *Instalación de componentes*

Elemento	Ubicación	Imagen
CKP	Se ubicó lo más cerca posible de la rueda fónica en dirección de los dientes de la misma, debe estar bien sujeta sin ningún tipo de juego.	

CONTINÚA



**MAP**

Se acoplo la manguera de vacío desde los ITB hasta la entrada de MAP incorporada en ECM.

**TPS**

El TPS se encuentra acoplado al eje de la mariposa del cuerpo de aceleración

**ECT**

Este sensor fue instalado en el conducto de refrigeración acoplado al cabezote.

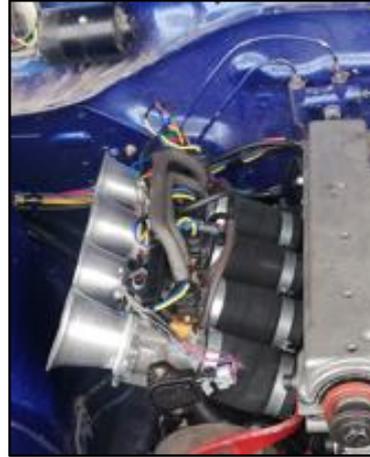
**IAT**

Se instaló a la entrada del múltiple de admisión.

**CONTINÚA**

**ITB**

El sistema de ITB se colocó previa adaptación de entradas de conductos de admisión para su fijación y funcionamiento.

**BOBINA**

Para la instalación de la bobina fue tomar en cuenta que los cables de las bujías no estén tensadas, ni remordidas.

**RUEDA FÓNICA**

Se ubicó el parte externa frontal del cigüeñal.

**BOMBA DE COMBUSTIBLE**

La bomba de combustible utilizada es externa que fue instalada a un costado del depósito y debe estar conectada mediante un relé controlado por la ECM

**CONTINÚA**



**MegaSquirt-II** ECM se colocó en un lugar donde esté protegido de humedad de ser golpeada, y que sus cables no se encuentre con riesgos de remordedoras, cortes y sea de fácil acceso.



### 3.10.2 Instalación del sistema inalámbrico

El sistema inalámbrico utilizado para la investigación es un Bluetooth de clase 1RS232, que es probado y pre configurado para que funcione con un teléfono Android, con una Pc y MegaSquirt-II.

**Tabla 17.**

#### *Procedimiento de instalación del Bluetooth*

Actividad	Descripción	Imagen
Conectar el cable DB9	Se conectó y se aseguró el cable conector DB9 macho a la entrada del ECM. Luego se fijó al ECM en un lugar donde el cable no se encuentre forzado y doblado.	

CONTINÚA



Conectar el sistema Bluetooth	Para instalación del Bluetooth se conectó al cable DB9 que previamente se encuentra conectado la ECM. Se Verifico que el leed de encendido se encuentre prendido al poner el switch en contacto.	
Reset de Bluetooth	Para la configuración del Bluetooth con la Pc se reseteo, para no tener problemas de emparejamiento y descartar antiguas conexiones.	
Configuración de Bluetooth	El configuración del Bluetooth primero se activó la conexión en el programa TunerStudio, luego se procedió con el emparejamiento del mismo y listo para la programación de la computadora reprogramable MegaSquirt-II	

### 3.10.3 Desarrollo de la programación de la computadora reprogramable MegaSquirt-II

Para la programación del ECM, se realizó los siguientes pasos descritos en la tabla.

**Tabla 18.**  
*Procedimiento de programación*

Procedimiento	Desarrollo	Imagen
Nuevo proyecto.	Al iniciar el software TunerStudio se seleccionó crear nuevo proyecto para empezar a	

CONTINÚA



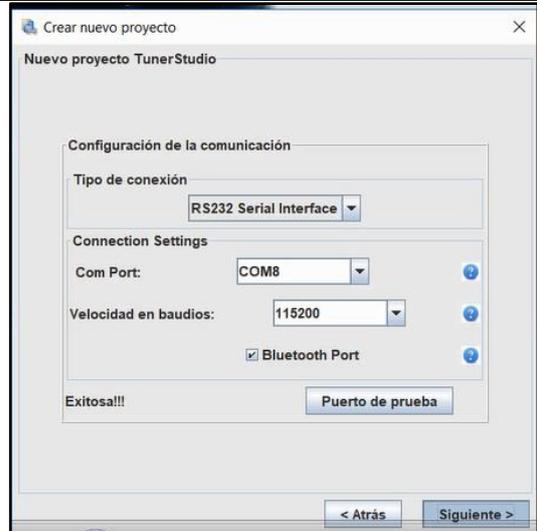
cargar los diferentes parámetros del motor



Selección de tipo de conexión

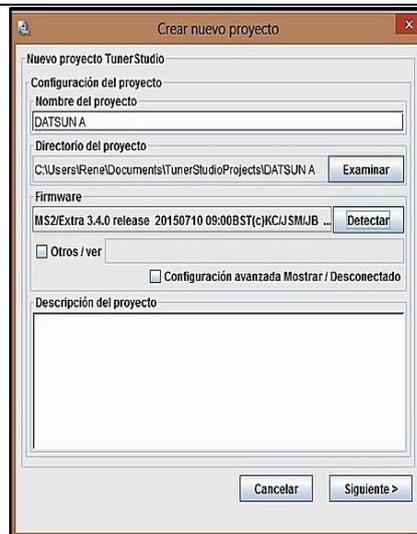
Se escogió tipo de conexión con el cual se realizó la comunicación de ECU con la PC.

Para este proyecto se seleccionó la comunicación mediante Bluetooth y se realiza un test del puerto en el cual este enlazado.



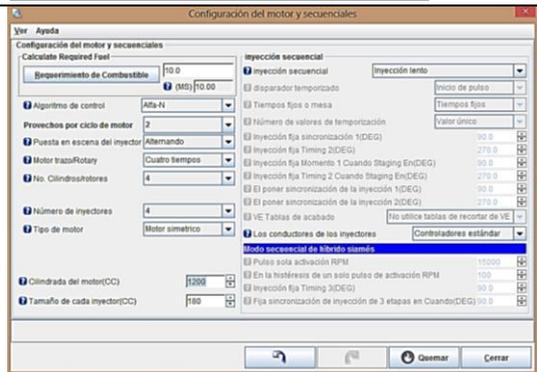
Designación del proyecto.

Se coloca un nombre al proyecto, se carga los parámetros incluidos en ECM.



Ingreso de datos

Se ingresó los datos del motor en este caso es un motor de 4 cilindros de 1200cc, con un sistema de inyección multipunto.

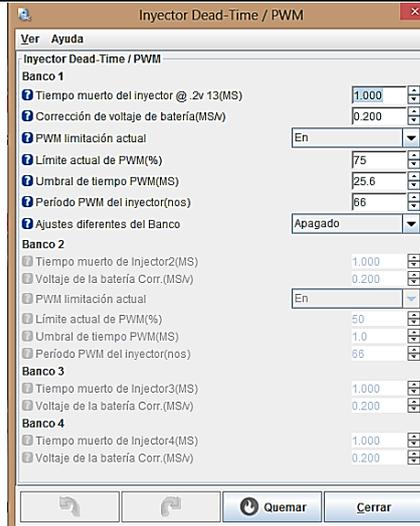


CONTINÚA



Parámetros de inyección

Se ingresó los parámetros dependiendo de los inyectores a utilizar.



Sincronización de la rueda fónica

La sincronización de la rueda fónica se lo realizo con 60 dientes menos 2 con ángulo de diente de 118°.



Calibración de sensor TPS

Primero se puso la mariposa de aceleración completamente cerrada y dar clic al primer botón obtener actual. Luego se puso la mariposa totalmente abierta y poner actual.



Programación del sensor MAP

Para la calibración se ubica en la pestaña Tools se selecciona calibración MAP, el sensor se encuentra integrado a la ECM y es un sensor MAP MPX4250

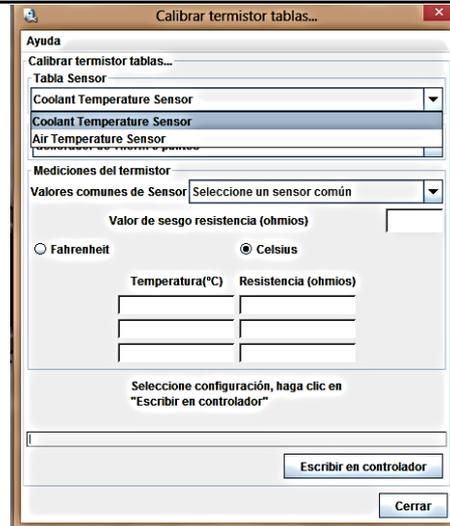


CONTINÚA



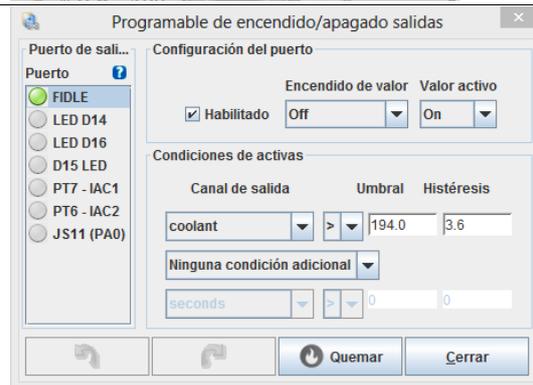
Programación de los sensores ECT e IAT

Se ubica en herramientas, luego calibrar las tablas termistor y luego se procedió a ingresar los datos en grados Celsius.



Activación electro ventilador

Para la progresión del electro ventilador, se ubica en Programable de encendido/ apagados salidas y se activa la salida FIDLE y la temperatura que debe encenderse el ventilador.

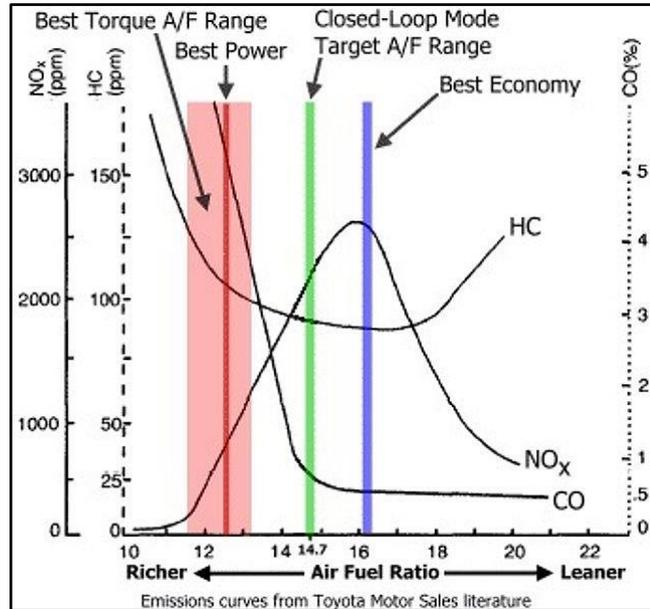


### 3.11 Mapeo de la computadora reprogramable MegaSquirt-II

Para el mapeo de la computadora se tomó mapas bases como la de AFR (Relación aire combustible), VE (Eficiencia volumétrica) y la Tabla de encendido.

