



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA Y TREN DE POTENCIA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO
TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERIA
AUTOMOTRIZ ESPOCH”**

ALVARADO ALULEMA FLORENCIO REINALDO

LANDÁZURI ROMERO GABRIEL ALEXIS

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-07-17

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

ALVARADO ALULEMA FLORENCIO REINALDO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y TREN
DE POTENCIA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-07-17

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

LANDÁZURI ROMERO GABRIEL ALEXIS

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y TREN
DE POTENCIA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDANTE: ALVARADO ALULEMA FLORENCIO REINALDO**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y TREN DE POTENCIA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ ESPOCH”**Fecha de Examinación:****RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR DE TESIS			

*Mas que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal Certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDANTE: LANDÁZURI ROMERO GABRIEL ALEXIS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y TREN DE POTENCIA DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ ESPOCH”

Fecha de Examinación:

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR DE TESIS			

*Mas que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal Certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alvarado Alulema Florencio Reinado

Landázuri Romero Gabriel Alexis

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Alvarado Alulema Florencio Reinaldo y Landázuri Romero Gabriel Alexis, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Alvarado Alulema Florencio Reinaldo

Cédula de Identidad: 210052871-6

Landázuri Romero Gabriel Alexis

Cédula de Identidad: 150082196-0

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por haberme dado la vida y guiado durante todo este proceso de formación profesional, a mi madre y a mi padre por ser el pilar fundamental demostrándome su apoyo incondicional, a mi esposa e hija por demostrarme su amor y cariño en momentos difíciles y ser fuente de inspiración y superación, a mis hermanos por su apoyo incondicional muchas veces poniéndose como papel de padres, a mis amigos por compartir alegrías y tristezas, a mis profesores por su tiempo y conocimientos transmitidos en el desarrollo de mi formación profesional.

A todos ellos les dedico este trabajo.

Florencio Reinaldo Alvarado Alulema

La presente tesis está dedicada primero a Dios por guiarme por el camino correcto, por darme la fuerza y la voluntad para enfrentar cada obstáculo presente en mi vida. A mi padre, madre y hermanos por brindarme su apoyo incondicional, el cariño y la paciencia en todo el transcurso de mi formación académica. A mi esposa quien siempre me apoyado a seguir a delante dándome su cariño, consejos y amor. A mis docentes quienes compartieron todos sus conocimientos durante mi formación académica y han permitido que concluya con éxito. A cada uno de ustedes gracias por el apoyo y por formar parte de mi vida.

Gabriel Alexis Landázuri Romero

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo, primeramente, le agradezco a dios por todas las bendiciones que me fueron dadas durante todo el tiempo de formación, permitiéndome culminar esta etapa llena de experiencias y aprendizajes.

A mis padres por sus consejos, valores inculcados, y el esfuerzo para brindarme una excelente educación, a mis hermanos por darme siempre su apoyo en momentos de necesidad y presentar unidad familiar, a mi esposa e hija por ser el motor de mis sueños por confiar y creer en mí, a mis profesores por todo el conocimiento y apoyo brindado.

Todo el proceso no ha sido fácil, gracias a su apoyo, aportes y bondad, cada paso complicado se ha logrado vencer, hago presente mi gran afecto hacia ustedes, por lo cual me siento muy agradecido.

Florencio Reinaldo Alvarado Alulema.

Agradezco a Dios por permitirme llegar a cumplir una etapa más de mi vida, a la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior de Chimborazo por brindarme la oportunidad de obtener mi título profesional, a mis padres estaré eternamente agradecido por brindarme siempre una mano amiga y darme todo el apoyo incondicional, por ser la motivación para alcanzar mis sueños y anhelos. A mi esposa que es un pilar fundamental en mi vida, quien me ha brindado todo su cariño, su apoyo y sus consejos para poder llegar a este punto de mi vida. A mis hermanos, familia y amigos por ser parte de mi vida, por compartir cada momento, cada experiencia, cada triunfo y fracaso, gracias a todos.

Gabriel Alexis Landázuri Romero

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I	
1	INTRODUCCIÓN 1
1.1	Justificación y actualidad1
1.2	Problema2
1.3	Objetivos2
1.3.1	<i>Objetivo general</i> 2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i> 2
CAPÍTULO II	
2	MARCO TEÓRICO 4
2.1	El Motor4
2.1.1	Clasificación 4
2.1.1.1	<i>Por la forma de iniciar la combustión:</i> 4
2.1.1.2	<i>Por el ciclo de trabajo</i> 5
2.1.1.3	<i>Por el movimiento del pistón</i> 6
2.1.1.4	<i>Según la disposición de los cilindros (Figura 2-2)</i> 6
2.1.1.5	<i>Según el número de válvulas por cilindro y disposición en la cámara (Figura 3-2)</i> 7
2.1.1.6	<i>Según el sistema de alimentación</i> 8
2.1.1.6.1	<i>Motores de aspiración natural (Figura 4-2)</i> 8
2.1.1.6.2	<i>Motores sobrealimentados (Figura 5-2)</i> 8
2.1.2	Partes principales de un motor básico 9
2.1.3	Características del motor Otto 9
2.1.4	Ciclo práctico de motor Otto de cuatro tiempos 11
2.1.4.1	<i>Diagrama del ciclo real</i> 12
2.1.5	Diagrama de distribución 13
2.1.6	Términos utilizados para el estudio del motor 14
2.2	Parámetros fundamentales del motor de combustión interna16

2.2.1	<i>Cilindrada Unitaria</i>	16
2.2.2	<i>Cilindrada Total.</i>	17
2.2.3	<i>Relación de Compresión:</i>	17
2.2.4	<i>Torque:</i>	18
2.2.5	<i>Potencia:</i>	18
2.2.6	<i>Trabajo efectivo:</i>	19
2.2.7	<i>Rendimiento efectivo:</i>	19
2.2.8	<i>Presión Media Efectiva:</i>	20
2.2.9	<i>Consumo Especifico:</i>	20
2.3	Tren de potencia	21
2.3.1	<i>Embrague</i>	21
2.3.2	<i>Constitución del embrague de fricción:</i>	22
2.3.3	<i>Caja de cambios manuales</i>	22
2.3.4	<i>Elementos de la caja de cambios manual.</i>	23
2.3.5	<i>Engranajes</i>	23
2.3.6	<i>El diferencial</i>	24
2.3.7	<i>Juntas de árboles y simiárboles de transmisión.</i>	25

CAPÍTULO III

3	SELECCIÓN DEL MOTOR Y TREN DE POTENCIA EN BASE A DATOS TÉCNICOS.	26
3.1	Torque y Potencia necesaria para propulsar el vehículo	26
3.1.1	<i>Resistencia a la rodadura</i>	26
3.1.2	<i>Resistencia gravitatoria</i>	27
3.1.3	<i>Resistencia aerodinámica</i>	28
3.1.4	<i>Total, fuerzas resistivas:</i>	29
3.1.5	<i>Potencia necesaria para vencer fuerzas resistentes</i>	29
3.1.6	<i>Torque necesario para vencer las fuerzas resistentes</i>	30
3.2	Cálculo para la selección del tren de potencia	30
3.3	Cálculo del sistema de enfriamiento	32

3.3.1	Cálculo del radiador	32
3.3.1.1	<i>Cantidad de calor evacuado</i>	33
3.3.1.2	<i>Calor transmitido al aire circulante Q_{aire} [KJ/s]</i>	33
3.3.1.3	<i>Caudal de aire V_{aire} [m³s] que pasa a través del radiador</i>	34
3.3.1.4	<i>Temperatura media T_{lm} [°C] del líquido en el radiador</i>	35
3.3.1.5	<i>Temperatura media del aire T_{aire_m} [°C] que pasa a través del radiador...</i>	35
3.3.1.6	<i>Área de superficie de enfriamiento del radiador F_{rad} [m²]</i>	36
3.3.1.7	<i>Área superficie frontal de radiador F_{fr} [m²]</i>	37
3.3.1.8	<i>Profundidad del panel del radiador l_{rad} [mm]</i>	37
3.3.2	Cálculo del ventilador	38
3.3.2.1	<i>Velocidad circular del aspa del ventilador u [m/s]</i>	38
3.3.2.2	<i>Diámetro del ventilador DV [m]</i>	39
3.3.2.3	<i>Frecuencia de rotación del ventilador η_V [min – 1]</i>	40
3.3.2.4	<i>La potencia consumida por el accionamiento del ventilador NV [HP] es:.....</i>	40
3.3.3	Cálculos de la bomba de agua	41
3.3.3.1	<i>El caudal de circulación [L/S] del líquido enfriador que pasa a través del radiador es:</i>	41
3.3.3.2	<i>El caudal del cálculo de la bomba de agua V_{IC} [l/s] este dado por:</i>	42
3.3.3.3	<i>Radio del ducto de succión del impeler r_1 [m]</i>	42
3.3.3.4	<i>La velocidad circular u_2 [m/s] de salida del líquido.</i>	43
3.3.3.5	<i>El radio r_2 [m] del impeler en la salida es, por tanto:</i>	44
3.3.3.6	<i>La velocidad circular [m/s] del flujo a la entrada se encuentra de la relación, donde:</i>	44
3.3.3.7	<i>Velocidad radial de la salida del líquido C_r [m/s]</i>	45
3.3.3.8	<i>El ancho de las aspas a la entrada, b_1 y salida b_2 [mm] es:</i>	46
3.3.3.9	<i>Potencia consumida N_b [KW] por la bomba de agua</i>	47
3.4	Motor y tren de potencia disponibles para la implementación	48
3.5	Comparación de los motores y el tren de potencia	50
3.6	Selección del motor, tren de potencia y sistema de refrigeración	51

3.7	Estado y puesta a punto del motor Isuzu 2000cc y el tren de potencia	51
3.7.1	Estado del Motor Isuzu 2000cc antes de la puesta a punto	52
3.7.2	Valoración de cada elemento del motor y sistemas del motor Isuzu 2000cc	52
3.7.2.1	Valoración del sistema de encendido	53
3.7.2.2	Valoración del sistema de lubricación	54
3.7.2.3	Valoración del sistema de refrigeración	54
3.7.2.4	Valoración del sistema de alimentación	55
3.7.3	Valoración de cada elemento del tren de potencia	55
3.7.4	Desmontaje, limpieza de los elementos y sistemas del motor	58
3.7.4.1	Sistema de lubricación	58
3.7.4.2	Tapa Válvulas	59
3.7.4.3	Sistema de alimentación	60
3.7.4.4	Sistema de escape	61
3.7.4.5	Sistema de distribución	61
3.7.4.6	Cabezote	62
3.7.4.7	Carter	64
3.7.4.8	Pistones	64
3.7.4.9	Cigüeñal	65
3.7.4.10	Bloque de cilindros	66
3.7.5	Montaje y puesta a punto de los elementos y sistemas del motor	67
3.7.6	Desmontaje de los elementos del carburador	70
3.7.7	Puesta a punto del carburador	72
3.7.8	Puesta a punto del tren de potencia	73
3.7.8.1	Puesta a punto del embrague	73
3.7.8.2	Puesta a punto de la caja de velocidades y diferencial	74
3.7.9	Verificación del sistema de encendido	76

CAPÍTULO IV

4	IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES Y PRUEBAS DEL MOTOR ISUZU 2000 CC Y EL TREN DE POTENCIA AL CHASIS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4.	77
4.1	Implementación de los componentes y del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia	77
4.1.1	<i>Selección de la ubicación del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia</i>	77
4.1.2	<i>Diseño y construcción de la mesa y las bases para el motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia</i>	77
4.1.3	<i>Adaptación del motor Isuzu 2000cc y el tren de potencia</i>	81
4.1.4	<i>Adaptación del sistema de escape</i>	82
4.1.5	<i>Adaptación del radiador</i>	83
4.1.6	<i>Adaptación de los elementos del sistema de encendido</i>	84
4.1.7	<i>Adaptación del sistema de mando de la caja de velocidades.</i>	86

CAPÍTULO V

5	PRUEBAS TEORICAS, FISICAS Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL MOTOR ISUZU 2000 CC	88
5.1	Pruebas teóricas del motor y tren de potencia	88
5.1.1	<i>Cálculo de la cilindrada unitaria</i>	88
5.1.2	<i>Cálculo de la cilindrada total</i>	89
5.1.3	<i>Cálculo de la relación de compresión</i>	89
5.1.4	<i>Cálculo del torque</i>	89
5.1.5	<i>Cálculo de la Potencia (Ne)</i>	91
5.1.6	<i>Cálculo del trabajo</i>	92
5.1.7	<i>Cálculo del rendimiento</i>	92
5.1.8	<i>Cálculo de la presión media</i>	93
5.1.9	<i>Consumo específico</i>	94
5.1.10	<i>Cálculos del tren de potencia</i>	95
5.2	Pruebas físicas del motor Isuzu 2000 cc	96
5.2.1	<i>Prueba de fiabilidad.</i>	96

5.2.2	<i>Prueba de Compresión de los cilindros</i>	101
5.2.3	<i>Prueba de consumo</i>	103
5.2.4	<i>Prueba Térmica</i>	105
5.2.5	<i>Prueba de carga del alternador</i>	110
5.2.6	<i>Análisis de los gases de escape</i>	112
5.3	Plan de mantenimiento preventivo para motor Isuzu 2000 cc y tren de potencia	113