En el mapeo del AFR tomar en cuenta lo descrito por USED MOTORPARTS. (2017) La relación estequiometria donde se aprecia claramente que los gases residuales tóxicos son insignificantes, posteriormente con el catalizador se eliminan. También la relación estequiometria la producción de CO<sub>2</sub> es máxima, por eso en las máquinas de análisis se puede utilizar el nivel de CO<sub>2</sub> como punto de referencia de la combustión del motor. Cuando la mezcla es rica la tendencia es producir más monóxido de carbono (CO) y restos de hidrocarburos sin quemar (HC). Por lo contrario una mezcla genera hidrocarburos sin quemar, pero la tendencia es a que suban los

Óxidos de Nitrógeno NO<sub>x</sub> y el oxígeno (O<sub>2</sub>) esto se puede observar en el siguiente gráfico.



**Figura 65.** Relación Aire Combustible.

Fuente: (USEDMOTOPARTS, 2017).

### 3.11.1 Primer mapeo de la computadora reprogramable

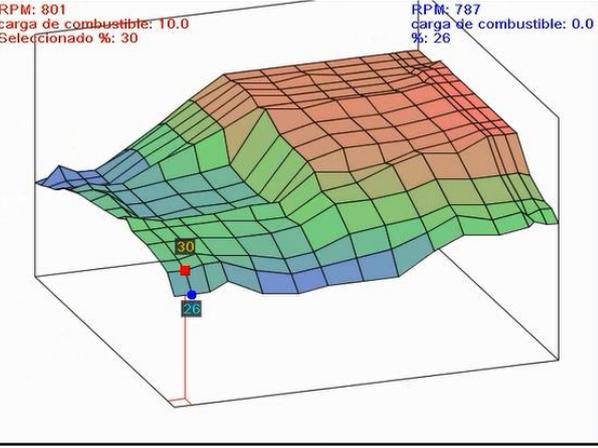
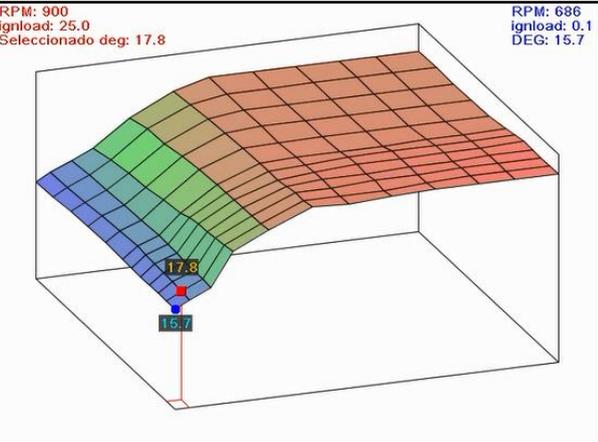
**Tabla 19.**

*Primera reprogramación.*

Parámetros	Descripción	Imagen
AFR	En la relación aire combustible se empezó con un factor de 15:4 de relación aire combustible.	

CONTINÚA



<p><b>VE</b></p>	<p>Fue considerado una eficiencia volumétrica de carga de combustible de un 40%.</p>	
<p><b>Inyección</b></p>	<p>Para el avance del encendido fue estimado, 15 grados de adelanto</p>	

### 3.11.2 Resultados de las pruebas de potencia y torque de la primera reprogramación.

Realizada las pruebas en el dinamómetro de la primera reprogramación a un rango 4000 a 5000 RPM, obteniendo valores de potencia de 47.6 Hp hacia las ruedas y 61.88 Hp del motor con una pérdida entre el motor y la transmisión del 30%. El torque máximo 7.57 Kgm en las ruedas y un valor de torque máximo del motor de 9.841 Kgm, los valores se indican en la figura 66.

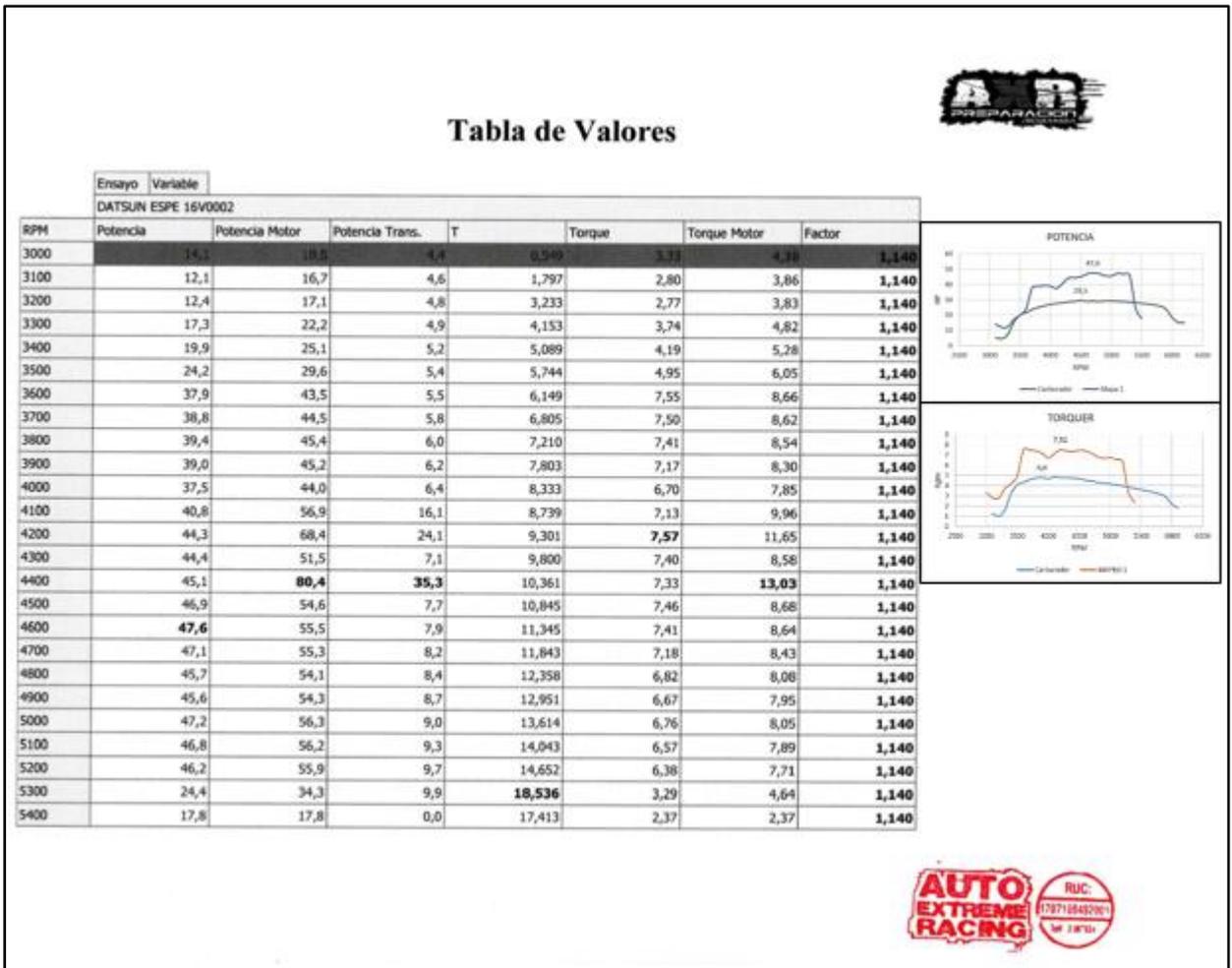


Figura 66. Resultados de torque y potencia.



Figura 67. Curvas de potencia y torque.

### 3.11.3 Pruebas de consumo de combustible primera reprogramación

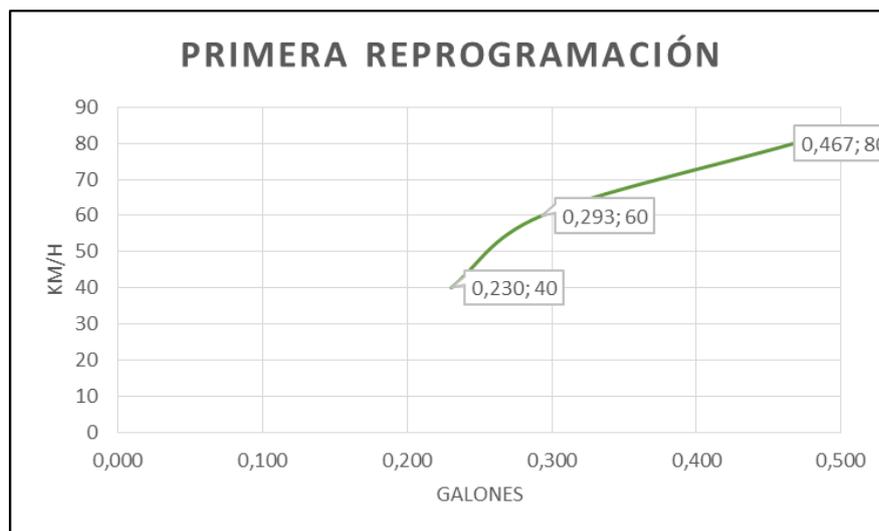
Para la consumo de combustible se realiza el mismo procedimiento, con velocidades de 40, 60, 80, Km/h los resultados se detallan en la tabla 20.