CAPÍTULO VI

6	ANÁLISIS DE COSTO DE PROYECTOS	117
6.1	Costos directos	117
6.2	Costos indirectos	119
6.3	Costo total	119

CAPÍTULO VII

7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
7.1	Conclusiones	120
7.2	Recomendaciones	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Valores medidos de las cotas de distribución en motores Otto	14
Tabla 1-3: Relación de transmisión total requerida para la selección del tren de potencia	31
Tabla 2-3: Relaciones de transmisión de cajas de velocidades	32
Tabla 3-3: Información del motor Isuzu 2000cc y tren de potencia	48
Tabla 4-3: Información del motor Bóxer 1600cc y tren de potencia	49
Tabla 5-3: Información del motor Yamaha 650cc y tren de potencia.....	49
Tabla 6-3: Comparación del motor y tren de potencia.....	50
Tabla 7-3: Información del motor Isuzu 2000cc.....	52
Tabla 8-3: Elementos y estado del motor Isuzu 2000cc	52
Tabla 9-3: Elementos y estado del sistema de encendido	53
Tabla 10-3: Elementos y estado del sistema de lubricación	54
Tabla 11-3: Elementos y estado del sistema de refrigeración.....	54
Tabla 12-3: Elementos y estado del sistema de alimentación.....	55
Tabla 13-3: Elementos y estado del embrague	56
Tabla 14-3: Elementos y estado de la caja de velocidades	56
Tabla 15-3: Elementos y estado del diferencial	57
Tabla 1-5: Calculo del torque.....	90
Tabla 2-5: Calculo de la potencia	91
Tabla 3-5: Cálculo del trabajo.....	92
Tabla 4-5: Cálculo del rendimiento	93
Tabla 5-5: Cálculo de la presión media	93
Tabla 6-5: Calculo del consumo especifico	94
Tabla 7-5: Relaciones de transmisión	95
Tabla 8-5: Valores de la velocidad y el torque	96
Tabla 9-5: Mediciones de Compresión	102
Tabla 10-5: Valores de consumo de combustible	105
Tabla 11-5: Valores de la temperatura.....	110
Tabla 12-5: Resultado análisis de Gases.....	113
Tabla 13-5: Análisis de gases valores estándar.....	113
Tabla 14-5: Ficha técnica motor y tren de potencia.....	114
Tabla 15-5: Plan de mantenimiento	115
Tabla 1-6: Costos directos	117
Tabla 2-6: Costos indirectos	119
Tabla 3-6: Costo total.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1-2: Motor de gasolina	5
Figura 2-2: Disposición de los cilindros.....	6
Figura 3-2: Número de válvulas	7
Figura 4-2: Motor de aspiración natural	8
Figura 5-2: Motor sobrealimentado	8
Figura 6-2: Motor Otto de cuatro tiempos	10
Figura 7-2: Diagrama real del ciclo Otto	11
Figura 8-2: Diagrama de distribución.....	13
Figura 9-2: Pistón y cilindro	14
Figura 10-2: Cilindrada.....	15
Figura 11-2: Tipos de carrera/diámetro	16
Figura 12-2: Conjunto del embrague de fricción.....	22
Figura 13-2: Esquema cambio manual de tres ejes.....	23
Figura 14-2: Conjunto del diferencial y funcionamiento en línea recta y en giro	25
Figura 1-3: Tapa Válvulas	59
Figura 2-3: Sistema de alimentación	60
Figura 3-3: Colector de Escape.....	61
Figura 4-3: Sistema de distribución	62
Figura 5-3: Cabezote.....	63
Figura 6-3: Carter	64
Figura 7-3: Bloque de cilindros	66
Figura 8-3: Pistones colocados	68
Figura 9-3: Apriete de lo de bancada.....	68
Figura 10-3: Colocación del empaque	69
Figura 11-3: Apriete de los pernos del cabezote.....	69
Figura 12-3: Calibración de válvulas.....	70
Figura 13-3: Carburador	71
Figura 14-3: Desarmado del carburador	72
Figura 15-3: Despiece de la caja de velocidades	75
Figura 1-4: Construcción de la mesa	80
Figura 2-4: Modificación de la estructura.....	81
Figura 3-4: Adaptación del motor y el tren de potencia	82
Figura 4-4: Adaptación del sistema de escape	83
Figura 5-4: Adaptación del radiador.....	84

Figura 6-4: Conexión del	85
Figura 7-4: Conexión de la	85
Figura 8-4: Conexión del switch.....	86
Figura 9-4: Adaptación del sistema de mando.....	87
Figura 1-5: Anemómetro	98
Figura 2-5: Cámara Termográfica	99
Figura 3-5: Pirómetro	99
Figura 4-5: Velocidad de ingreso.....	100
Figura 5-5: Temperatura de entrada y salida del refrigerante	101
Figura 6-5: Medidor de Compresión	102
Figura 7-5: Compresión en los cilindros.....	103
Figura 8-5: Probeta	104
Figura 9-5: Tacómetro Digital	104
Figura 10-5: Tacómetro Digital	109
Figura 11-5: Cámara Termográfica	109
Figura 12-5: Pirómetro	110
Figura 13-5: Medición del amperaje de carga	111
Figura 14-5: Pinza Amperimétrica	111
Figura 15-5: Analizador de Gases	112

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-4: Ensamble total de la mesa y las bases	78
Gráfico 2-4: Factor de seguridad análisis estático	78
Gráfico 3-4: Deformación máxima análisis estático	79
Gráfico 4-4: vida infinita análisis a fatiga.....	79
Gráfico 5-4: Coeficiente de seguridad análisis a fatiga	79
Gráfico 6-4: Frecuencia análisis modal	80
Gráfico 1-5: Gráfica del torque.....	90
Gráfico 2-5: Grafica de la potencia.....	91
Gráfico 3-5: Consumo de combustible	94
Gráfico 4-5: Termograma del bloque de cilindros en ralentí.....	100
Gráfico 5-5: Termograma del bloque de cilindros a 850 rpm.....	106
Gráfico 6-5: Termograma del bloque de cilindros a 1500 rpm.....	106
Gráfico 7-5: Termograma del bloque de cilindros a 2000 rpm.....	107
Gráfico 8-5: Termograma del bloque de cilindros a 2500 rpm.....	107
Gráfico 9-5: Termograma del bloque de cilindros a 3000 rpm.....	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Cilindrada unitaria (1).....	16
Cilindrada total (2)	17
Relación de compresión (3).....	17
Torque (4).....	18
Potencia (5).....	18
Trabajo efectivo (6)	19
Rendimiento efectivo (7).....	19
Presión media efectiva (8).....	20
Consumo específico (9).....	21
Resistencia a la rodadura (10)	27
Resistencia gravitatoria (11).....	27
Resistencia aerodinámica (12).....	28
Total, fuerzas resistivas(13).....	29
Potencia necesaria (14).....	30
Torque necesario (15).....	30
Relación de transmisión total (16).....	31
Cantidad de calor evacuado (17).....	33
Calor transmitido al aire circulante (18).....	34
Caudal de aire (19)	34
Temperatura media del líquido (20).....	35
Temperatura media del aire (21)	35
Área de superficie de enfriamiento (22).....	36
Área de superficie frontal (23)	37
Profundidad del panel (24)	37
Velocidad circular del aspa (25).....	38
Díámetro del ventilador (26)	39
Frecuencia de rotación del ventilador (27).....	40
Potencia consumida por el ventilador (28).....	40
Caudal de circulación del líquido (29)	41
Caudal de la bomba de agua (30)	42
Radio del ducto de succión (31).....	43
Velocidad circular de salida del líquido (32)	43
Radio del impeler en salida (33).....	44
Velocidad circular del flujo en la entrada (34).....	45

Velocidad radial de salida del líquido (35).....	45
Ancho de las aspas de entrada (36)	46
Ancho de las aspas de salida (37).....	46
Potencia consumida por la bomba (38)	47

LISTA DE ABREVIACIONES

2T	dos tiempos
4T	cuatro tiempos
PMS	punto muerto superior
PMI	punto muerto inferior
V	volumen desplazado por el pistón
v	volumen de la cámara de combustión
V+v	volumen total cilindrada
MCIA	motores de combustión interna alternativos
ACAV	admisión de características acústicas variables

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Diseño de la mesa y las bases.

Anexo B. Análisis estático de la mesa y las bases.

Anexo C. Análisis a fatiga de la mesa y las bases.

Anexo D. Análisis modal de la mesa y las bases.

Anexo E. Análisis de gases.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo la adaptación de un motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia en el Vehículo híbrido tipo Buggy 4x4, realizando la adaptación del motor y los sistemas que lo conforman. Para la selección del motor y el tren de potencia en el vehículo, se realizó los cálculos previos los cuales fueron el torque y potencia necesarios para la propulsión, dando como valor mínimo de Torque 94.77 Nm y de Potencia 71.87 HP. Se realizó además una comparación de características mediante fichas técnicas y se analizó factores como la existencia de repuestos para tres motores considerados y que se encontraban disponibles en el mercado, seleccionando finalmente un motor Isuzu de 2000 CC. Una vez adquirido el motor se procedió a realizar la revisión de cada uno de sus sistemas y elementos, valorándolos a través del despiece y una inspección visual. Se realizó la sustitución de los componentes que se encontraron en mal estado y de los faltantes efectuando posteriormente la puesta a punto del motor y del tren de potencia para dejarlos en condiciones adecuadas. Para la adaptación se realizó el diseño y la construcción de las bases y la mesa en la estructura del vehículo tipo Buggy 4x4, fundamentado en el respectivo análisis estructural de la mesa y las bases en conjunto obteniendo los datos que corroboran su fiabilidad. Se fijó el conjunto del motor y el tren de potencia al chasis, y se realizaron las pruebas de fiabilidad, térmicas, de consumo y análisis de gases, teniendo como resultados que el motor durante todo el transcurso de las pruebas se mantuvo estable, la temperatura de trabajo en el bloque de cilindros de 89.5 °C, en la cañería de salida del líquido refrigerante de 70.2 °C y en la entrada de 59.7 °C, el resultado de consumo de combustible en función del tiempo es de 3750 ml/h encontrándose el motor en ralentí, el análisis de gases muestra como resultados los valores de CO 3.29 %, CO₂ 10.24 %, HC 350 ppm y O₂ 2.30 % parámetros aceptados para motores de este tipo de características. Una vez finalizado el trabajo de titulación todo el conjunto quedó instalado para que el resto de los sistemas en el vehículo puedan ser implementados junto con nuevas tecnologías, y así obtener un vehículo funcional para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MECÁNICA AUTOMOTRIZ>, <DISEÑO DE MOTOR>, <SOLIDWORKS>, <ANÁLISIS ESTRUCTURAL>, <PRUEBAS TERMICAS>.

ABSTRACT

This research work aims at the adaptation of an Isuzu 2000 engine and a power engine in the Buggy 4x4 hybrid vehicle, adapted to the engine and the systems that comprise it. The selection of the engine and the power train in the vehicle, the calculations were made that were of 94.77 Nm and of Power 71.87 HP. In addition, a comparison of medium characteristics was made and factors such as the existence of spare parts for three motors available and available in the market were analyzed, selecting an Isuzu motor of 2000 CC. Once the engine has been acquired, it can be checked and its systems can be revised, taking assessments through the cutting and visual inspection. The replacement of the components that were found in poor condition and of the missing ones was made, carrying out the start-up of the engine and the power train to leave them in good condition. The adaptation was made to the design and construction of the bases and the table in the structure of the Buggy 4x4 vehicle, supporting the respective structural analysis of the table and the bases in the set obtained from the data confirming its reliability, thermal, consumption and gas analysis, resulting in the temperature in the cylinder block of 89.5 ° C, in the outlet pipe of coolant of 70.2 ° C and in the inlet of 59.7 ° C, the result of fuel consumption in function of time is 3750 ml / h, the engine is idling, the gas analysis shows its results of CO 3.29%, CO₂ 10.24%, HC 350 ppm and O₂ 2.30%, parameters accepted for engines with these characteristics. Once the degree work was completed, the entire set was installed so that the rest of the vehicle systems are implemented together with new technologies and obtain a vehicle that works for students of the ESPOCH Automotive Engineering Career.

Keywords: <TECHNOLOGIES AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <AUTOMOTIVE MECHANICS>, <MOTOR DESIGN>, <SOLIDWORKS>, <STRUCTURAL ANALYSIS>, <THERMAL TESTS>.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y actualidad

El motivo para este proyecto es la implementación del MCI y tren de potencia al prototipo de vehículo híbrido tipo buggy 4x4, para fomentar el entendimiento de los vehículos híbridos a los estudiantes y que servirá de desarrollo académico, tecnológico, así ayudar al desarrollo académico de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

El aporte personal que se dará con el desarrollo de este proyecto es la implementación de un motor de combustión interna y tren de potencia del vehículo híbrido tipo buggy 4x4 que servirá de apoyo para el refuerzo de conocimientos de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz, con los principios básico de funcionamiento de una vehículo híbrido y para la realización de prácticas, así de esta manera dar realce a la carrera tanto en ámbito local como nacional, demostrando que se puede construir vehículos de tipo alternativo seleccionando elementos adecuados, en este caso un motor de combustión interna y el tren de potencia.

Así es demostrar que el costo de fabricación de un vehículo híbrido tipo buggy 4x4 en comparación a vehículos convencionales es más económico, además de que se pueden conducir por terrenos que son inaccesibles para los vehículos convencionales.