**Tabla 20.**

*Resultados de consumo.*

Velocidad	Recorrido (Km)	Consumo (Galones)	Consumo (litros)	Distancia recorrida
40	20	0.230	0.872	86.81 Km/Gal
60	20	0.293	1.109	68.24 Km/Gal
80	20	0.467	1.769	42.8 Km/Gal

Gráfico de la curva de consumo con los parámetros de velocidad y la distancia consumido por galón de la primera reprogramación

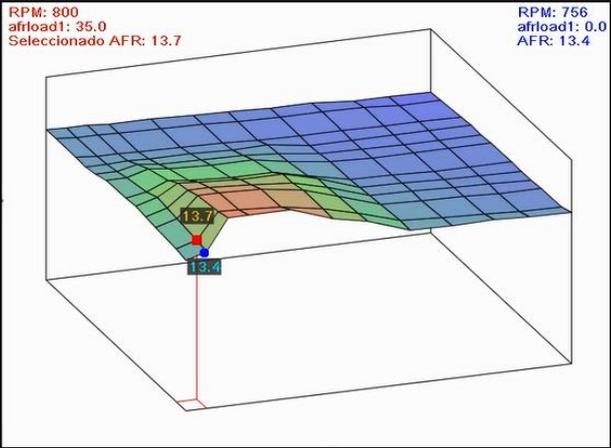
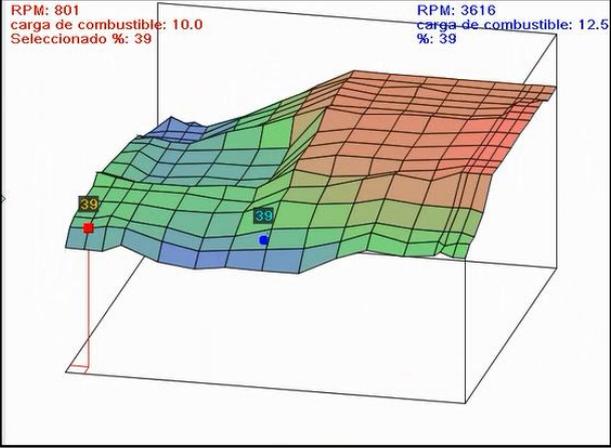
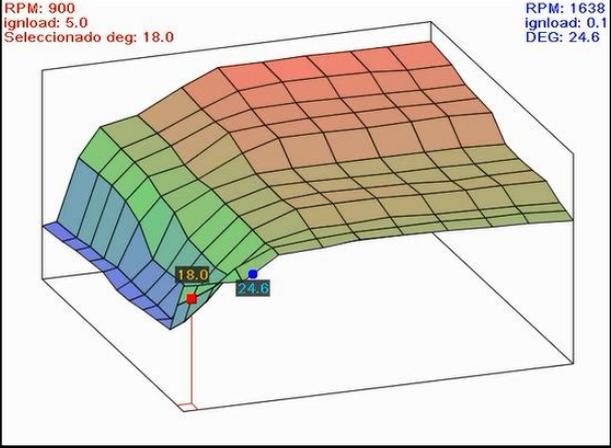


**Figura 68:** Tendencia de consumo de combustible.

### 3.11.4 Segundo mapeo de la computadora reprogramable.

Esta programación se busca conseguir más eficiencia del motor mejorando la relación aire combustible, aumentando el avance del encendido, como la eficiencia volumétrica.

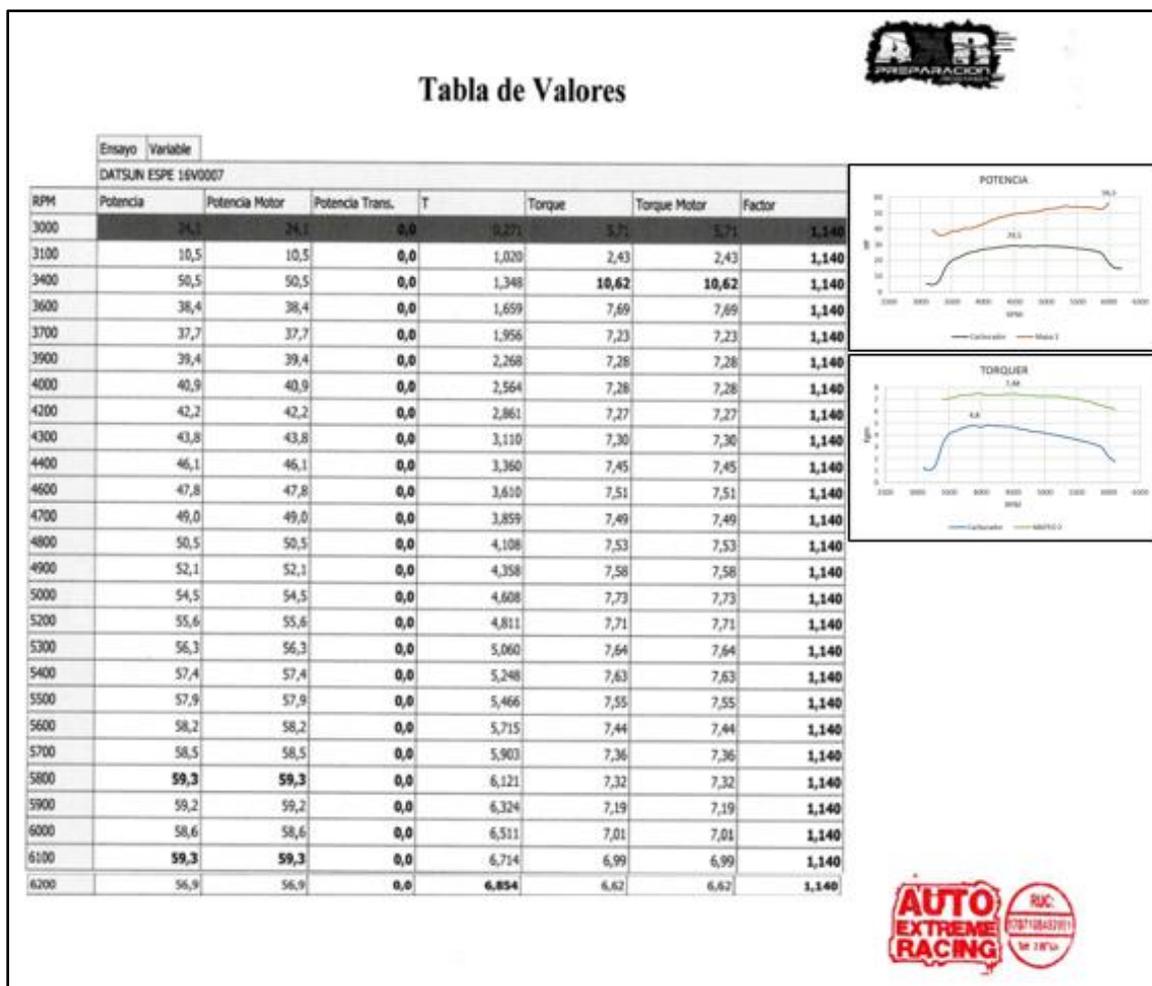
**Tabla 21.**  
*Segunde reprogramación.*

Parámetros	Descripción	Imagen
AFR	Para mejorar su rendimiento se colocó una relación de 13.4 de aire y combustible	 <p>RPM: 800 afload1: 35.0 Seleccionado AFR: 13.7</p> <p>RPM: 756 afload1: 0.0 AFR: 13.4</p>
VE	El porcentaje de eficiencia volumétrica fue aumentada en un 10%.	 <p>RPM: 801 carga de combustible: 10.0 Seleccionado %: 39</p> <p>RPM: 3616 carga de combustible: 12.5 %: 39</p>
Inyección	En esta calibración fue aumentado unos 24 grados de adelanto a la inyección.	 <p>RPM: 900 ignload: 5.0 Seleccionado deg: 18.0</p> <p>RPM: 1638 ignload: 0.1 DEG: 24.6</p>

### 3.11.5 Resultados de la prueba de potencia y torque.

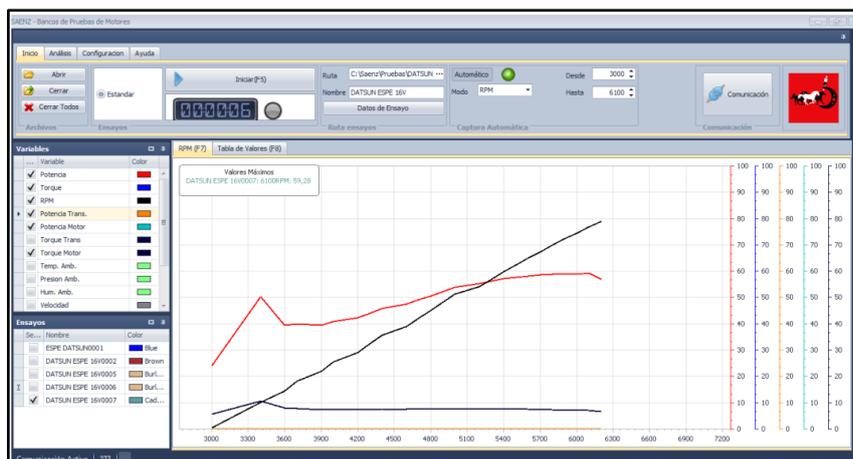
En la segunda reprogramación se determinó con el dinamómetro que la potencia máxima generada es 59,3 Hp hacia las ruedas y 77.09 Hp generado por el motor con

una torque de 10.62 Kgm hacia las ruedas y un 13.80 Kgm generado por el motor a un intervalo de revoluciones de 5000 a 6000 rpm, con una pérdida del 30% desde el motor hacia la trasmisión de las ruedas.



**Figura 69.** Datos de torque y potencia

Al analizar los datos del dinámetro se observa que la potencia no subió en gran medida mientras que el torque aumento sustancialmente, lo que se pudo determinar que el rendimiento del motor estaría similar a la primera reprogramación.



**Figura 70.** Curvas de toque y potencia

### 3.11.6 Prueba de consumo de combustible segunda reprogramación

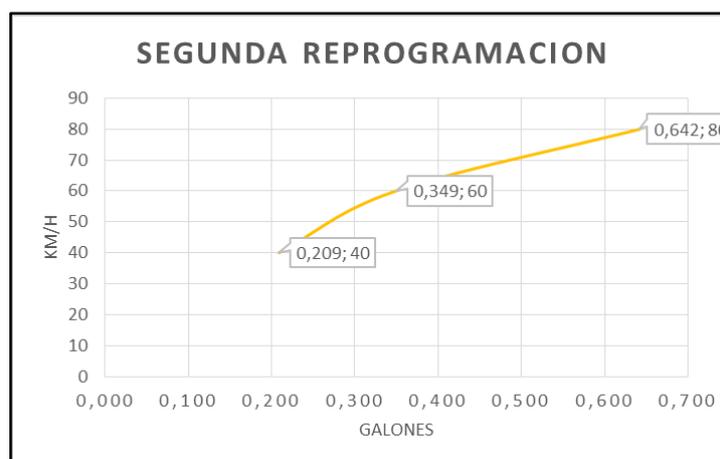
La prueba se lo realiza con velocidades de 40, 60, 80 km/h con la segunda reprogramación.

**Tabla 22.**

*Resultados de prueba de consumo de combustible.*

Velocidad	Recorrido (Km)	Consumo (Galones)	Consumo (litros)	Distancia recorrida
40	20	0.209	0.790	95.81 Km/Gal
60	20	0.349	1.322	57.28 Km/Gal
80	20	0.642	2.431	31.14 Km/Gal

En la figura 71, se muestra la curva de consume de combustible en función de la velocidad.



**Figura 71.** Tendencia de consumo de combustible.

### 3.11.7 Tercer mapeo de la computadora reprogramable.

En la tercera programación se tomó valores de AFR lo más cercano a lo ideal que es de 14.7 y reducir el adelanto de la inyección para tener un mejor VE.

**Tabla 23.**  
*Tercera reprogramación.*

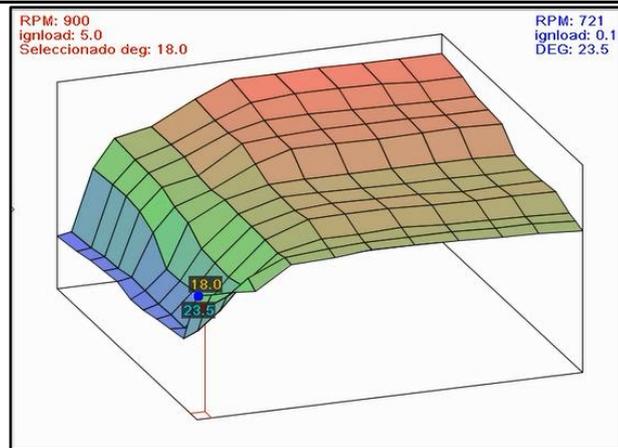
Parámetros	Descripción	Imagen
<b>AFR</b>	En este parámetro se colocó una relación aire combustible 13.7 para poder estar en punto intermedio de anteriores programaciones.	
<b>VE</b>	En eficiencia volumétrica lo que se busco es tener un rango equivalente del funcionamiento del motor.	

CONTINÚA



**Inyección**

Se tomó como referencia las anteriores reprogramaciones se cola un avance de encendido intermedio de 19.2 grados de adelanto.



### 3.11.8 Resultados de las pruebas de potencia y torque.

Las pruebas realizadas en dinamómetro indican que la tercera reprogramación muestra valores más equilibrados aumentando la potencia máxima a 60.4 Hp hacia las ruedas y 78.52 Hp generados por el motor, con un torque máximo de 7.95 Kgm hacia las ruedas y un 9.86 Kgm generados por el motor, en un rango de 5000 a 6000 RPM y una pérdida del 30% desde el motor hacia la trasmisión, como se puede apreciar en la figura 72.

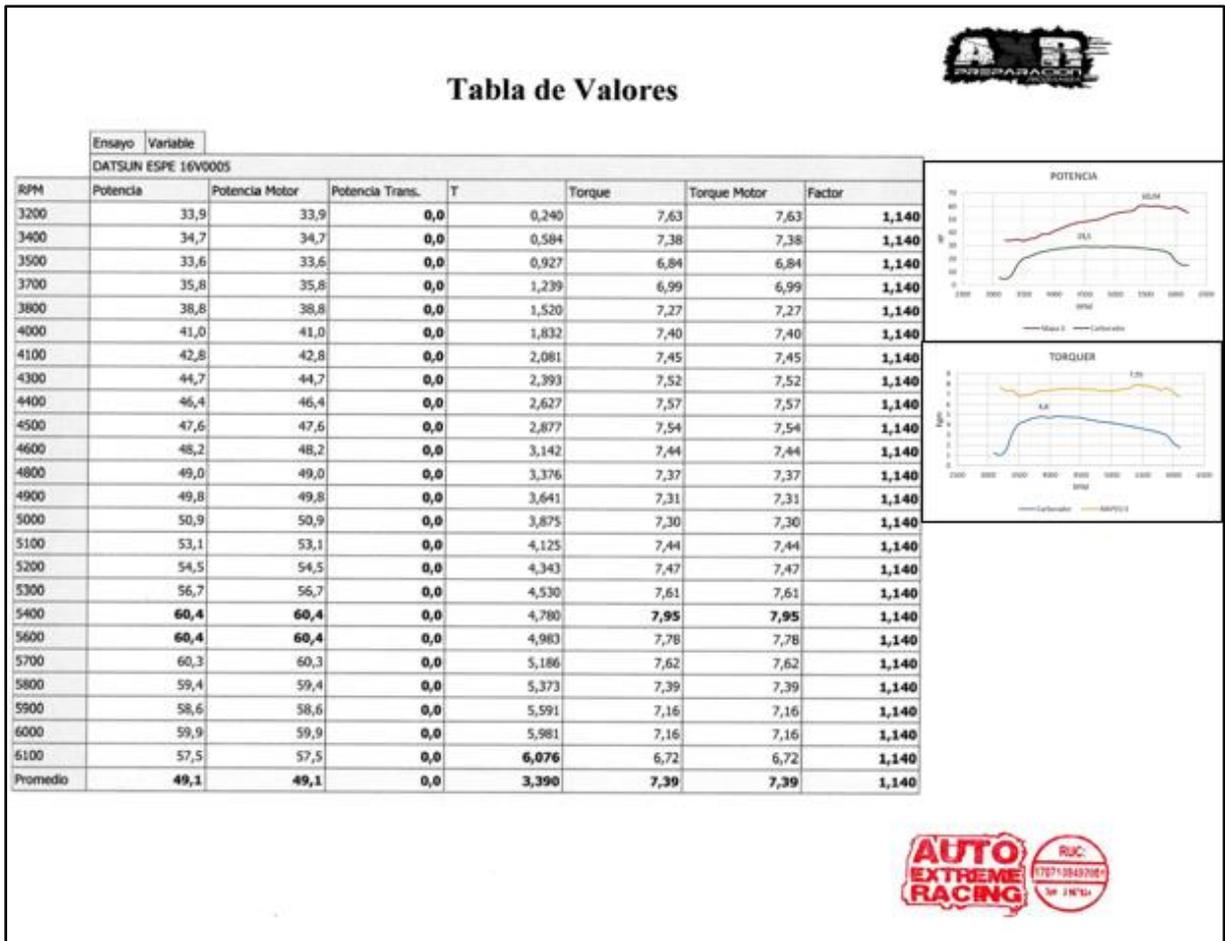


Figura 72. Datos de torque y potencia.

En la figura 73, se observa las curvas de torque y potencia.



Figura 73. Curvas de potencia y torque

### 3.11.9 Prueba de consumo de combustible tercera reprogramación

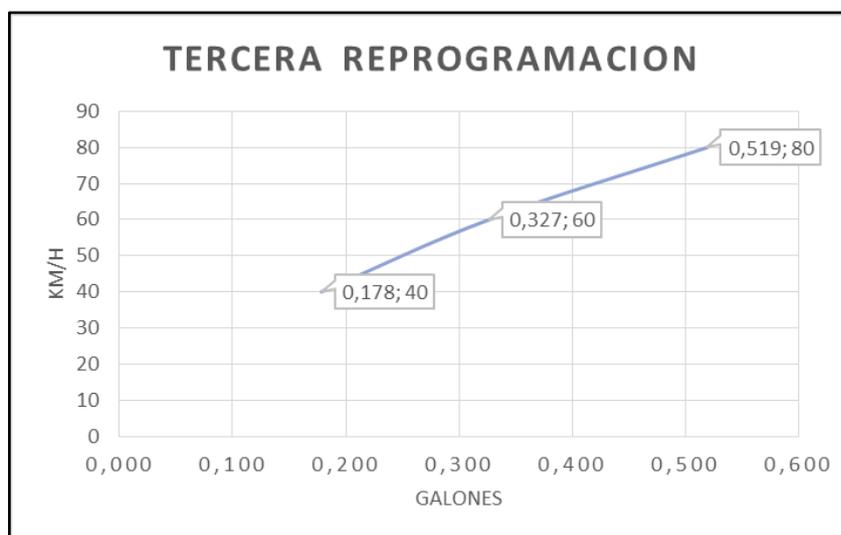
La prueba se lo realiza con velocidades de 40, 60, 80 km/h con la tercera reprogramación.

**Tabla 24.**

*Resultados de prueba de consumo de combustible.*

Velocidad	Recorrido (Km)	Consumo (Galones)	Consumo (litros)	Distancia recorrida
40	20	0.209	0.790	112.1 Km/Gal
60	20	0.349	1.322	61.24 Km/Gal
80	20	0.642	38.51	38.51 Km/Gal

El consume de combustible generado por la tercera reprogramación, se muestra en la figura 74, la cual nos indica la curva de consumo de combustible en función de la velocidad.



**Figura 74.** Tendencia de consumo de combustible.

### 3.12 Cálculos

Para la realización de los cálculos es necesario establecer las características del motor, se las detallan en la tabla 25.

**Tabla 25.***Características de motor Nissan A12*

Parámetros del motor Nissan A12	
Cilindraje	1171 cm <sup>3</sup>
Numero de cilindros	4 cilindros en línea OHV
Carrera	70mm
Diámetro del pistón	73mm
Compresión	105 psi
Potencia motor	38.5 hp SAE @ 6100 rpm
Torque	6.318 kg/m @ 4000 rpm