Según el reglamento de la categoría de buggies ligeros la cilindrada para buggies está en los siguientes rangos: 1. Cilindrada de hasta 499 cm³ máximo motores de un cilindro 2. De 500 cm³ a 849 cm³ máximo motores de 2 cilindros 3. De 850 cm³ a 1.200 cm³ Hasta 4 cilindros 4. De 1.200 cm³ a 2.000 cm³ Hasta 4 cilindros Características: Anchura máxima: 1.650 mm para categorías 1 y 2, 1.750 mm para categoría 3 y 1.800 mm la categoría 4. Diámetro máx. de ruedas:

660 mm (26”). Estructura de seguridad homologada por le RFEDA con los criterios que se definen en el Art.2 a continuación.

Se hablará de otro tipo de vehículo, más moderno y quizás el vehículo del futuro, éste es el vehículo híbrido. Un coche híbrido es un vehículo que utiliza dos tipos de energía diferentes para funcionar. Por lo general, los coches híbridos suelen tener un motor de gasolina y un motor eléctrico. La mayoría de los vehículos híbridos suelen tener un dispositivo que detecta cuando la demanda de combustibles mínima, cambiando el consumo de combustión al eléctrico para ahorrar en su consumo.

1.2 Problema

En la carrera de Ingeniería Automotriz no existe un tipo de vehículo híbrido tipo buggy 4x4, además que permita tener un conocimiento claro de sistemas híbridos, para que los estudiantes puedan tener una fuente de información y material para sus prácticas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementación de un motor de combustión interna y tren de potencia del vehículo híbrido tipo buggy 4x4 para la Carrera de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar los parámetros técnicos del motor de combustión interna y el tren de potencia mediante la revisión de bibliografía para la implementación en el vehículo híbrido tipo buggy 4x4.

- Definir el modelo adecuado del motor de combustión interna y el tren de potencia mediante los parámetros técnicos seleccionados, para implementar en el vehículo híbrido tipo buggy 4x4.
- Obtener y realizar la puesta a punto del motor de combustión interna y el tren de potencia para el vehículo buggy tipo híbrido 4x4.
- Integrar el motor de combustión interna y el tren de potencia al chasis del vehículo buggy tipo híbrido 4x4.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del motor de combustión interna y el tren de potencia una vez integrado en el vehículo buggy tipo híbrido 4x4.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El Motor

Es el encargado de transformar la energía térmica que proporciona un combustible (gas-oíl, gasolina, etc.) en energía mecánica que se utilizará para su desplazamiento. Se llaman motores de combustión interna porque realizan su trabajo en el interior de una cámara cerrada mediante la aportación del calor producido al quemarse el combustible. La presión de los gases de combustión y el calor generado en su interior provoca el movimiento de un mecanismo que se aprovechara como fuente de energía. (MARTÍNEZ, 2010)

2.1.1 Clasificación

Los motores de combustión interna se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

2.1.1.1 *Por la forma de iniciar la combustión:*

Motores Otto: también llamado motor de explosión o motor de encendido provocado (MEP) Figura 1-2, consume generalmente una mezcla de aire y gasolina que se prepara en el exterior de la cámara de combustión. La mezcla se inflama por una chispa eléctrica que proporciona un sistema de encendido extremo. Soporta presiones moderadas, por lo que sus componentes son ligeros y pueden alcanzar un alto número de revoluciones, consiguen su potencia máxima entre 5.000 y 7.000 revoluciones por minuto (rpm), su volumen unitario oscila entre 250 y 500 cm³ por cilindro. (SANZ, 2011)

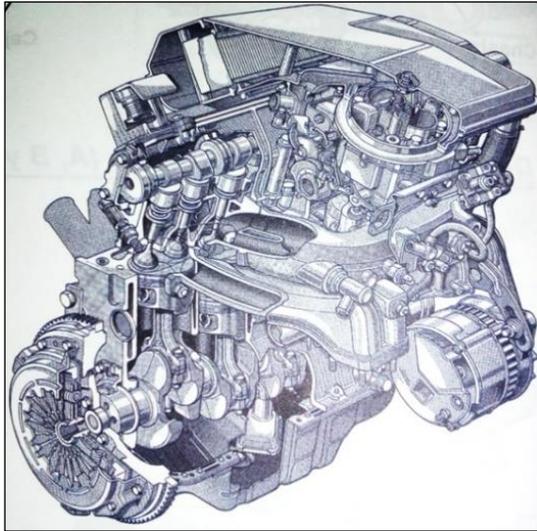


Figura 1-2: Motor de gasolina

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Motores Diesel: también llamado motor de encendido por compresión (MEC). Consume combustible pesados como el gasóleo. La mezcla se realiza en el interior de la cámara de combustión, y se inflama al inyectar el combustible sobre el aire calentado por la fuerte compresión. Las presiones que se producen son muy elevadas y sus componentes han de ser robustos y pesados por lo que el número de revoluciones queda limitado. (SANZ, 2011)

2.1.1.2 Por el ciclo de trabajo

Motores de cuatro tiempos: su ciclo de trabajo se desarrolla en cuatro tiempos admisión, compresión, expansión y escape, durante dos vueltas completas del cigüeñal. El intercambio de gases es controlado por válvulas que abren y cierran los conductos de admisión y escape. (SANZ, 2011)

Motores de dos tiempos: en este motor los procesos de carga, compresión combustión y expulsión de los gases se realiza en dos carreras del pistón, o sea, en una vuelta de cigüeñal. El intercambio de gases se realiza por medio de lumbreras controladas por el pistón en su desplazamiento. (SANZ, 2011)

2.1.1.3 Por el movimiento del pistón

Motores de pistón alternativo: estos motores transmiten el trabajo mediante pistones, que se desplazan con un movimiento lineal alternativo y es transformado en movimiento de rotación mediante un sistema de biela-manivela. (SANZ, 2011)

Motores de pistón rotativo: también conocido como motor Wankel, el movimiento rotativo se genera directamente en un pistón de sección triangular que gira dentro de una carcasa formando tres cámaras, funciona siguiendo el ciclo de cuatro tiempos de un motor Otto, no posee válvulas ya que la admisión y el escape se realiza por lumbreras. (SANZ, 2011)

2.1.1.4 Según la disposición de los cilindros (Figura 2-2)

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| a) en línea. | d) de forma horizontal. | g) formando una estrella. |
| b) de forma vertical. | e) formando una V. | h) invertido. |
| c) en oposición. | f) formando una W. | i) en forma de U. |

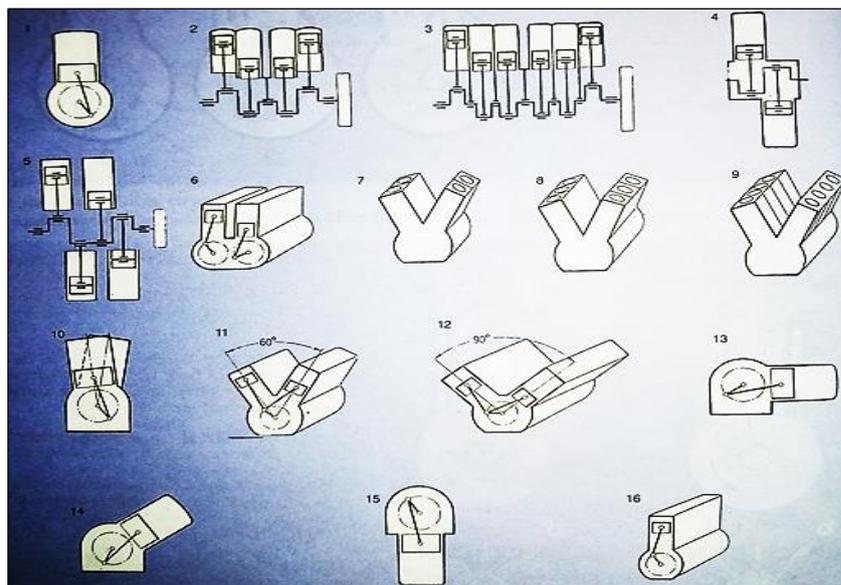


Figura 2-2: Disposición de los cilindros.

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

- | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------|
| 1. Motor monocilíndrico. | 5. Motor de 4 cilindros horizontales. | 9. Motor V 8. | 13. Motor horizontal. |
| 2. Motor de 4 cilindros en línea. | 6. Motor de 2 filas paralelas de cilindros; motor en U. | 10. Motor en V de ángulo agudo. | 14. Motor inclinado. |
| 3. Motor de 6 cilindros en línea. | 7. Motor V 4. | 11. Motor en V a 60°. | 15. Motor invertido. |
| 4. Motor de 2 cilindros horizontales. | 8. Motor V 6. | 12. Motor en V a 90°. | 16. Motor vertical. |

2.1.1.5 Según el número de válvulas por cilindro y disposición en la cámara (Figura 3-2)

Los hay de 2, 3, 4 y hasta 5 válvulas por cilindro que por el número de cilindros del motor diremos que el motor en cuestión tendrá 8, 12, 16, etc.... válvulas. En cuanto a la disposición en la cámara según

, podemos ver varios ejemplos, 1. de bañera, 2. de cuña, 3. culata plana, 4. de pistón, 5. con válvulas desplazadas, 6,7. hemisféricas, 8. herón. (MARTÍNEZ, 2010)

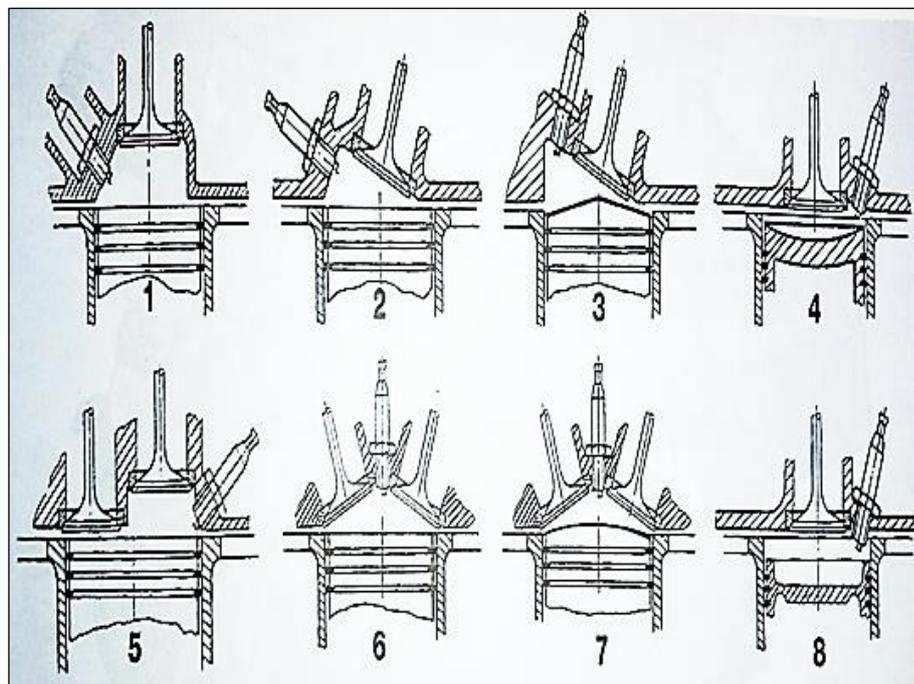


Figura 3-2: Número de válvulas

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

2.1.1.6 Según el sistema de alimentación

2.1.1.6.1 Motores de aspiración natural (Figura 4-2)

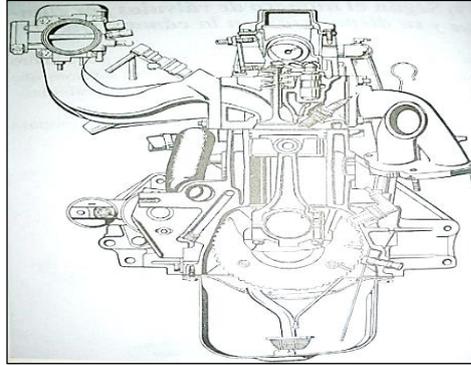


Figura 4-2: Motor de aspiración natural

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

En estos casos los gases frescos entran en el cilindro inducidos por la succión creada por el propio movimiento del émbolo cuando se desplaza desde el PMS hacia el PMI. El valor medio de la presión en los conductos de admisión de estos motores (presión de admisión) será siempre menor que la presión atmosférica, debido a la caída de presión por fricción en el flujo de aire. (PAYRI, 2011)

2.1.1.6.2 Motores sobrealimentados (Figura 5-2)

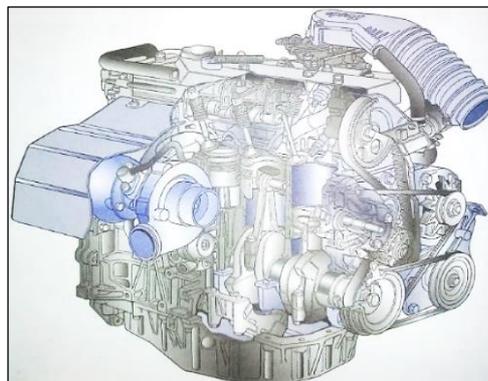


Figura 5-2: Motor sobrealimentado

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

En los motores sobrealimentados se utiliza un compresor para aumentar la presión de admisión por encima de la atmosférica, forzando la entrada de gases frescos al cilindro. El objetivo primero es el de aumentar la densidad del aire en el colector de admisión, de modo que se puede quemar mayor cantidad de combustible o quemar la misma cantidad en mejores condiciones. (PAYRI, 2011)

2.1.2 Partes principales de un motor básico

A continuación, vamos a conocer las partes principales de un motor básico, es decir, de las que son comunes a los motores de combustión interna.