Rendimiento del ciclo, ecuación 1

$$\eta = 1 - \frac{1}{9^{1.4-1}}$$

$$\eta = 0.5847$$

Cilindrada total, ecuación 2

$$VH = 4 * 292.977$$

$$VH = 1171.908 \text{ cm}^3$$

Cilindrada unitaria, ecuación 3

$$V_h = \frac{\pi(73)^2 70}{4}$$

$$V_h = 292977.0769 \text{ mm}^3$$

$$V_h = 292.977 \text{ cm}^3$$

Volumen de la cámara, ecuación 4

$$V_c = \frac{292.977 \text{ cm}^3}{9 - 1}$$

$$V_c = 36.622 \text{ cm}^3$$

Volumen total del cilindro, ecuación 5

$$V_a = 36.622 + 292.977$$

$$V_a = 329.5961 \text{ cm}^3$$

Sección del pistón, ecuación 6

$$A_p = \frac{\pi(73)^2}{4}$$

$$A_p = 4185.38$$

Presión de admisión, ecuación 7

$$P_a = 0.1019 (2.4) \frac{50^2}{2} (0.9115) 10^{-6}$$

$$P_a = 0.09522087 \text{ Mpa}$$

Densidad de la carga de admisión, ecuación 8

$$\rho_o = 0.1019 \text{ Mpa}$$

Temperatura en admisión, ecuación 9

$$T_a = \frac{286.15 \text{ °k} + 15 + 0.39045 * 900}{1 + 0.39045}$$

$$T_a = 469.31 \text{ °k}$$

Presión de compresión, ecuación 10

$$P_c = 0.09522087 * 9^{1.3-1}$$

$$P_c = 1.8407927 \text{ Mpa}$$

Temperatura en compresión, ecuación 11

$$T_c = 469.31 \text{ °k} * 9^{1.3-1}$$

$$T_c = 907.26 \text{ °k}$$

Presión en explosión, ecuación 12

$$P_z = 0.09084493621 \frac{2300 \text{ °k}}{907.26 \text{ °k}} 0.18407927$$

$$P_z = 9.084493621 \text{ Mpa}$$

Coeficiente real de variación molecular, ecuación 13

$$\mu_r = \frac{1.08 + 0.39045}{1 + 0.39045} 0.18407927$$

$$\mu_r = 0.1946703316 \text{ Mpa}$$

Temperatura en escape, ecuación 14

$$T_b = \frac{2300 \text{ °k}}{9^{1.3-1}}$$

$$T_b = 1189.74 \text{ °k}$$

Presión media indicada, ecuación 15

$$p_{i \text{ nr}} = 0.1019 \frac{9^{1.3}}{9-1} \left[ \frac{4.9369}{1.3-1} \left( 1 - \frac{1189.74}{2300} \right) - \frac{1}{1.3-1} \left( 1 - \frac{469.31}{907.26} \right) \right]$$

$$p_{i \text{ nr}} = 6.334772538 \text{ Mpa}$$

Presión media del ciclo, ecuación 16

$$p_i = 6.334772538 * 0.97$$

$$p_i = 6.144729362$$

Rendimiento mecánico, ecuación 17

$$\eta_m = \frac{38.35}{94.12}$$

$$\eta_m = 40.7$$

$$\eta_m = \frac{61.93}{94.12}$$

$$\eta_m = 65.80$$

$$\eta_m = \frac{73.47}{94.12}$$

$$\eta_m = 78.06$$

$$\eta_m = \frac{78.57}{94.12}$$

$$\eta_m = 83.48$$

Rendimiento indicado, ecuación 18

$$\eta_i = \frac{6.144729362 * 0.0002929 * 4000 * 4}{30 * 4}$$

$$\eta_i = 94.12$$

*Relación de compresión, ecuación 19*

$$R_c = 9:1$$

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE PRUEBA DINÁMICA DE DESEMPEÑO, CONSUMO Y EMISIONES.

#### 4.1 Análisis comparativo de potencia y torque.

Con los datos obtenidos de potencia y torque se realizó un análisis comparativo entre el motor a carburador estándar y las diferentes reprogramaciones que se generó en sistema de inyección combustible, para determinar el mejor funcionamiento del motor.

##### 4.1.1 Primera reprogramación

En la tabla 26, se muestra la prueba dinámica de potencia después de realizar la primera reprogramación, obteniendo un porcentaje de ganancia del 38.03% sobre el motor estándar.

**Tabla 26.**

*Porcentaje de ganancia de la potencia con la primera reprogramación.*

	RPM del motor	Potencia a las ruedas (Hp)	Potencia Máxima del motor (Hp)
<b>Estándar</b>	4500	29.5	38.35
<b>Primera reprogramación</b>	4600	47.6	61.88
<b>Ganancia Neta</b>		18.1	23.53
<b>% de ganancia</b>		38.03%	38.03%

En la tabla 27, se muestra los valores de torque obtenidos del dinamómetro, al realizar la primera reprogramación, obteniendo una ganancia del 35.80%

**Tabla 27.**

Porcentaje de ganancia de torque con la primera reprogramación.

	RPM del motor	Torque a las ruedas (Kgm)	Torque máximo del motor (Kgm)
<b>Estándar</b>	4000	4.86	6.31
<b>Primera reprogramación</b>	4200	7.57	9.841
<b>Ganancia Neta</b>		2.71	3.531
<b>% de ganancia</b>		35.80%	35.80%

#### 4.1.2 Segunda reprogramación

En la tabla 28 se muestra los porcentajes obtenidos del dinamómetro el cual fue comparado con el motor estándar y el motor modificado con una segunda reprogramación dando una ganancia del 50.25%

**Tabla 28.**

Porcentaje de ganancia de la potencia con la segunda reprogramación.

	RPM del motor	Potencia a las ruedas (Hp)	Potencia máxima del motor (Hp)
<b>Estándar</b>	4500	29.5	38.35
<b>Segunda reprogramación</b>	5800	59.3	77.09
<b>Ganancia Neta</b>		29.8	38.74
<b>% de ganancia</b>		50.25%	50.25%

El tabla 29, se encuentra valores de torque, los cuáles nos indican un porcentaje de ganancia del 29.09% con relación del motor estándar.

**Tabla 29.**

Porcentaje de ganancia de la torque con la segunda reprogramación.

	RPM del motor	Torque a las ruedas(Kgm)	Torque máximo del motor (Kgm)
<b>Estándar</b>	4000	4.86	6.31
<b>Segunda reprogramación</b>	4500	7.48	9.724
<b>Ganancia Neta</b>		2.62	3.414
<b>% de ganancia</b>		35.03%	35.03%

### 4.1.3 Tercera reprogramación

En la Tabla 30, se encuentra que las pruebas dinámicas de potencia con una tercera reprogramación se obtiene una ganancia del 51.16% la cual al comparar con las anteriores es el porcentaje que mayor eficiencia nos brinda para el motor.

**Tabla 30.**

*Porcentaje de ganancia de la potencia con la tercera reprogramación.*

	RPM del motor	Potencia a las ruedas (Hp)	Potencia máxima del motor (Hp)
<b>Estándar</b>	4500	29.5	38.35
<b>Tercera reprogramación</b>	5400	60.4	78.52
<b>Ganancia Neta</b>		30.9	40.17
<b>% de ganancia</b>		51.16%	51.16%

En la Tabla 31 el porcentaje de torque obtenido en una tercera reprogramación es del 38.87% de ganancia.

**Tabla 31.**

*Porcentaje de ganancia de torque con la tercera reprogramación.*

	RPM del motor	Torque a las ruedas(Kgm)	Torque máximo del motor (Kgm)
<b>Estándar</b>	400	4.86	6.31
<b>Tercera reprogramación</b>	5400	7.95	10.33
<b>Ganancia Neta</b>		3.09	4.024
<b>% de ganancia</b>		38.87%	38.87%

Mediante las reprogramaciones realizadas y las pruebas dinámicas con cada una de ellas y con el motor estándar, se logró concluir que la mejor reprogramación fue la tercera dándonos un valor de potencia máxima de 78.52 Hp, con respecto al motor estándar, como se indica en la figura 75.



**Figura 75.** Valore de potencia máxima.

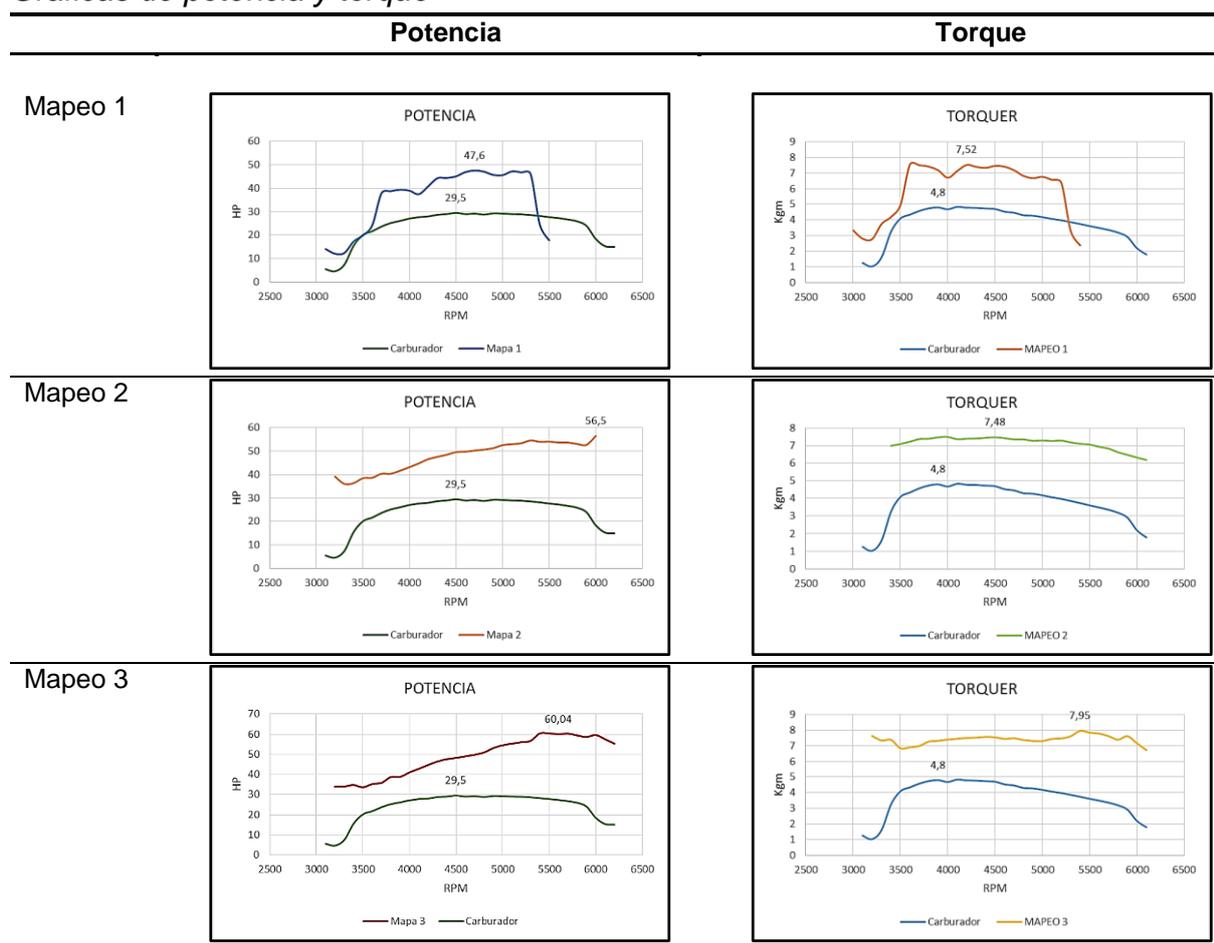
En las pruebas realizadas con el dinamómetro se obtuvieron diferentes programaciones. Se logra concluir un análisis de los datos obtenidos dándonos como resultado, que en la tercera reprogramación se obtuvo un torque máximo de 10.33 Kgm. con respecto al motor estándar.



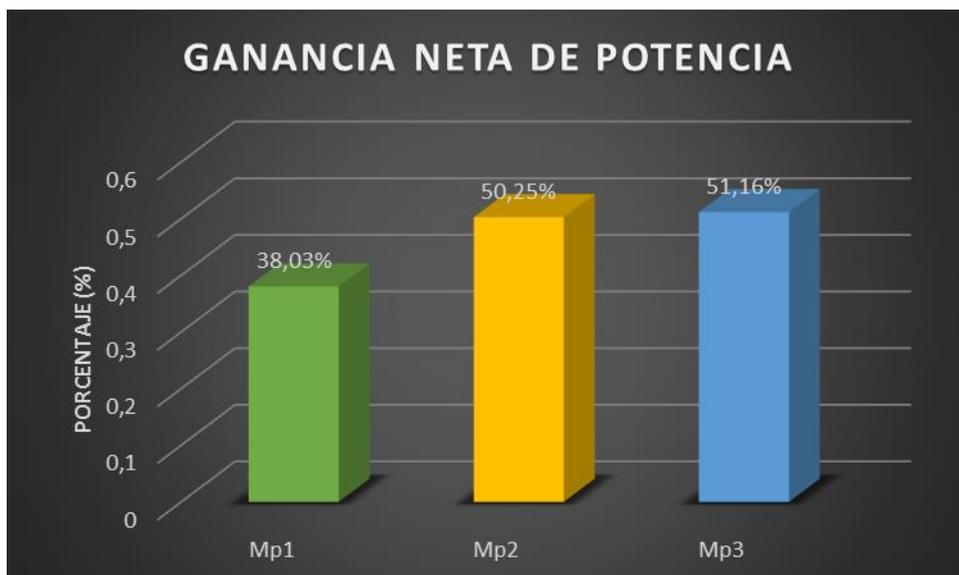
**Figura 76.** Valores de torque.

En la investigación se realiza el análisis comparativo de torque y potencia, entre el motor a carburador estándar y las diferentes reprogramaciones, obteniendo tres mapas donde se puede diferenciar la eficiencia en el motor al realizar las modificaciones de cabezote e inyección electrónica, estos valores se reflejan en la tabla 32.

**Tabla 32.**  
*Graficas de potencia y torque*

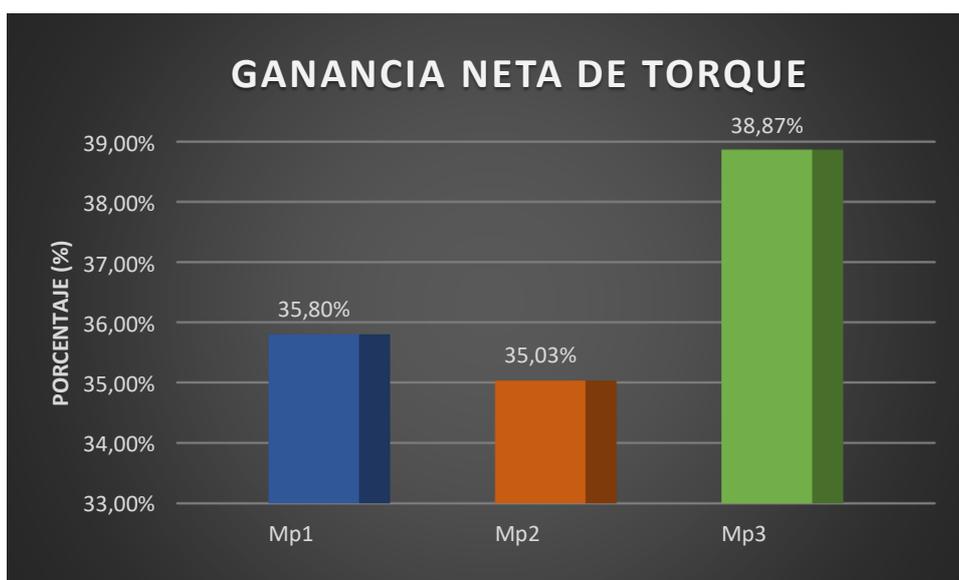


Con datos obtenidos por las pruebas del dinamómetro se realizó la comparación del motor estándar y las tres reprogramaciones dándonos como resultado que la tercera reprogramación es mucho más efectiva en potencia dándonos un 51.16% de efectividad con respecto al motor a carburador.



**Figura 77.** Valore de ganancia neta de potencia.

En figura 78, nos muestra una estadística de los valores de torque obtenidos del dinamómetro indicando que la tercera reprogramación es más eficiente en comparación del motor estándar, arrojando una eficiencia del 38.7% estableciendo que las modificaciones realizadas mejoran sustancialmente la eficiencia del motor.



**Figura 78.** Valores de ganancia neta de torque máximo.

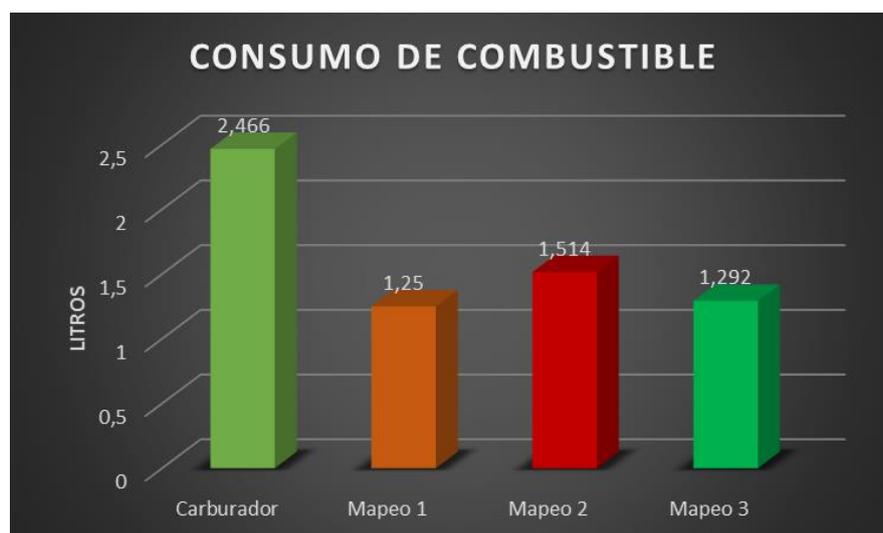
## 4.2 Comparación de consumo de combustible.

El análisis de consumo se realizó con los datos recolectados de prueba de consumo, comparando el motor estándar a carburador con el motor modificado a Twin Cam y a inyección electrónica reprogramable, con tres tipos de reprogramaciones dándonos diferentes parámetros consumos de combustible.

**Tabla 33.**

*Promedio de consumo de combustible*

Velocidad (Km/h)	Recorrido (Km)	Carburador (litros)	Mapeo 1 (litros)	Mapeo 2 (litros)	Mapeo 3 (litros)
40	20	1.927	0.872	0.790	0.675
60	20	2.527	1.109	1.322	1.236
80	20	2.944	1.769	2.431	1.966
<b>Promedio:</b>		2.466	1.250	1.514	1.292

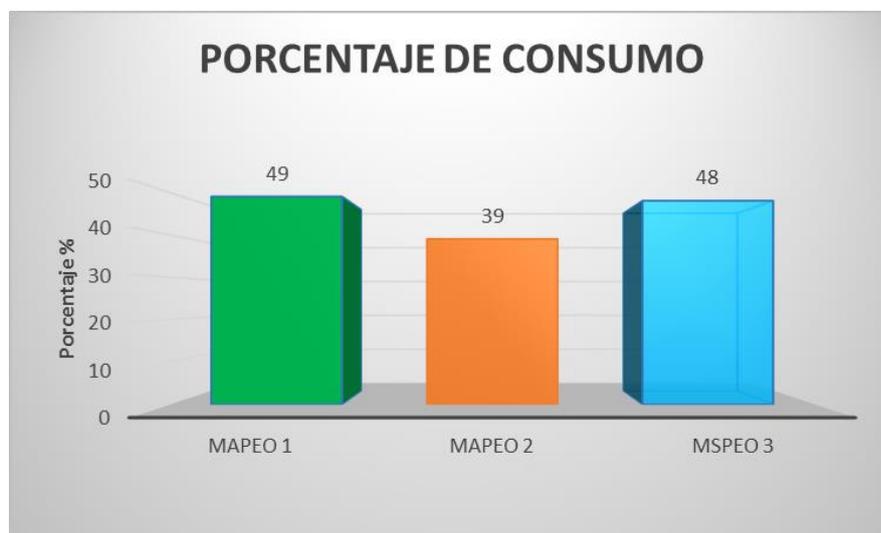


**Figura 79.** Estadísticas de consumo de combustible.

Al tener el promedio del consumo de combustible, de las diferentes pruebas realizadas tanto a carburador como a inyección electrónica, nos da como resultado que con las modificaciones a inyección fueron bastante eficiente más aun con la primera y tercera reprogramación.

**Tabla 34.***Porcentaje de consumo de combustible.*

	Mapeo 1 (litros)	Mapeo 2 (litros)	Mapeo 3 (litros)
	1.25	1.514	1.292
Carburador (litros)	2.466	2.466	2.466
Ganancia Neta	1.216	0.952	1.174
Porcentaje %	49%	39%	48%

**Figura 80.** Porcentaje de consumo de combustible.

El resultado del análisis de consumo de combustible determino que con el motor a inyección electrónica y sistema, se logra una eficiencia del 39 al 49% de consumo de combustible, con relación al motor a carburador.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos

En el proyecto se utilizaron recursos humanos, materiales, tecnológicos que fueron de gran ayuda y permitieron desarrollar los objetivos planteados de forma satisfactoria.

##### 5.1.1 Recursos humanos.

Los parámetros más importantes que se utilizaron en la investigación fueron: la compilación de fuentes confiables científicas, la aplicación de métodos de investigación, la aplicación de muestreo de resultados bajo la constante colaboración de nuestro director en la tabla 29, se especifica los recursos humanos del proyecto

**Tabla 35.**

*Recursos humanos del proyecto.*

<b>Rene Reinaldo Recalde Regalado</b>	Investigador
<b>Jonatan Xavier Utreras Quiroga</b>	Investigador
<b>Ing. Germán Erazo</b>	Director del proyecto

##### 5.1.2 Recursos tecnológicos.

Los recursos que se destacaron para la elaboración de esta investigación se detallan en la tabla 36.