- La culata
- Las válvulas
- El árbol de levas
- Los cilindros
- El bloque
- Los pistones
- Las bielas
- El cigüeñal
- El volante
- Colector de admisión
- Colector de escape
- Bomba de aceite
- Bomba de agua (MARTÍNEZ, 2010)

2.1.3 Características del motor Otto

El motor Otto de cuatro tiempos pertenece al grupo de motores térmicos de combustión interna. Figura 6-2, consume una mezcla de aire y combustible que ha sido previamente preparada. Dispone de un sistema de encendido eléctrico, cuya chispa inflama la mezcla que se encuentra comprimida en la cámara de combustión. Los procesos de admisión de la mezcla y posterior

expulsión de los gases quemados están controlados por las válvulas, que abren y cierran los conductos correspondientes mandados por el sistema de distribución. (SANZ, 2011)

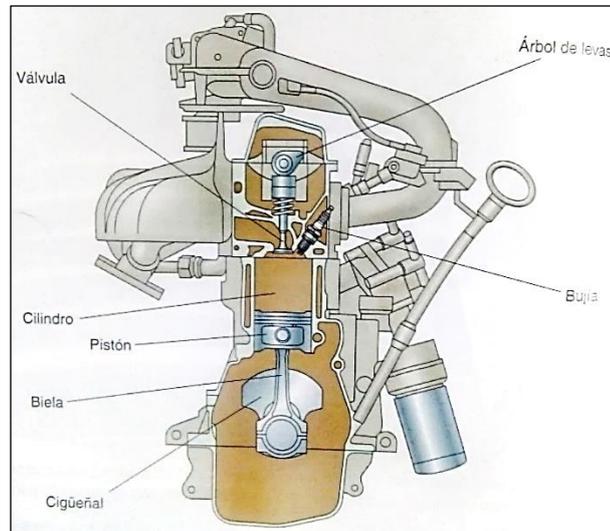


Figura 6-2: Motor Otto de cuatro tiempos

Fuente: (SANZ, 2011)

Su ciclo de funcionamiento se realiza en cuatro tiempos:

- **Admisión:** en el punto muerto superior (PMS) se abre la válvula de admisión y el pistón comienza su carrera descendente. El aumento de volumen en el cilindro es ocupado por la mezcla de aire y combustible que entra a gran velocidad. Cuando el pistón llega al punto muerto inferior (PMI) se cierra la válvula de admisión. (SANZ, 2011)
- **Compresión:** las válvulas de admisión y escape están cerradas, el pistón realiza su carrera ascendente desde el PMI. Cuando el pistón llega al PMS la mezcla queda comprimida en la cámara de combustión alcanzando una presión que oscila entre 10 y 15 bar dependiendo del valor de la relación de compresión. Para realizar la compresión y elevar la temperatura de la mezcla el volante de inercia aporta su energía cinética. (SANZ, 2011)
- **Combustión y expansión:** en el PMS la bujía proporciona una chispa que inflama a mezcla comprimida. La combustión provoca un inmediato aumento de la temperatura, apareciendo una alta presión que se aplica sobre la cabeza del pistón. El pistón desciende desde el PMS

hasta el PMI, transformándose así la energía calorífica liberada en la combustión, en energía mecánica, esta es la única fase que aporta trabajo. (SANZ, 2011)

- Escape: en el PMI los gases se han expandido, pero aún queda una presión residual y una considerable temperatura en el interior del cilindro. La válvula de escape se abre y los gases quemados salen a gran velocidad. La presión y la temperatura caen de forma inmediata hasta igualarse con el exterior. Cuando el pistón llega al PMS ha expulsado la totalidad de los gases quemados y la válvula de escape se cierra. Comienza de nuevo la admisión y el ciclo se repite.

Cada uno de estos cuatro tiempos se realiza en una carrera del pistón, equivalente a media vuelta de cigüeñal (180°). Por tanto, el ciclo se completa en dos vueltas de cigüeñal (720°). (SANZ, 2011)

2.1.4 Ciclo práctico de motor Otto de cuatro tiempos

El diagrama de trabajo teórico se calcula suponiendo que el motor trabaja en condiciones ideales, es decir, tanto la aportación como la sustracción de calor se hacen de forma instantánea, y no existe intercambio de calor con el exterior. El funcionamiento real presenta importantes diferencias con el teórico Figura 7-2.

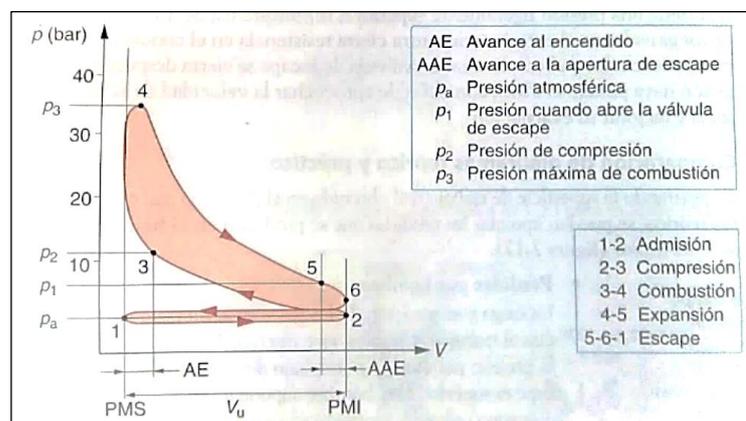


Figura 7-2: Diagrama real del ciclo Otto

Fuente: (SANZ, 2011)

2.1.4.1 Diagrama del ciclo real

- **Admisión: 1-2.** La válvula de admisión se abre y el pistón desciende. El llenado se realiza a una presión inferior a la atmosférica debido a las pérdidas de carga en el conducto de admisión. El gas solo comenzara a entrar cuando el desplazamiento del pistón ha creado la depresión suficiente, esta depresión se mantiene durante la carrera de admisión debido a la resistencia que el gas encuentra a su paso por el filtro, los conductos y la válvula (la cantidad de mezcla admitida es inferior a la teórica). Con el fin de aprovechar la inercia del gas y mejorar el llenado, la válvula de admisión se abre con antelación, antes de que el pistón llegue al PMS, y se cierra con retraso, después del PMI. (SANZ, 2011)
- **Compresión: 2-3.** Con las dos válvulas cerradas, el pistón asciende comprimiendo la mezcla. La compresión no es adiabática ya que parte del calor producido en la compresión es absorbido por el circuito de refrigeración, reduciendo la presión final (p_2). El encendido se produce en el punto 3 antes de que el pistón llegue al PMS, para compensar el tiempo de combustión (AE). (SANZ, 2011)
- **Combustión: 3-4.** Una vez iniciada la combustión en el punto 3, esta se propaga de forma muy rápida pero no instantánea. La combustión no se realiza a volumen constante ya que el pistón efectúa un pequeño recorrido (3-4) superando el PMS. El incremento de volumen hace que la presión máxima de combustión (p_3). (SANZ, 2011)
- **Expansión: 4-5.** El pistón desciende en la carrera de trabajo, esta carrera no es adiabática ya que parte del calor es evacuando al sistema de refrigeración. Esta pérdida de calor además de una menor presión de combustión hace que el trabajo útil obtenido sea menor al teórico. (SANZ, 2011)
- **Principio de escape: 5-6.** La válvula de escape se abre en el punto 5, antes de que el pistón llegue al PMI. Este avance en la apertura del escape (AAE) es necesario porque el descenso de la presión (p_1) no es instantáneo, sino que se necesita cierto tiempo durante el cual el pistón hace el recorrido (5-6). La caída de la presión residual y por tanto la sustracción de calor no se realiza a volumen constante (no isocora). (SANZ, 2011)

- **Expulsión de los gases: 6-1.** En el PMI la presión ya ha descendido lo suficiente y el pistón sube expulsando los gases quemados. Durante la carrera ascendente se mantiene una presión ligeramente superior a la atmosférica debido a que el paso de los gases hacia el exterior encuentra cierta resistencia en el conducto de escape, el silenciador y el catalizador. La válvula de escape se cierra después de que el pistón haya pasado el PMS, con el fin de aprovechar la velocidad de salida de los gases y mejora su evacuación. (SANZ, 2011)

2.1.5 Diagrama de distribución

En el diagrama de distribución Figura 8-2. se representa los puntos de apertura y cierre de las válvulas, así como los ángulos totales que permanecen abiertas. También se representa el avance del encendido (AE).

Los ángulos o cotas de distribución se miden en grados de giro de cigüeñal respecto de los puntos muertos superior e inferior. Son los siguientes:

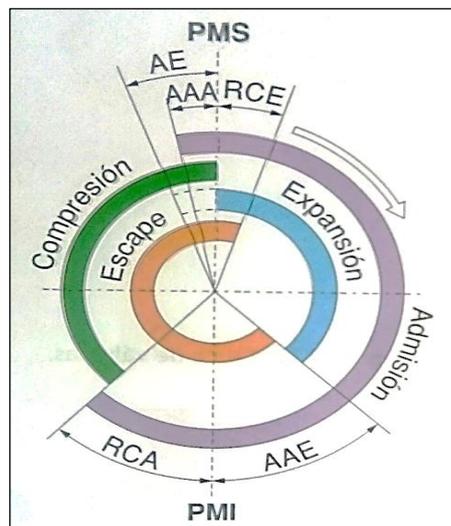


Figura 8-2: Diagrama de distribución

Fuente: (SANZ, 2011)

- Avance a la apertura del escape (AAE). Antes del PMI.
- Retraso al cierre del escape (RCE). Después del PMS.
- Avance a la apertura de admisión (AAA). Antes del PMS.

- Retraso al cierre de admisión (RCA). Después del PMI. (SANZ, 2011)

Tabla 1-2: Valores medidos de las cotas de distribución en motores Otto

ADMISIÓN		ESCAPE		CRUCE
Avance	Retraso	Avance	Retraso	
0° - 15°	40° - 60°	40° - 60°	0° - 20°	0° - 35°

Fuente: (SANZ, 2011)

2.1.6 Términos utilizados para el estudio del motor

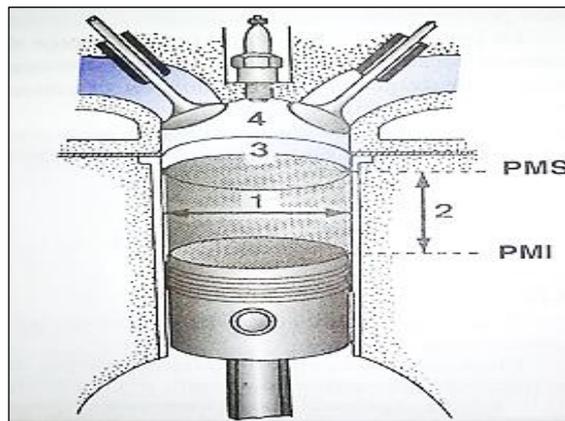


Figura 9-2: Pistón y cilindro

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Punto muerto superior (P.M.S.). Cuando el pistón se encuentra en la posición más elevada del cilindro (Figura 9-2).

Punto muerto inferior (P.M.I)

Cuando el pistón se encuentra en la posición más baja del cilindro (Figura 9-2).

Diámetro o calibre (1)

Diámetro interior del cilindro (generalmente en mm) (Figura 9-2).

Carrera (2)

Distancia entre el P.M.S. y el P.M.I. (en mm) (Figura 9-2).

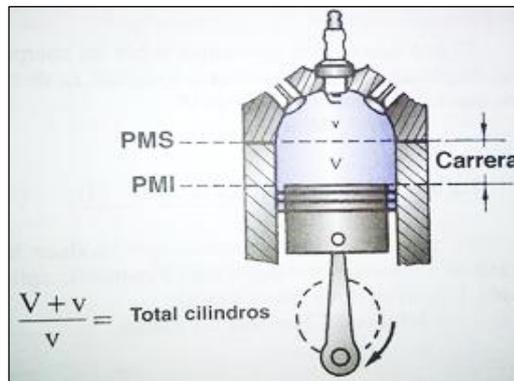


Figura 10-2: Cilindrada

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Volumen desplazamiento por el pistón o cilindrada (V) (3)

Es el volumen que desplaza el pistón del P.M.I. al P.M.S. (Figura 10-2).

Volumen de la cámara de combustión (v) (4)

Volumen comprendido entre la cabeza del pistón en P.M.S. y la culata. (Figura 10-2).

Volumen total del cilindro (V+v)

Volumen comprendido entre la culata y el pistón cuando está en el P.M.I. (Figura 10-2).

Relación volumétrica

Relación entre el volumen total del cilindro (V) y el volumen de la cámara de combustión (v) (Figura 10-2).

Cilindrada

Es la suma de los volúmenes de todos los cilindros de un motor. Se expresa en cm³.