**Tabla 36.***Recursos tecnológicos del proyecto.*

N°	Descripción
1	Software TunerStudio
2	Software dinamómetro

**5.1.3 Recursos materiales.**

Para la investigación se utilizó elementos físicos para llevar a cabo la investigación, que se detallan en la tabla 37.

Tabla 37.

Recursos materiales del proyecto

N°	Recursos materiales
1	Motor Nissan A12
2	MegaSquirt II pro
3	Dinamómetro
4	Multímetro
5	Interfaz bluetooth Msq

**5.1.4 Recursos financieros.**

La realización de la investigación se da a través de recursos propios, el proyecto tiene un costo de \$ 2202.20, cuyo valor se detalla en las siguientes tablas: implementación del sistema de twin cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico, pruebas realizadas

**Tabla 38.**

*Costo de la implementación del sistema de twin cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico*

N°	ÍTEMS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MegaSquirt	1	700.00	700.00
2	Interfaz bluetooth Msq	1	50.00	50.00
3	Sistema Twin Cam	1	1000.00	1000.00
4	Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)	1	30.00	30.00
5	Sensor de posición de mariposa (TPS)	1	38.00	38.00
6	Sensor de temperatura de aire (IAT)	1	12.00	12.00
7	Bomba de gasolina	1	15.00	15.00
8	Múltiple de admisión	1	15.00	15.00
9	Cuerpo de aceleración ITB	1	150.00	150.00
10	Bobina	1	20.00	20.00
<b>TOTAL</b>				<b>2030.00</b>

**Tabla 39.**

*Costo de pruebas realizadas.*

N°	ÍTEMS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Dinamómetro	3	50.00	150.00
2	Consumo de combustible	15	1.48	22.20
<b>Total</b>				<b>172.20</b>

## CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo de investigación se concluyó lo siguiente:

- Se indagó mediante fuentes bibliográficas, la forma de mejorar el rendimiento mecánico a través de la implementación de un sistema Twin Cam.
- Se realizó la investigación de desempeño del motor Nissan A12 a través de la implementación del sistema twin cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Se seleccionó los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para la implementación del sistema Twin Cam con inyección reprogramable a través de un sistema inalámbrico.
- Con la ayuda de catálogos se seleccionó el cabezote twin cam idóneo para la investigación.
- Con el apoyo de una ECU reprogramable se logró configurar mapeos de relación aire combustible, eficiencia volumétrica y adelantos a la inyección.
- Con la implementación del sistema twin cam con inyección reprogramable hubo un incremento de torque como resultado más de un 38.87 % eficiencia en el motor Nissan A12 lo cual sobrepaso al objetivo planteado.
- Mediante un sistema de reprogramación inalámbrico se logró una comunicación más sencilla entre la ECU reprogramable y el software dedicado TunerStudio.
- Se realizó la medición y comparación de los parámetros mecánicos del motor Nissan A12 entre el sistema convencional y el sistema electrónico, dando como resultado mejor eficiencia en el sistema electrónico.

- Al implementar el sistema de inyección con ECU reprogramable y generar tres modelos de reprogramación se logró concluir que el primer modelo es el más eficiente en consumo de combustible con un porcentaje de 1.25 litros por cada 20km de recorrido a diferencia del sistema carburador que tiene un porcentaje de consumo de 2.46 litros por cada 20km de recorrido con velocidad promedio de 40 a 80 km/h
- Con la ayuda del dinamómetro se pudo determinar que la potencia en el sistema a carburador es de 38.5 Hp, a diferencia del sistema a Twin Cam con inyección reprogramable es de 78.57 Hp con un porcentaje de 51.16 % de eficiencia neta de potencia.

## RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo de investigación se recomienda:

- Revisar el manual de servicio del motor para verificar cada uno de los sistemas mecánicos, eléctricos para evitar posibles fallas al realizar las primeras pruebas en el dinamómetro.
- En la implantación del sistema Twin Cam, desconectar la batería y todas las conexiones ubicadas en el motor.
- Se recomienda desmontar el motor para una mejor visualización y adaptación del sistema Twin Cam.
- En la instalación del cabezote verificar las entradas, salidas de refrigeración y lubricación que se encuentren conectadas con el bloc del motor.
- Investigar que los cálculos de relación de compresión en el rango establecido que es de 8:1 a 11:1.
- Verificar las conexiones de los sensores implementados ya que son de suma importancia para el funcionamiento de la ECU y tomar en cuenta el sensor CKP que se encuentre en un Angulo de 90° para su funcionamiento.
- Tener presente el manual de instalación de la ECU MegaSquirt para evitar malas conexiones al momento de instalar el arnés del mismo.
- Para realizar la programación de la ECU MegaSquirt tener presente la ficha técnica del motor para determinar los parámetros básicos de funcionamiento de la ECU.
- Verificar que la mezcla aire combustible sea la adecuada en un rango de 14.7:1 sería la mezcla ideal manteniendo los parámetros del motor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Suramerica. Recuperado el 13 de 05 de 2018. *Gobierno de Ecuador reemplaza venta de gasolina Extra por combustible Ecopáis*. Obtenido de ANDES: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/gobierno-ecuador-reemplaza-venta-gasolina-extra-combustible-ecopais.html>
- A comparative study of carburation and injection fuel supply methods in an LPG-fuelled SI engine. (2012). *Elsevier*, 6.
- Abril, C. Recuperado el 18 de 06 de 2018. Obtenido de [https://www.academia.edu/8273932/SISTEMAS\\_DE\\_CARBURACION\\_E\\_INYECCION](https://www.academia.edu/8273932/SISTEMAS_DE_CARBURACION_E_INYECCION)
- Abril, C. Recuperado el 10 de 05 de 2018. *SISTEMAS DE INYECCION E CARBURACION*. Obtenido de [https://www.academia.edu/8273932/SISTEMAS\\_DE\\_CARBURACION\\_E\\_INYECCION](https://www.academia.edu/8273932/SISTEMAS_DE_CARBURACION_E_INYECCION)
- Agencia Andaluza de la Energía. (2009). Manual Técnico de Uso de Biocarburante en Motores de Automoción. *Ediciones La Meseta*. Sevilla, España: La Meseta.
- Aneto, E. (2003). *Manual del Automovil*. Madrid: Cultural S.A.
- ANT. (19 de 06 de 2017). *ANT*. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias>
- Banrepcultural. (2012). *Banrepcultural*. Recuperado el 5 de 12 de 2018, de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/gaspre12.htm>
- Benítez, A., & Velástegui, S. (2015). *Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno*.
- Benjumea, P., Agudelo, J., & Rios, L. (2009). *Biodiésel: Producción, calidad y caracterización*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- BOSCH. (2012). *Manual de la técnica del automóvil* (Tercera ed.). Barcelona, España: Reverté, S.A.
- Bosch, R. (1996). *Manual de la Técnica Del Automóvil*. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (2000). *Sistemas de Encendido*. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (2002). *Los sensores en el automóvil*. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Reverte.
- Carpio, G. C. Recuperado el 22 de 10 de 2018. *Repositorio institucional*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2210>
- Castro, M. (1989). *El motor de gasolina*. Barcelona: Ceac.
- Clasicos, F. Recuperado el 29 de Diciembre de 2018. Obtenido de <http://www.fierrosclasicos.com/wp-content/uploads/2014/12/vs-2.jpg>
- Conesa, J. A. (2011). Motor de combustión interna. En *Experimentación en Ingeniería Química III*.
- Conocimientos web.net. Recuperado el 12 de 01 de 2018. *Conocimientos web.net*. Obtenido de Ladivisa del nuevo Milenio: <http://www.conocimientosweb.net/portal/article2785.html>
- Crouse, W. H. (1993). *Motores del Automovil*. México, D.F.: Alfaomega.
- Decreto Ejecutivo 1303. Recuperado el 17 de Septiembre de 2018. *International Energy Agency*. Obtenido de International Energy Agency: [http://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs\\_Ecuador\\_blendingmanadate2012.pdf](http://www.iea.org/media/pams/ecuador/PAMs_Ecuador_blendingmanadate2012.pdf)

- Díaz, M. J., & Sopa, L. G. (2013). *Reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4, para elevar los parámetros característicos del motor de combustión interna*.
- Diel Electronica. (2015). *Electronicadiel*. Recuperado el 5 de 12 de 2018, de <http://electronicadiel.com/index.php/producto/variadores-de-avance>
- Dirección de Transporte CONAE . Recuperado el 27 de 02 de 2018. *Procalsol*. Obtenido de [http://www.procalsol.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4084/1/pruebas\\_para\\_determinar\\_consumo\\_de\\_combustible.pdf](http://www.procalsol.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4084/1/pruebas_para_determinar_consumo_de_combustible.pdf)
- Ditron. (2014). *Ditron*. Recuperado el 4 de 12 de 2018, de <http://www.ditron.com.ar/productos/variadores.htm>
- Diyautotune. (2018). *Diyautotune*. Obtenido de <https://www.diyautotune.com/news/>
- Ecured. Recuperado el 2 de Abril de 2016. *Ecured*. Obtenido de [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu)
- EFI Analytics. Recuperado el 20 de 06 de 2018. [http://www.efianalytics.com/products/manuals/Manual\\_EFI\\_Analytics\\_Class1\\_BT\\_RS232.pdf](http://www.efianalytics.com/products/manuals/Manual_EFI_Analytics_Class1_BT_RS232.pdf)
- EFI Analytics. Recuperado el 28 de 04 de 2018. *EFI Analytics, TunerStudio*. Obtenido de <http://tunerstudio.com/index.php/tuner-studio#differenceReports>
- Electromotive. Recuperado el 10 de 10 de 2018. *Electromotive Engine Controls*. Obtenido de <http://www.electromotive-inc.com/>
- Ferrer, A. Recuperado el 28 de 04 de 2018. Obtenido de <https://www.autonocion.com/correa-distribucion-cadena-motor/>
- Flórez, J. A. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Funes, C. A. (2011). *Diseño de Motores Para Competición*. En C. A. Funes. Buenos Aires.
- Garibaldi, A. (2011). *Las curvas de par y potencia*. Recuperado el 5 de 12 de 2018, de [http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk\\_seccion=notas\\_tecnicas&id=9](http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&id=9)
- Gary, J. H., & Handwerk, G. E. (2003). *Refino de petróleo: tecnología y economía*. Barcelona, España: Reverté, S.A.
- González, D. (2011). *Motores*. Madrid, España: Parafino.
- González, D. (2011). *Motóres*. Madrid, España: Parafino.
- Gonzalez, J. Recuperado el 03 de 05 de 2018. *Mecanica Automotriz*. <http://mecanicaJoseG.blogspot.com/2012/05/como-trabaja-un-carburador.html>
- Guilli. (09 de JUNIO de 2018). Obtenido de <http://www.mecanicoautomotriz.org/1585-manual-motor-dohc-1-61-hyundai-matrix-sistemas-componentes>
- H. Crouse, W. (1993). *Mecánica del Automóvil* (Tercera ed.). Barcelona, España: Boixar.
- Haltech. (2012). *Haltech Engine Management Systems*. Obtenido de <http://www.haltech.com/>
- Jones, J. (1997). *Termodinámica*. México, D.F.: Prentice-Hall.
- Jóvaj, S. (1982). *Motores de automóvil*. Moscú: MIR.
- Kates, E. J., & Luck, W. E. (1982). *Motores diesel y de gas de alta compresión* (Segunda ed.). Barcelona, España: Reverté, S.A.
- Kindler, H. (1986). *Matemática aplicada para la técnica del automóvil*. Barcelona: Reverté.
- Lehbrink, H. &. (1995). *Ferrari*. Reino Unido : Konemann.

- LLINCH.corp. Recuperado el 04 de 2018. *LLINCH. corp.*  
<https://megachorro.blogspot.com>
- Magro, O. Recuperado el 18 de 06 de 2018. *MOTOR.ES.*  
<https://www.motor.es/noticias/reprogramacion-centralita-aumento-potencia-201419090.html>
- Mantilla, F. Recuperado el 1 de Mayo de 2018. *Biocombustibles inversion mundial.*  
 Obtenido de Econlink.com.ar: <http://www.econlink.com.ar/biocombustibles-inversion-mundial-biocombustibles>
- Marti Parera, A. (1990). Inyección Electronica De Motores Gasolina. En A. Marti Parera, *Inyección Electronica De Motores Gasolina* (pág. 65). Barcelona: Marcombo.
- Marti, P. A. (1990). Inyección Electronica De Motores Gasolina. En A. Marti Parera, *Inyección Electronica De Motores Gasolina* (pág. 65). Barcelona: Marcombo.
- Martinez, J. (2011). *Idae.* Recuperado el 5 de 12 de 2018, de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10320\\_Conduccion\\_eficiente\\_veh\\_industriales\\_A2011\\_A\\_982a7098.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10320_Conduccion_eficiente_veh_industriales_A2011_A_982a7098.pdf).
- Martinez, J. (2011). *Idae.* Recuperado el 5 de 12 de 2018, de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10320\\_Conduccion\\_eficiente\\_veh\\_industriales\\_A2011\\_A\\_982a7098.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10320_Conduccion_eficiente_veh_industriales_A2011_A_982a7098.pdf).
- Mecánica Autotmotriz .ORG.* Recuperado el 21 de Diciembre de 2018.  
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1766-manual-sistemas-inyeccion-encendido-circuitos-electronica>
- Megane, D. Recuperado el 04 de Junio de 2018.  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/images-varios/distribucion-ohv.jpg>
- Megasquirt. Recuperado el 10 de 12 de 2018. *Engine Management Systems.*  
 Obtenido de <http://www.msextra.com/>
- Megasquirt-2. Recuperado el 02 de 12 de 2018). *Megasquirt-2* . Obtenido de [http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30\\_Hardware-3.4.pdf](http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.4.pdf)
- Mena, L. (2011). *Compilador de ejercicios de motores de combustión intera Diesel-Gasolina.* Quito: Nueva Aurora.
- Motec. Recuperado el 15 de 04 de 2018. *MoTeC Pty Ltd.* Obtenido de <http://www.motec.com.au/>
- MOTORSPORT, S. Recuperado el 10 de 06 de 2018. *SBD MOTORSPORT.* Obtenido de [http://www.sbdev.co.uk/Fuel\\_Injection\\_Kits/2L\\_Fuel\\_Injection\\_Kits.htm](http://www.sbdev.co.uk/Fuel_Injection_Kits/2L_Fuel_Injection_Kits.htm)
- Nachum. Recuperado el 17 de 11 de 2018. *Demostrador de Encendido Electrónico AT-3002. 103.* Obtenido de [www.degem.com](http://www.degem.com)
- Nachum, A. Recuperado el 10 de 12 de 2018. *Demostrador de Encendido Electrónico AT-3002. 103.* Obtenido de [www.degem.com](http://www.degem.com)
- Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2006). El Mercado Emergente de Biocombustibles. *Consecuencias, Normativas, Comerciales y de Desarrollo,* (págs. 9,15,21). Neva York y Ginebra.
- Nissan. (2004). *Service and Repair Manual.* Japon.
- Norbye, J. (1994). *Manual de sistemas Fuel injection.* Naucalpan de Juárez: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Obert, E. (1996). *Motores de Combustión interna.* México, D.F.: CECSA.
- Olivera, M. A. (2013). *Diseño de un Dinamómetro de Chasis.* México, D.F.: UNAM.
- Olivera, M. A. (2013). *Diseño de un Dinamómetro de Chasis.* México, D.F.: UNAM.
- Orovio, M. (2010). *Tecnología del Automovil.* Madrid: Paraninfo.
- Parera M. Recuperado el 4 de Mayo de 2018. *INYECCION ELECTRONICA E MOTORES DE GASOLINA.* Obtenido de

- [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghl1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=desempe%C3%B1o+del+motor+a+gasolina&ots=qGbf\\_wY2fP&sig=WcK0\\_Dw4qfjaqJLcTMD7mlj1aew#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghl1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=desempe%C3%B1o+del+motor+a+gasolina&ots=qGbf_wY2fP&sig=WcK0_Dw4qfjaqJLcTMD7mlj1aew#v=onepage&q&f=false)
- Passaniti, J. (2008). Manual Técnicas de Competición. En J. Passaniti. Buenos Aires: Ediciones Técnicas RT.
- Payri, F., & Desantes, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Reverte, S.A.
- Paz, A. Recuperado el 10 de 05 de 2018. *Mecánica del automóvil*. Obtenido de <http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/carburacion.asp?sw05=1>
- Penagos, J. Recuperado el 20 de Marzo de 2018. *AutoDaewooSpark*. Obtenido de <http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>:  
<http://www.autodaewoospark.com/sensor-MAP.php>
- Pérez, M. Á. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid, España: Parafino.
- Pincay, J. Recuperado el 20 de Febrero de 2018. [http://2.bp.blogspot.com/-CW\\_xdwXIJ2A/VOdiTd9uQXI/AAAAAAAAABA/8YFceqgeb\\_M/s1600/e.png](http://2.bp.blogspot.com/-CW_xdwXIJ2A/VOdiTd9uQXI/AAAAAAAAABA/8YFceqgeb_M/s1600/e.png)
- Plug, N. Recuperado el 10 de 05 de 2018. *NGK Spark Plug*. Obtenido de <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/la-mezcla-ideal/>
- PRO ECUADOR. Recuperado el 23 de Junio de 2018. *Energías renovables (bioenergías y alternativas)*. Recuperado el 14 de 02 de 2018, de PRO ECUADOR: <http://www.proecuador.gob.ec/sector5/>
- Rainer, W. (2006). Mercedes Sport. En W. Rainer. Konemann.
- REDFE. *REDFE.ORG*. Recuperado el 04 de 12 de 2018, de REDFE: <http://www.redfe.org.mx/es/index.php/fuentes-de-energia-e/bioenergia-e/etanol>
- Retana, I. (2008). Transferencia Tecnológica sobre las ventajas y desventajas de la utilización del biodiesel. San José.
- Reyes, S. V. Recuperado el 15 de 03 de 2018. *Sistema electrónico del automóvil*. Obtenido de <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>
- Rodríguez, H. (s.f.). *La Potencia y el Par Motor*. Recuperado el 5 de 12 de 2018, de Ingemecánica : <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- Rojas, C. Recuperado el 04 de 03 de 2018. *INYECCION ELECTRONICA*. Obtenido de <http://mecatronic-mecatronica.blogspot.com/2009/03/inyeccion-electronica-introduccion-los.html>
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica* (Sexta ed.). Platteville, EEUU: Pearson.
- Romero, J. e. (2006). *Módulo de un sistema de inyección electrónico de gasolina basado en el microcontrolador INTEL 8751*. *Scientia et Technica Año XII*, 196. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6525/3775>
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. México, D.F.: Grijalbo.
- Sanchez, C. J. (2013). *Diseño, construcción y montaje de un sistema independiente de admisión con control electrónico programable megasquirt para un vehículo chevrolet aveo 1.4*. Riobamaba.
- Santander, J. R. (2006). *Manual Técnico de Fuel Inyection*. Guayaquil: Diseli.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex.
- Schwoch, W. (1982). *Manual practico del automóvil*. México, D.F.: Reverté.
- Siddegowda, K. B. (2013). Performance and Emission Characteristics of MPFI Engine. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5.

- Sitec. (2014). *Sitec*. Recuperado el 4 de 12 de 2018, de <http://www.sitec.com.ar/productos-y-servicios/>
- SRI. Recuperado el 24 de Noviembre de 2018. *Servicio de Rentas internas del Ecuador*. Obtenido de <http://www.sri.gob.ec/DocumentosAlfrescoPortlet/descargar/a2d9e000-58d0-424d-b7e2-6ec0b7d270e3/Ley+del+Impuesto+Ambiental+a+la+Contaminaci%F3n+Vehicular+%28IACV%29.pdf>
- Suzuki. (1991). *Suzuki SF416A Manual de Servicio GTI*. Japon: Motor Corporation.
- Tinizaray, G. (2015). *REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL CONTROL DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO DEL MOTOR CBR 600 f4i, PARA EL VEHÍCULO FORMULA STUDENT . 139*. Obtenido de Gonzalo Tinizaray, D. (2015). .
- USEDMOTOPARTS. Recuperado el 15 de 02 de 2018. <http://usedmotoparts.es/relacion-airecombustible-idonea/>
- Vaughan, R. (1969). *Dielectric Properties and Molecular Behaviour*. Londres.
- Velástegui, S., & Jesús, C. (2015). *Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno*. [www.ref.pemex.com](http://www.ref.pemex.com). (s.f.). Obtenido de <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>

# ANEXOS



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

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **RECALDE REGALADO RENE REINALDO Y UTRERAS QUIROGA JONATAN XAVIER.**  
 En la ciudad de Latacunga a los 20 días del mes de junio de 2019.

.....  
 Ing. German Erazo  
 DIRECTOR DEL PROYECTO

.....  
 Ing. Danilo Zambrano  
 DIRECTOR DE LA  
 CARRERA

Aprobado por:

.....  
 Ab. Darwin Albán  
 SECRETARIO ACADÉMICO