En función de la longitud de carrera y diámetro se dice que un motor es (Figura 11-2):

- **Cuadrado.**
- **Supercuadrado.**
- **Alargado.**

C= Carrera

D= Diámetro

Cuando C/D $\left\{ \begin{array}{l} <1 \text{ supercuadrado} \\ =1 \text{ cuadrado} \\ >1 \text{ alargado} \end{array} \right.$

(MARTÍNEZ, 2010)

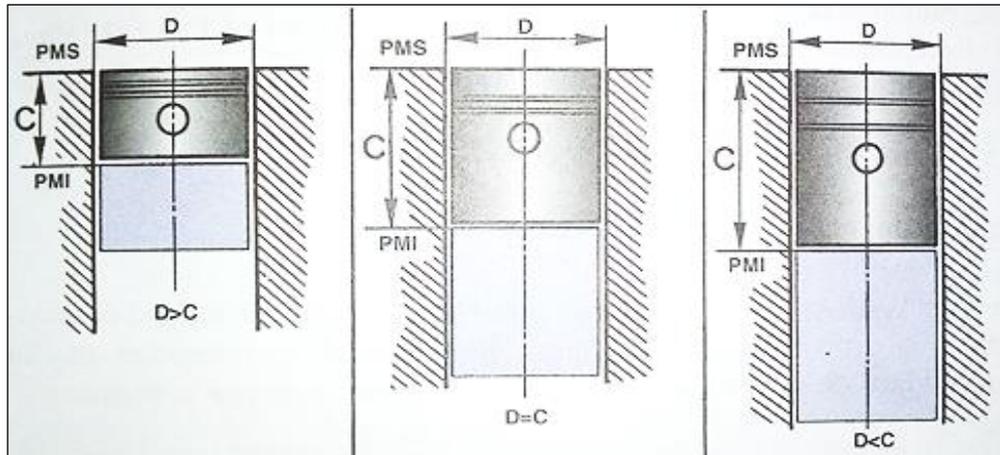


Figura 11-2: Tipos de carrera/diámetro

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

2.2 Parámetros fundamentales del motor de combustión interna

Estos parámetros fundamentales nos permiten el análisis, comprensión, y funcionamiento del MCIP, a continuación, se detallan algunas expresiones que son de mucha utilidad para el cálculo teórico del motor.

2.2.1 Cilindrada Unitaria

Es volumen desplazado por el embolo desde el PMS al PMI se denomina cilindrada unitaria.

$$V_D = A_P S \quad (1)$$

Donde:

V_D : cilindrada unitaria.

A_P : área de pistón.

$$A_P = \frac{\pi D^2}{4}$$

D: diámetro del cilindro. (PAYRI, 2011)

2.2.2 *Cilindrada Total.*

Es el parámetro q mejor define el tamaño del motor y está relacionado con el valor de potencia del motor, define la capacidad de admitir aire por parte del motor.

$$V_T = zV_D \quad (2)$$

Donde:

V_T : cilindrada total.

Z: número de cilindros.

V_D : cilindrada unitaria. (PAYRI, 2011)

2.2.3 *Relación de Compresión:*

Es el cociente entre el volumen máximo, estando el pistón en el PMI, y el volumen mínimo en el PMS, se denomina relación de compresión volumétrica. (PAYRI, 2011)

$$r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_D + V_C}{V_C} \quad (3)$$

Donde:

r: relación de compresión.

V_{max} : volumen máximo.

V_{min} : volumen mínimo.

V_D : cilindrada unitaria.

V_C : volumen de la cámara de combustión. (PAYRI, 2011)

2.2.4 Torque:

El par motor es un parámetro de especial interés pues indica la capacidad tractora que otorga el motor a los dispositivos arrastrados. Donde el torque está determinado por la expresión. (PAYRI, 2011)

$$T_e = \frac{N_e}{2\pi n} \quad (4)$$

T_e : torque.

N_e : potencia

n : revoluciones por minuto

2.2.5 Potencia:

Se obtiene directamente a partir del par efectivo que el motor entrega al régimen de giro n :

$$N_e = \frac{A_p * pm * z * s * n}{12000} \quad (5)$$

Donde:

N_e : potencia efectiva.

A_p : Superficie del pistón

p_m : Presión media

z : número de cilindros

s : carrera

n : régimen de giro. (Kynast, 1986)

2.2.6 Trabajo efectivo:

Es el trabajo positivo generado por los gases sobre el pistón gracias a que durante el proceso de combustión y expansión. Su cálculo se define a partir de potencia efectiva.

$$W_e = \frac{N_e}{in} \quad (6)$$

Donde:

W_e : trabajo efectivo.

N_e : potencia efectiva.

n : revoluciones por minuto.

i : número de ciclos por vuelta. (PAYRI, 2011)

2.2.7 Rendimiento efectivo:

Se denomina rendimiento efectivo a la relación entre la potencia efectiva desarrollada por el motor y la potencia térmica del combustible.

$$\eta_e = \frac{N_e}{\dot{m}_f PCI} \quad (7)$$

Donde:

η_e : rendimiento efectivo.

N_e : potencia efectiva.

\dot{m}_f : gasto másico.

PCI : poder calorífico. (PAYRI, 2011)

2.2.8 Presión Media Efectiva:

Se define como una presión constante que durante la carrera de expansión produciría un trabajo igual al trabajo efectivo.

$$pme = \frac{W_e}{V_T} = \frac{N_e}{inV_t} \quad (8)$$

Donde:

pme : presión media efectiva.

W_e : trabajo efectivo.

V_T : Volumen total.

N_e : potencia efectiva.

n : revoluciones por minuto.

i : número de ciclos por vuelta. (PAYRI, 2011)

2.2.9 Consumo Especifico:

Otra forma de definir el rendimiento es lo que se conoce como consumo específico. El consumo específico se define como el consumo horario de combustible en relación a la potencia producida y tiene como expresión.

$$g_{ef} = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \quad (9)$$

Donde:

g_{ef} : consumo específico.

\dot{m}_f : gasto másico.

N_e : potencia efectiva. (PAYRI, 2011)

2.3 Tren de potencia

El motor es el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para el desplazamiento del vehículo. Para este fin, se dispone de un conjunto de órganos mecánicos cuya misión es transmitir el giro del motor a las ruedas. A este conjunto se le denomina transmisión, que básicamente está formado por los siguientes elementos:

- Embrague.
- Caja de cambios.
- Conjunto diferencial.
- Semiejes y junta homocinética (M., 2012)

2.3.1 Embrague

El mecanismo del embrague es el encargado de permitir o interrumpir el paso de la energía mecánica del motor a la caja de cambios; a voluntad del conductor o automáticamente. Los embragues más empleados son los que utilizan disco de fricción (Figura 12-2). Se caracterizan por una gran resistencia a las revoluciones, alta seguridad de transmisión de la impulsión del motor, poca altura de diseño, escasa fuerza necesaria para accionar el embrague y una larga duración de servicio. (M., 2012)



Figura 12-2: Conjunto del embrague de fricción

Fuente: (LOPEZ, 2017)

2.3.2 *Constitución del embrague de fricción:*

- Volante de inercia
- Disco de embrague
- Masa de embrague
- Collarín

2.3.3 *Caja de cambios manuales*

La caja de cambios es un elemento de transmisión, que se encuentra entre el motor y las ruedas, cuyas misiones son:

- Modificar el número de revoluciones del motor para realizar un aumento o disminución del par según las necesidades de la conducción o las prestaciones solicitadas por el conductor.
- Invertir el sentido de giro para hacer circular el vehículo marcha atrás. (M., 2012)

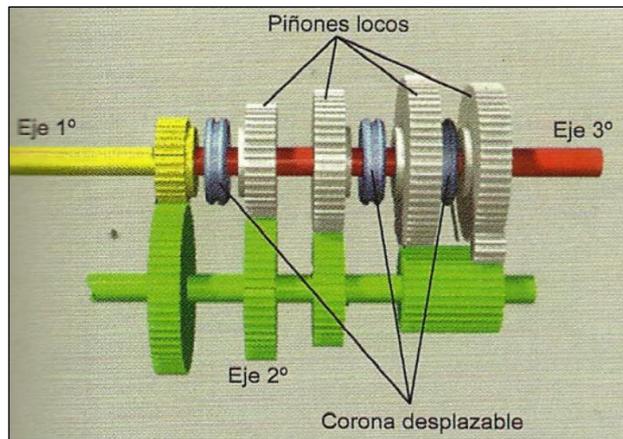


Figura 13-2: Esquema cambio manual de tres ejes

Fuente: (M., 2012)

2.3.4 Elementos de la caja de cambios manual.

- Árbol primario
- Árbol intermediario
- Árbol secundario
- Cubo dentado
- Piñones locos
- Corona desplazable
- Conjunto de sincronización (M., 2012)

2.3.5 Engranajes

En un sistema de engranajes la fuerza transmitida es inversamente proporcional a la velocidad de giro. A esta condición se le denomina relación de transmisión y se representa por las siglas **Rt** o **i**. Si la rueda motriz es más pequeña que la rueda impulsora, la rueda impulsora transmite un par de giro mayor pero menor número de revoluciones. (M., 2012)

$i > 1$ decimos que hay una desmultiplicación.

Si la rueda motriz es mayor que la rueda impulsada la rueda impulsada tiene menos par de giro, pero más revoluciones.

$i < 1$ decimos que hay una multiplicación.

Se define la relación de transmisión (R_t) como el cociente entre el régimen de giro del piñón conductor y el régimen de giro del piñón conducido. (M., 2012)

$$R_t = \frac{N \text{ piñón conductor}}{N \text{ piñón conducido}}$$

Donde:

N: régimen de giro

La relación de transmisión R_t también se puede calcular basándose en el número de dientes que tiene cada piñón del engranaje y aplicando la siguiente fórmula.

$$R_t = \frac{Z \text{ piñón conducido}}{N \text{ piñón conductor}}$$

Donde:

Z: número de dientes (M., 2012)

2.3.6 El diferencial

El diferencial tiene la misión de realizar la multiplicación de las revoluciones que salen del cambio, por tanto, aumentar su par de giro. Compensar las revoluciones entre las ruedas motrices cuando el vehículo toma una curva. Convertir el movimiento longitudinal que sale del secundario de la caja de cambios en transversal para transmitir el movimiento a las ruedas motrices.

Según su estructura de funcionamiento existen distintos modelos: diferenciales convencionales, diferencial epicicloidal o trenes de engranajes planetarios, diferenciales bloqueables. (M., 2012)

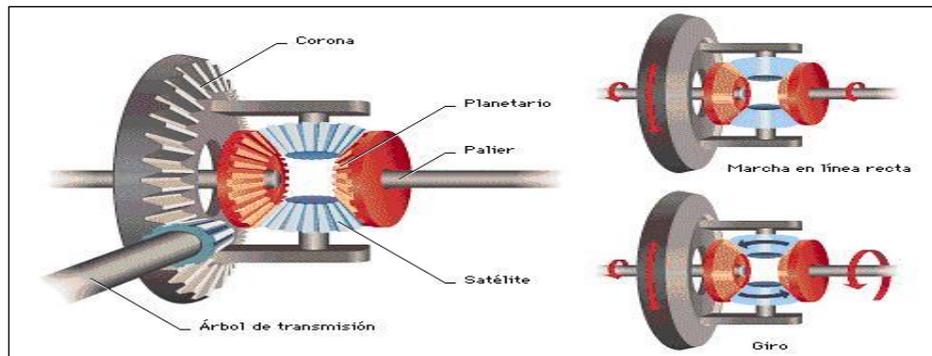


Figura 14-2: Conjunto del diferencial y funcionamiento en línea recta y en giro

Fuente: (Ángel, 2005)

2.3.7 Juntas de árboles y simiárboles de transmisión.

Las juntas de árboles y simiárboles, son las que permite transmitir el movimiento y par motor entre los elementos de la transmisión, aunque estos no estén alineados los más frecuentes son: Junta universal cardan, juntas homocinéticas.

Las juntas homocinéticas tienen las particularidades de transmitir el movimiento de forma constante, aunque los elementos tengan un desfase de alineación. Se montan sobre todo en simiárboles transversales. El motivo de utilizar este tipo de juntas es debido a que los desplazamientos entre ambos elementos (diferencial y ruedas) pueden verse obligados a trabajar con desfase angular muy elevados, sobre todo si además de ser ruedas motrices son directrices, pudiendo existir un desfase de 45° en determinados momentos. (M., 2012)

CAPÍTULO III

3 SELECCIÓN DEL MOTOR Y TREN DE POTENCIA EN BASE A DATOS TÉCNICOS.

Para realizar la selección del motor se tomó a consideración los cálculos pertinentes para obtener el torque y la potencia necesaria para la propulsión del vehículo híbrido tipo buggy 4x4, se realizó los cálculos para la selección adecuada del tren de potencia y el sistema de refrigeración, ya obtenidos estos se procedió a comparar con los datos de las fichas técnicas de cada uno de los fabricantes, así llegar a obtener el motor, el tren de potencia y el sistema de refrigeración adecuados, a continuación, se detalla el proceso.

3.1 Torque y Potencia necesaria para propulsar el vehículo

La definición del conjunto motriz de un vehículo, para cumplir con unas exigencias determinadas o prestaciones, requiere el cálculo previo de las resistencias posibles que se van a oponer en su avance en cualquier situación. Las resistencias q pueden o no existir al mismo tiempo.

Resistencia por rodadura R_r .

Resistencia por gravitatoria R_g .

Resistencia aerodinámica R_a .

3.1.1 Resistencia a la rodadura

Tiene su origen en la deformación del neumático y suelo cuando la rueda esta estática, la reacción del suelo el peso está en la mismo vertical que este, sin embargo, cuando rueda, dicha reacción avanza una distancia, dando lugar a un momento resistente que ha de ser equilibrado. (CASCAJOSA, 2005)

La resistencia a la rodadura se calcula según la siguiente ecuación.

$$R_R = f_r * P * \text{Cos } \emptyset * g \quad (10)$$

Donde:

R_R : Resistencia a la rodadura.

P : Peso del vehículo.

f_r : Coeficiente de resistencia a la rodadura

\emptyset : Angulo de superficie respecto a la horizontal.

g : Gravedad

Calculo de resistencia a la rodadura:

P : 1000 kg.

f_r : 0.015 coeficiente de resistencia a la rodadura (para asfalto)

\emptyset : 40° (para mayor ángulo de pendiente)

$$R_R = 0.015 * 1000 \text{ Kg} * \text{Cos } 40^\circ * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$R_R = 112.72 \text{ N}$$

3.1.2 Resistencia gravitatoria

Es la que se opone al avance del vehículo cuando este sube una pendiente. La resistencia gravitatoria se calcula según la ecuación:

$$R_g = P * \text{Sen } \emptyset * g \quad (11)$$

Donde: (CASCAJOSA, 2005)

R_g : Resistencia gravitatoria.

P : Peso.

ϕ : 40°

Calculo de la resistencia gravitatoria.

P : 1000 Kg

ϕ : 40°

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$R_g = 1000 \text{ Kg} * \text{Sen } 40^\circ * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$R_g = 6305.74 \text{ N}$$

3.1.3 Resistencia aerodinámica

De todas las resistencias es la más estudiada, no solo por su importancia en cuanto al consumo del vehículo, si no por la relacionada que esta por la estética de este. La resistencia gravitatoria se calcula según la ecuación:

$$R_a = \frac{1}{2} * \delta * C_x * A_f * V^2 \quad (12)$$

Donde: (CASCAJOSA, 2005)

R_a : Resistencia aerodinámica.

δ : densidad del aire

C_x : constante.

A_f : Área frontal del vehículo.

V: Velocidad.

Calculo de la resistencia aerodinámica:

$$\delta: 1.225 \frac{Kg}{m^3}$$

$$C_x: 0.35$$

$$A_f: 1.034 m^2$$

$$V: 30 \frac{km}{h} = 8.33 \frac{m}{s}$$

$$R_a = \frac{1}{2} * 1.225 \frac{Kg}{m^3} * 0.35 * 1.034 m^2 * (8.33 \frac{m}{s})^2$$

$$R_a = 15.38 N$$

3.1.4 Total, fuerzas resistivas:

$$TF_r = R_R + R_g + R_a \quad (13)$$

Donde:

TF_r : Total fuerzas resistivas.

$$TF_r = 112.72 + 6305.74 + 15.38$$

$$TF_r = 6433.84 N$$

3.1.5 Potencia necesaria para vencer fuerzas resistentes

La potencia necesaria para propulsar el vehículo híbrido tipo buggy 4x4, se calcula a partir de las fuerzas resistivas calculado por la velocidad de 30 km/h, se utilizó la siguiente ecuación:

$$W_n = V * (R_R + R_g + R_a) \quad (14)$$

$$W_n = V * ((P * \text{Sen } \phi * g) + \left(\frac{1}{2} * \delta * C_x * A_f * V^2\right) + (f_r * P * \text{Cos } \phi * g))$$

$$W_n = 8.33 \frac{m}{s} * (6433.84 \text{ N})$$

$$W_n = 53593.88 \text{ Watts}$$

$$W_n = 71.87 \text{ Hp}$$

Con los cálculos se obtuvo que el vehículo tipo buggy 4x4 a 30 Km/h de verdad tener una potencia de 71.87 Hp como mínimo para llegar a la velocidad deseada.

3.1.6 Torque necesario para vencer las fuerzas resistentes

Continuando se obtiene el cálculo del torque necesario para propulsar el vehículo híbrido tipo buggy 4x4, en el cual se utiliza el valor de la potencia necesaria en kwatts, se utilizó la siguiente ecuación: (CASCAJOSA, 2005)

$$M = \frac{W_n * 60}{2\pi * 5400} \quad (15)$$

$$M = \frac{53593.88 * 60}{2\pi * 5400}$$

$$M = 94.77 \text{ Nm}$$

Se realizó el cálculo de torque, se obtuvo que el mínimo para propulsar al vehículo es de 94.77 Nm, este será tomado a consideración al momento de realizar la selección del motor.

3.2 Cálculo para la selección del tren de potencia

Se realizó los cálculos para determinar la relación de transmisión adecuada en cada marcha para el tren de potencia del vehículo híbrido tipo Buggy 4x4, teniendo en cuenta que las revoluciones del motor serán de 3500 rpm, en cada marcha. Se utiliza la siguiente expresión:

$$i_t = \frac{2 \times R \times \pi \times n_M \times 3.6}{V_v \times 60 \times 1000} \quad (16)$$

Donde: (Kynast, 1986)

V_v = Velocidad en distintas marchas

R = Radio del neumático

n_M = Revoluciones del motor

i_t = Relación de transmisión total

En la Tabla 2-3, se muestran las relaciones de transmisión total calculas a partir de la ecuación (16), que debe tener el tren de potencia a distintas velocidades.

Tabla 1-3: Relación de transmisión total requerida para la selección del tren de potencia

Caja de cambios manual de 5 velocidades	Velocidad	Relación de transmisión
1 ^{ra} velocidad	35	14.02:1
2 ^{da} velocidad	60	8.18:1
3 ^{ra} velocidad	90	5.45:1
4 ^{ta} velocidad	120	4.09:1
5 ^{ta} velocidad	150	3.27:1

Fuente: Autores

Los valores obtenidos sirven con referencia para la selección del tren de potencia requerido para el vehículo híbrido tipo buggy 4x4, los cuales serán comparados con los valores obtenidos de tres cajas de velocidades diferentes disponibles en el mercado. En la Tabla 2-3, se muestra la comparación de las diferentes relaciones en cada caja.

Tabla 2-3: Relaciones de transmisión de cajas de velocidades

Caja de cambios manual de 5 velocidades	Relación de transmisión total [1] Isuzu Aska	Relación de transmisión total [2] VW Brasilia	Relación de transmisión total [3] Yamaha
1 ^{ra} velocidad	13.38:1	11.73:1	12.56:1
2 ^{da} velocidad	8.11:1	7.40:1	7.91:1
3 ^{ra} velocidad	5.35:1	4.83:1	4.95:1
4 ^{ta} velocidad	3.95:1	3.75:1	3.78:1
5 ^{ta} velocidad	3.14:1	2.74:1	2.92:1
Velocidad atrás	12.34:1	11.62:1	11.77:1
Diferencial	3.88:1	3.61:1	3.75:1

Fuente: Autores

Una vez obtenida las relaciones de transmisión totales de cada caja de velocidades, se comparó con los cálculos obtenidos previamente y se procede a seleccionar la caja de velocidades número 1 Isuzu Aska, la cual se asemeja a los valores obtenidos y es de las dimensiones adecuadas que en este caso se dispone de un área para lograr su instalación en la estructura del buggy.

3.3 Cálculo del sistema de enfriamiento

El cálculo preliminar del sistema de enfriamiento de un motor consiste en la determinación del área de enfriamiento del radiador, las principales la bomba de agua y su característica y, la selección del ventilador.

3.3.1 Cálculo del radiador

El radiador es generalmente un intercambiador de calor de flujo cruzado destinado a transmitir el calor del líquido enfriador al aire circulante. El cálculo del radiador se efectúa en el siguiente orden:

3.3.1.1 Cantidad de calor evacuado

Se determina la cantidad de calor Q_l [KW] disipada a través del sistema de enfriamiento durante el trabajo del motor en el régimen de potencia nominal. (ROMERO, 2007)

$$Q_l = \frac{q_l H_i G_c}{3600} \quad (17)$$

Donde:

q_l : Entrega relativa de calor al sistema de enfriamiento.

H_i : Poder calorífico del combustible.

G_c : Flujo másico de combustible.

Valores para el cálculo:

$$q_l = 0.22$$

$$H_i = 43.5 \text{ MJ}$$

$$G_c = 20 \text{ kg/h}$$

$$Q_l = \frac{0.22 * 43.5 \text{ MJ} * 20 \text{ kg/h}}{3600}$$

$$Q_l = 53.16 \text{ KJ/s}$$

3.3.1.2 Calor transmitido al aire circulante Q_{aire} [KJ/s]

Para tener en cuenta la disminución del coeficiente de entrega de calor debido a la obstrucción y ensuciamiento de la superficie exterior en el panel, la formación de costras en las superficies internas de los tubos de radiador y, la desviación de los datos de cálculo con respecto a los reales, se introduce un coeficiente corrector $K_c = 1.1$. la cantidad de calor evacuada del motor a través

del líquido enfriador Q_{lc} , de toma igual a la cantidad de calor transmitida el aire circundante Q_{aire} y es equivalente a: (ROMERO, 2007)

$$Q_{aire} = K_c Q_l = 1.1 Q_l \quad (18)$$

$$Q_{aire} = 1.1 * 53.16 \text{ KJ/s}$$

$$Q_{aire} = Q_{lc} = 58.48 \text{ KJ/S}$$

3.3.1.3 Caudal de aire $V_{aire} [\frac{m^3}{s}]$ que pasa a través del radiador

$$V_{aire} = \frac{Q_{aire}}{C_{aire} \rho_{aire} \Delta T_{aire}} \quad (19)$$

Donde:

C_{aire} : Calor específico medio del aire.

ρ_{aire} : Densidad del aire

ΔT_{aire} : Incremento de la temperatura del aire que fluye en el radiador.

Valores para el cálculo:

$$C_{aire} = 1,005 \frac{KJ}{Kg - K}$$

$$\Delta T_{aire} = 25^\circ C$$

$$\rho_{aire} = 1.3 \frac{kg}{m^3}$$

$$V_{aire} = \frac{58.48 \text{ KJ/s}}{1,005 \frac{KJ}{Kg - K} * 1.3 \frac{kg}{m^3} * 25^\circ C}$$

$$V_{aire} = 1.79 \frac{m^3}{s}$$

3.3.1.4 Temperatura media T_{lm} [°C] del líquido en el radiador

$$T_{lm} = T_{lent} - \frac{\Delta T_l}{2} \quad (20)$$

Donde:

T_{lent} : temperatura del líquido en la entrada el valor óptimo en la temperatura se toma en el rango de 80-90 °C.

ΔT_l : disminución de la temperatura del líquido al fluir por el radiador.

La disminución de la temperatura ΔT_l está dado por los valores de 6-12 °C. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$\Delta T_l = 9^\circ C$$

$$T_{lent} = 90^\circ C$$

$$T_{lm} = 90^\circ C - \frac{9^\circ C}{2}$$

$$T_{lm} = 85.5^\circ C$$

3.3.1.5 Temperatura media del aire T_{aire_m} [°C] que pasa a través del radiador.

$$T_{aire_m} = T_{aire_ant} + \frac{\Delta T_{aire}}{2} \quad (21)$$

Donde:

T_{aire_ant} : temperatura del aire a la entrada se toma como valor óptimo de 40 °C

ΔT_{aire} : variación de la temperatura del aire que pasa a través del radiador.

Valores para cálculo:

$$\Delta T_{aire}: 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{aire_ent} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{aire_m} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} + \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_{aire_m} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.3.1.6 Área de superficie de enfriamiento del radiador F_{rad} [m^2]

$$F_{rad} = \frac{10^3 Q_{lc}}{K_l(T_{lm} - T_{aire_m})} \quad (22)$$

Donde:

K_l : Coeficiente de transferencia de calor del líquido enfriador al cuerpo del radiador [$\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$]

Para los radiadores de los automóviles K_l tiene valores de 90-100 [$\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$], en donde los valores mayores son para vehículos livianos. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$K_l = 90 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - \text{K}}$$

$$T_{lm} = 85.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{lc} = 58.48 \text{ KJ/S}$$

$$T_{aire_m} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_{rad} = \frac{10^3 * 58.48 \text{ KJ/s}}{90 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - \text{K}} (85.5 \text{ } ^\circ\text{C} - 50 \text{ } ^\circ\text{C})}$$

$$F_{rad} = 18.3 \text{ m}^2$$

3.3.1.7 Área superficie frontal de radiador F_{fr} [m^2].

$$F_{fr} = \frac{V_{aire}}{v_{aire}} \quad (23)$$

Donde:

v_{aire} : Velocidad del aire al frente del radiador que esta entre los valores de 6-18 [m/s].

Valores para el cálculo:

$$V_{aire} = 1.79 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$v_{aire} = 6 \text{ m/s}$$

$$F_{fr} = \frac{1.79 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{6 \text{ m/s}}$$

$$F_{fr} = 0.29 \text{ m}^2$$

3.3.1.8 Profundidad del panel del radiador l_{rad} [mm].

$$l_{rad} = \frac{F_{rad}}{F_{fr} \varphi_r} \quad (24)$$

Donde:

φ_r : Coeficiente de capacidad volumétrica.

Para los radiadores modernos $\varphi_r = 0.6-1.8 \text{ mm}^{-1}$. La profundidad del núcleo de los radiadores de los automóviles varia de 30 a 150 mm. (ROMERO, 2007)

Valores para el calculo

$$F_{fr} = 0.29m^2$$

$$F_{rad} = 18.3 m^2$$

$$\varphi_r = 1.2mm^{-1}$$

$$l_{rad} = \frac{18.3 m^2}{0.29m^2 * 1.2mm^{-1}}$$

$$l_{rad} = 52.58 mm$$

3.3.2 Cálculo del ventilador

El ventilador se instala en los sistemas de enfriamiento junto con el enfocado, para crear un flujo forzado de aire, que pase a través del panel del radiador. El seleccionar el ventilador deben conocerse la presión del aire creada por este.

3.3.2.1 Velocidad circular del aspa del ventilador u [m/s].

La velocidad circular del aspa del ventilador [m/s] es su diámetro exterior es:

$$u = \psi_a \sqrt{P_{ai} / \rho_{aire}} \quad (25)$$

Donde:

ψ_a :es un coeficiente que depende de la forma de las aspas ψ_a : 2.2-2.9 para aspas curvilíneas,
 ψ_a : 2.8-3.5 para aspas planas

P_{ai} = 600-1000 [Pa]. Determinada por la resistencia aerodinámica del ducto de aire.

ρ_{aire} : Densidad del aire. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$\psi_a = 2.55 \text{ aspas curvilíneas}$$

$$P_{ai} = 800 \text{ Pa}$$

$$\rho_{aire} = 1.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$u = 2.55\sqrt{800/1.04}$$

$$u = 2.55\sqrt{800/1.04}$$

$$u = 70.55 \text{ m/s}$$

3.3.2.2 *Diámetro del ventilador D_V [m].*

$$D_V = 1.3 \sqrt{\frac{V_{aire}}{v_{aire}}} \quad (26)$$

Donde:

V_{aire} : Caudal del ventilador.

v_{aire} : velocidad de cálculo del aire en el rotor.

En los ductos de aire esta velocidad depende de la relación del área de sección viva del círculo descrito por las aspas del ventilador, sobre la superficie frontal del radiador; esta relación se puede tomar igual a 0.45-0.6 con lo que $v_{aire} = 13-20$ [m/s]. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$V_{aire} = 1.79 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$v_{aire} = 18 \text{ m/s}$$

$$D_V = 1.3 \sqrt{\frac{1.79}{18}}$$

$$D_V = 0.40m$$

3.3.2.3 Frecuencia de rotación del ventilador η_V [min^{-1}].

$$\eta_V = \frac{60 * u}{\pi * D_v} \quad (27)$$

Valores para el cálculo:

$$u = 70.55 \text{ m/s}$$

$$D_V = 0.40m$$

$$\eta_V = \frac{60 * 70.55}{\pi * 0.40}$$

$$\eta_V = 3368.51 \text{ min}^{-1}$$

3.3.2.4 La potencia consumida por el accionamiento del ventilador N_V [HP] es:

$$N_V = \frac{10^3 p_{ai} V_{aire}}{\eta_v} \quad (28)$$

Donde:

η_v : rendimiento del ventilador, para los ventiladores de plástico $\eta_v = 0.6-0.7$. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$V_{aire} = 1.79 \frac{m^3}{s}$$

$$p_{ai} = 800 \text{ Pa}$$

$\eta_v = 0.65$ rendimiento del ventilador

$$N_v = \frac{10^{-3} * 800 \text{ Pa} * 1.79 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.65}$$

$$N_v = 2.2 \text{ KW}$$

$$N_v = 2.95 \text{ HP}$$

3.3.3 Cálculos de la bomba de agua

3.3.3.1 El caudal de circulación [L/S] del líquido enfriador que pasa a través del radiador es:

$$V_l = \frac{Q_{lc}}{C_l \rho_l \Delta T_l} \quad (29)$$

Donde:

C_l : Calor específico del líquido refrigerante.

ρ_l : Densidad del líquido enfriador.

ΔT_l : disminución de la temperatura del líquido al fluir por el radiador.

La disminución de la temperatura ΔT_l esta dado por los valores de 6-12 °C.

El valor óptimo de la temperatura T_{ent} de entrada se toma en el rango de 80-90 °C. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$Q_{lc} = 58.48 \text{ KJ/S}$$

$$\Delta T_l = 9 \text{ °C}$$

$$C_l = 4.187 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} - \text{K}}$$

$$\rho_l = 1 \frac{T}{m^3}$$

$$V_l = \frac{58.48 \text{ KJ/s}}{4.187 * 1 * 9}$$

$$V_l = 1.55 \text{ l/s}$$

3.3.3.2 *El caudal del cálculo de la bomba de agua V_{lc} [l/s] este dado por:*

$$V_{lc} = \frac{V_l}{\eta_b} \quad (30)$$

Donde:

η_b : rendimiento volumétrico de la bomba, cual esta en el orden de η_b :0.8-0.9.

Valores para el cálculo:

$$V_l = 1.55 \text{ l/s}$$

$$\eta_b = 0.85$$

$$V_{lc} = \frac{V_l}{\eta_b}$$

$$V_{lc} = \frac{1.55}{0.85}$$

$$V_{lc} = 1.82 \text{ l/s}$$

3.3.3.3 *Radio del ducto de succión del impeler r_1 [m]*

Garantizando el caudal del líquido enfriador a través del ducto de succión de la bomba es:

$$r_1 = \sqrt{\frac{V_{lC}}{(10^3 * \pi * C_l)} + r_o^2} \quad (31)$$

Donde:

r_o : Radio del cubo del impeler [m].

C_l : velocidad del liquido a la entrada de la bomba, $C_l=1-2.5$ [m/s]. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$C_l = 1.75 \text{ m/s}$$

$$r_o = 0.02 \text{ m}$$

$$V_{lC} = 1.82 \text{ l/s}$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{1.82}{10^3 * \pi * 1.75} + 0.02^2}$$

$$r_l = 0.027 \text{ m}$$

3.3.3.4 *La velocidad circular u_2 [m/s] de salida del líquido.*

$$u_2 = \sqrt{1 + tg\alpha_2 * ctg\beta_2} * \sqrt{p_l(10^3 * \eta_h * \rho l)} \quad (32)$$

Donde:

α_2, β_2 : ángulos entre las direcciones de las velocidades.

p_l : presión del líquido creada por la bomba, $(5-10) * 10^4$ [Pa].

η_h : rendimiento hidráulico de la bomba, $\eta_h = 0.6-0.7$

Valores para el cálculo:

$$p_t = (7.5)10^4 Pa$$

$$\eta_h = 0.65$$

$$\alpha_2 = 9^\circ$$

$$\beta_2 = 42^\circ$$

$$u_2 = \sqrt{1 + \operatorname{tg}9 * \operatorname{ctg}42} * \sqrt{(7.5) * 10^4 / (10^3 * 0.65 * 1)}$$

$$u_2 = 11.48 \text{ m/s}$$

3.3.3.5 El radio r_2 [m] del impeler en la salida es, por tanto:

$$r_2 = \frac{30 * u_2}{\pi * n_{im}} \quad (33)$$

Donde:

n_{im} : frecuencia de rotación del impeler [min^{-1}] (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$n_{im} = 2500 \text{ min}^{-1}$$

$$u_2 = 11.48 \text{ m/s}$$

$$r_2 = \frac{30 * u_2}{\pi * n_{im}}$$

$$r_2 = \frac{30 * 11.48}{\pi * 2500}$$

$$r_2 = 0.043 \text{ m}$$

3.3.3.6 La velocidad circular [m/s] del flujo a la entrada se encuentra de la relación, donde:

$$u_1 = u_2 \frac{r_1}{r_2} \quad (34)$$

Valores para el cálculo:

$$r_2 = 0.043\text{m}$$

$$u_2 = 11.48 \text{ m/s}$$

$$r_1 = 0.027 \text{ m}$$

$$u_1 = 11.48 \frac{0.027}{0.043}$$

$$u_1 = 7.2 \text{ m/s}$$

3.3.3.7 *Velocidad radial de la salida del liquido C_r [m/s].*

$$C_r = \frac{p_l t g \alpha_2}{10^3 u_2 \eta_h \rho_l} \quad (35)$$

Donde:

η_h : rendimiento hidráulico de la bomba los valores van desde 0.6- 0.7 (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$p_l = (7.5)10^4 \text{ Pa}$$

$$\eta_h = 0.65$$

$$\alpha_2 = 9^\circ \text{C}$$

$$\rho_l = 1 \frac{\text{T}}{\text{m}^3}; \text{ densidad del líquido refrigerante}$$

$$u_2 = 11.48 \text{ m/s}$$

$$C_r = \frac{(7.5) * 10^4 * tg9}{10^3 * 11.48 * 0.8 * 1}$$

$$C_r = 1.29 \text{ m/s}$$

3.3.3.8 El ancho de las aspas a la entrada, b_1 y salida b_2 [mm] es:

$$b_1 = \frac{10^3 V_{lc}}{(2\pi r_1 - z\delta/\sin\beta_1)C_1} \quad (36)$$

$$b_2 = \frac{10^3 V_{lc}}{(2\pi r_2 - z\delta/\sin\beta_2)C_r} \quad (37)$$

Donde:

Z: número de aspas del impeler

δ : espesor del aspa.

En los diseños existentes $z= 4-8$, $\delta =3-5$ [mm], $b_1=10-35$ [mm], $b_2:4-25$ [mm].

Valores para el cálculo aspas de entrada:

$$V_{lc} = 1.82 \text{ l/s}$$

$$r_l = 0.027 \text{ m}$$

$$\delta = 4 \text{ mm}$$

$$z = 6 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 13.49^\circ$$

$C_1 = 1.75 \text{ m/s}$; velocidad del líquido a la entrada

$$tg\beta_1 = \frac{C_1}{u_1}$$

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{1.75}{7.2}$$

$$\beta_1 = 13.49^\circ$$

$$b_1 = \frac{10^3 * 1.82}{\left(2\pi * 27 - \frac{6 * 4}{\sin 13.49}\right) * 1.75}$$

$$b_1 = 15.76 \text{ mm}$$

Valores del cálculo para las aspas de salida:

$$V_{lc} = 1.82 \text{ l/s}$$

$$r_2 = 0.043 \text{ m}$$

$$\delta = 4 \text{ mm}$$

$$z = 6 \text{ mm}$$

$$\beta_2 = 42^\circ$$

$$C_r = 1.29 \text{ m/s}$$

$$b_2 = \frac{10^3 * 1.82}{\left(2\pi * 43 - \frac{6 * 4}{\sin 42}\right) * 1.29}$$

$$b_2 = 8.47 \text{ mm}$$

3.3.3.9 *Potencia consumida N_b [KW] por la bomba de agua.*

$$N_b = \frac{10^{-6} V_{lc} p_l}{\eta_M} \quad (38)$$

Donde:

η_M : rendimiento mecánico de la bomba, $\eta_M = 0.7-0.9$. (ROMERO, 2007)

Valores para el cálculo:

$$p_l = (7.5)10^4 Pa$$

$$\eta_M = 0.8$$

$$V_{LC} = 1.82 l/s$$

$$N_b = \frac{10^{-6} * 1.82 * (7.5) * 10^4}{0.8}$$

$$N_b = 0.17 KW$$

$$N_b = 0.22 HP$$

Como resultados de los cálculos del sistema de enfriamiento se obtuvo los parámetros para la selección de este, los cuales son el área frontal 0.29 m² y la profundidad del panel 52.58 mm para el radiador, el diámetro 0.40 m y la potencia consumida 2.95 HP del ventilador, y la potencia consumida 0.22 HP de la bomba de agua, estos valores se toman como referencia para la selección del sistema.

3.4 Motor y tren de potencia disponibles para la implementación

Para la selección, se obtuvo tres diferentes modelos existentes en el mercado, los cuales se detalla a continuación.

En la

Tabla 3-3, se muestra las características técnicas del motor Isuzu 2000 cc dadas por el fabricante.

Tabla 3-3: Información del motor Isuzu 2000cc y tren de potencia

Motor	I 4	Diámetro x Carrera	84.00 x 82.00 mm
Código de motor	4ZB1	Válvulas	8

Combustible	Gasolina	Relación de compresión	9.00
Alimentación	1 carburador Stromberg	Potencia	105 hp o 77 kW @ 5400 rpm
Líquido refrigerante	Refrigerante	Par máximo	152 Nm o 112lb.ft @ 5400 rpm
Situación	Transversal	Tracción	FWD
Cilindrada	1818 cm ³	Caja de cambios	5 velocidades manual

Fuente: (Specs, 2018)

En la Tabla 4-3, se muestra las características técnicas del motor Bóxer 1600 cc dadas por el fabricante.

Tabla 4-3: Información del motor Bóxer 1600cc y tren de potencia

Motor	Bóxer 4	Diámetro x Carrera	85.50 x 69.00 mm
Código de motor	-	Válvulas	8
Combustible	Gasolina	Relación de compresión	7.20
Alimentación	2 Solex H 32 PDSI carbs	Potencia	54 hp o 40 kW @ 4200 rpm
Líquido refrigerante	Aire	Par máximo	106 Nm o 78lb.ft @ 4200 rpm
Situación	Longitudinal	Tracción	RWD
Cilindrada	1585 cm ³	Caja de cambios	4 velocidades manual

Fuente: (Specs, 2018)

En la Tabla 5-3, se muestra las características técnicas del motor Yamaha 650 cc dadas por el fabricante.

Tabla 5-3: Información del motor Yamaha 650cc y tren de potencia

Motor	V2, four-stroke	Diámetro x Carrera	
Código de motor	-	Válvulas	
Combustible	Gasolina	Relación de compresión	
Alimentación		Potencia	40 hp o 29.2 kW @ 6500 rpm
Líquido refrigerante	Aire	Par máximo	51 Nm o 37.6 lb. ft @ 3000 rpm
Situación	Longitudinal	Tracción	RWD
Motor	V2, four-stroke	Diámetro x Carrera	

Fuente: (Specs, 2018)

3.5 Comparación de los motores y el tren de potencia

En base a cada ficha técnica se procede a realizar una comparación mediante puntos, con el cual se pudo seleccionar el motor y el tren de potencia ideal, en la Tabla 6-3 se presenta dicha comparación:

Tabla 6-3: Comparación del motor y tren de potencia

Parámetros	Motor Isuzu	Motor Bóxer	Motor Yamaha
Cilindrada	1817 cm ³	1585 cm ³	649 cm ³
# Cilindros	I 4	4	V2
Refrigeración	Refrigerante	Aire	Aire
Combustible	Gasolina	Gasolina	Gasolina
Potencia	105 hp o 77 kW @ 5400 rpm	54 hp o 40 kW @ 4200 rpm	40 hp o 29.2 kW @ 6500 rpm
Par máximo	152 Nm o 112lb.ft @ 5400 rpm	106 Nm o 78lb.ft @ 4200 rpm	51 Nm o 37.6 lb. ft @ 3000 rpm
Fuerza propulsora	7392 N	3840 N	2803.02 N

Repuestos	De fácil acceso a nivel nacional.	Se consigue solo en los distribuidores autorizados	Bajo pedido en los distribuidores.
Mantenimiento	Facilidad al momento de realizar	Se deber tener experiencia	Se debe tener experiencia
Factor económico	800 \$	1000 \$	1200 \$
Caja de velocidades	5 velocidades	4 velocidades	5 velocidades
Repuestos	De fácil acceso a nivel nacional.	Se consigue solo en los distribuidores autorizados	Bajo pedido en los distribuidores.
Mantenimiento	Facilidad al momento de realizar	Complejo al momento de realizar	Complejo al momento de realizar
Factor económico	200 \$	250 \$	300 \$

Fuente: Autores

3.6 Selección del motor, tren de potencia y sistema de refrigeración

Para llegar a la selección del motor, el tren de potencia y el sistema de refrigeración, se realizó los cálculos previos de cada uno de estos, en los que se destaca el torque, la potencia, le velocidad que alcanza en cada marcha, el área frontal y la profundidad del panel, que serán implementados en el vehículo híbrido tipo buggy 4x4, estos valores nos dan una perspectiva clara para la selección adecuada, con estos se procedió a realizar una comparación entre las distintas fichas técnicas obtenidas que se muestra en la Tabla 6-3, llegando a la selección del motor, tren de potencia y sistema de enfriamiento del Isuzu Aska, el cual cumple con todos los parámetros obtenidos mediante los cálculos, además que se tomó a consideración que será un vehículo 4x4 por lo que se necesita un torque elevado para su propulsión, además de la facilidad al momento de encontrar repuestos en caso de una avería futura.

3.7 Estado y puesta a punto del motor Isuzu 2000cc y el tren de potencia

Antes de la implementación se realizó la valoración de cada uno de los sistemas que conforman al motor y al tren de potencia, el cual es descrito a continuación:

3.7.1 Estado del Motor Isuzu 2000cc antes de la puesta a punto

En este punto se realizó un análisis general del estado del motor, mediante la visualización de cada una de sus partes, con ayuda de la información general dada por el fabricante, que se da a conocer mediante la siguiente Tabla 7-3:

Tabla 7-3: Información del motor Isuzu 2000cc

Motor	I 4	Diámetro x Carrera	84.00 x 82.00 mm
Código de motor	4ZB1	Válvulas	8
Combustible	Gasolina	Relación de compresión	9.00
Alimentación	1 carburador Stromberg	Potencia	105 hp o 77 kW @ 5400 rpm
Líquido refrigerante	Refrigerante	Par máximo	152 Nm o 112lb.ft @ 5400 rpm
Situación	Transversal	Tracción	FWD
Cilindrada	1818 cm ³	Caja de cambios	5 velocidades manual

Fuente: (Specs, 2018)

3.7.2 Valoración de cada elemento del motor y sistemas del motor Isuzu 2000cc

Se realizó una inspección visual de cada elemento del motor, ya que no se pudo realizar pruebas por el motivo de que el motor se encontraba desmantelado y no contaba con todos sus elementos, a continuación, se presenta en la Tabla 8-3, el estado de cada elemento con su descripción y un porcentaje dado al mismo una vez verificado la condición en la que es encontrado:

Tabla 8-3: Elementos y estado del motor Isuzu 2000cc

Nombre	Detalle	Puntaje (10/10)	Acciones
Pistones	Poca concentración de carbón.	9.5	Limpieza
Anillos (rines)	Poca concentración de carbón.	9.5	Limpieza
Bulones	Desgaste imperceptible.	9.7	Limpieza
Cilindros	Poca concentración de carbón.	9.5	Limpieza
Culata	Poca concentración de carbón.	9.6	Limpieza
Árbol de levas	No presento falla alguna.	9.8	Limpieza
Balancines	No presento falla alguna.	9.6	Limpieza
Válvulas	No presento falla alguna.	9.7	Limpieza
Banda de distribución	No presento falla alguna.	9.0	Limpieza
Bielas	No presento falla alguna.	9.4	Limpieza
Cigüeñal	No presento falla alguna.	9.7	Limpieza
Chaquetas	Ralladura con poca visibilidad	8.7	Limpieza

Fuente: Autores

3.7.2.1 Valoración del sistema de encendido

Los diferentes elementos del sistema de encendido se muestran en la Tabla 9-3, a continuación, se describe cada elemento del sistema de encendido con el respectivo detalle de su estado, donde se dará a conocer el fallo o la falta de dichos elementos.

Tabla 9-3: Elementos y estado del sistema de encendido

Nombre	Detalle	Puntaje (10/10)	Acciones
Bujías	Poca concentración de carbonilla.	9.0	Limpieza
Cabes de bujías	Desgaste del recubrimiento del cable de alta tensión.	7.0	Sustitución
Bobina	Sin existencia.	0.0	Adquisición
Distribuidor	No presenta falla.	9.5	Limpieza

Tapa del distribuidor	Poca concentración de sulfato en los bornes.	8.5	Limpieza
Batería	Sin existencia.	0.0	Adquisición
Módulo de encendido tipo	No presenta falla.	9.6	Limpieza
Switch de encendido	Sin existencia.	0.0	Adquisición
Motor de arranque	Desgaste del piñón.	8.0	Limpieza

Fuente: Autores

3.7.2.2 Valoración del sistema de lubricación

Se valoraron los elementos que constituyen al sistema de lubricación del motor Isuzu 2000cc, para tener en cuenta el estado en que se encuentra, estos son detallados en la Tabla 10-3.

Tabla 10-3: Elementos y estado del sistema de lubricación

Nombre	Detalle	Puntaje (10/10)	Acciones
Aceite	Degradado.	3.0	Sustitución
Filtro de aceite	Sucio.	4.0	Sustitución
Carter	Con impurezas.	9.5	Limpieza
Bomba de aceite	No presenta falla.	9.3	Limpieza

Fuente: Autores

3.7.2.3 Valoración del sistema de refrigeración

Todos los elementos que constituyen al sistema de refrigeración fueron evaluados para tener conocimiento de su estado, estos son detallados en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Elementos y estado del sistema de refrigeración

Nombre	Detalle	Puntaje (10/10)	Acciones
Bomba de agua	No presenta falla.	9.0	Limpieza

Cañerías	Con fugas de elementos inexistentes.	3.0	Sustitución
Radiador	Presenta fugas.	9.5	Reglaje
Ventilador eléctrico.	Inexistente.	0.0	Adquisición

Fuente: Autores

3.7.2.4 Valoración del sistema de alimentación

La valoración de cada uno de los elementos que constituyen al sistema de alimentación es detallada en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3: Elementos y estado del sistema de alimentación

Nombre	Detalle	Puntaje (10/10)	Acciones
Múltiple de admisión	Presenta acumulación de carbonilla.	9.0	Limpieza
Carburador	Mal estado de los elementos.	5.0	Sustitución
Filtro de aire	Inexistente.	0.0	Adquisición
Cañería de entrada de combustible	Inexistente.	0.0	Adquisición
Cañería de retorno de combustible.	Inexistente.	0.0	Adquisición

Fuente: Autores

3.7.3 Valoración de cada elemento del tren de potencia.

Se realizó una inspección visual de cada elemento del tren de potencia, las pruebas de funcionamiento se realizaron posterior a la puesta a punto, se presenta en la tabla, el estado de cada elemento con su descripción y puntaje de 10/10 dado al mismo una vez verificado la condición en la que se encuentra:

En la Tabla 13-3, se describe cada uno de sus elementos del sistema de embrague dando un puntaje del estado en que se encuentran.

Tabla 13-3: Elementos y estado del embrague

Nombre	Detalle	Puntaje 10/10	Acciones
Volante de inercia	Buen estado	9.8	Limpieza
Disco de embrague	desgaste mínimo adecuado para su uso	8.5	Limpieza
Diafragma	Buen estado	9.5	Limpieza
Plato de presión	No presenta fallas	9.5	Limpieza
Carcaza	No presenta fallas	9.5	Limpieza
Collarín y horquilla de accionamiento	Buen estado	9.5	Limpieza

Fuente: Autores

En la Tabla 14-3, se describe cada uno de los elementos de la caja de velocidades, dando un puntaje del estado en que se encuentran.

Tabla 14-3: Elementos y estado de la caja de velocidades

Nombre	Detalle	Puntaje 10/10	Acciones
Caja de velocidades	Presenta un buen estado sin detención de fugas de lubricante	9.8	Limpieza
Aceite lubricante	Mal estado	3.0	Sustitución
Eje primario	Mínimo desgaste en el cubo estriado	9.0	Limpieza

Engranajes de 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a	Mínimo desgaste por su propio uso	9.0	Limpieza
Engranaje recto de marcha atrás	Mínimo desgaste	9.5	Limpieza
Eje secundario	Mínimo desgaste en sus engranajes locos	9.0	Limpieza
Sincronizadores de 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a , y marcha atrás	En buen estado	9.0	Limpieza
Retenedores	En buen estado	9.5	Limpieza
Horquillas y Barillas selectoras	Mínimo desgaste	8.9	Limpieza
Seguros, muelles, tuercas, arandelas, abrazaderas	Buen estado	9.5	Limpieza

Fuente: Autores

En la Tabla 15-3, se describe cada uno de sus componentes del diferencial, dando un puntaje del estado en que se encuentran.

Tabla 15-3: Elementos y estado del diferencial

Nombre	Detalle	Puntaje 10/10	Acciones
Diferencial	Muestra un buen estado	9.0	Limpieza
Satélites y planetarios	Desgaste mínimo debido al uso	9.5	Limpieza
Corona y cuerpo del diferencial	No presenta fallas	9.0	Limpieza
Arandelas, eje porta satélites, distanciador, tuerca	Buen estado	9.0	Limpieza
Semiejes	Buen estado, no presenta desgaste excesivo en los estriados	9.5	Limpieza
Juntas homocinéticas	Buen estado	9.0	Limpieza
Lubricación de juntas homocinéticas	Mal estado	4.0	Sustitución

Fuente: Autores

Una vez elaborada la evaluación de cada elemento y sistema del motor y tren de potencia se procede a la ejecución de la puesta a punto, se ejecutaron los siguientes procedimientos:

3.7.4 Desmontaje, limpieza de los elementos y sistemas del motor

Para el desmontaje de cada elemento y sistema, se realizó el procedimiento pertinente el cual se detalla a continuación.

3.7.4.1 Sistema de lubricación.

Antes de desmontar cualquier elemento lo principal es la extracción del lubricante que se encuentra en el carter del motor, para realizar este procedimiento lo detallaremos a continuación.

- Primero se obtuvo una cubeta donde colocar el aceite que fue extraído del motor y así evitar derrames que contaminen el ambiente.
- Se aflojo y retiro el tapón del carter para que se pueda drenar el aceite, a la vez se retiró la tapa del tapa válvulas para que se pueda drenar con mayor facilidad.
- Una vez drenado todo el aceite se procedió a aflojar el filtro con la ayuda de una llave especializada, se retiró el filtro y se drenó el aceite restante en la cañería.
- Para finalizar observó que el lubricante se encontraba ya deteriorado y el carter no presentó golpes o fisuras por donde pueda existir fugas.

3.7.4.2 Tapa Válvulas.

Se procedió con el desmontaje del tapa válvulas, ya que al extraer este se pudo observar el estado de las válvulas y de los muelles, para poder extraer hay que seguir los siguientes pasos que se detallan a continuación.

- Primero se identificó los pernos que sujetan al tapa válvulas, se los aflojo y retiro colocándolos en un recipiente.
- Con ayuda de un destornillador plano se introduce entre el tapa válvulas y el cabezote para hacer palanca, así poder extraer con facilidad.
- Una vez desmontado se realizó la limpieza con ayuda de una espátula para retirar los residuos de silicona juntamente con una brocha y gasolina para retirar las impurezas.
- Para finalizar se observó que el empaque se encontraba en malas condiciones, el interior del tapa válvulas se encontraba en buen estado ya que no se encontró rayaduras o golpes.



Figura 1-3: Tapa Válvulas

Fuente: Autores

3.7.4.3 Sistema de alimentación.

Se realizó el desmontaje del sistema de alimentación, donde se observó que no existía el depurador, se procedió a desmontar el resto de los elementos, los cuales se detalla a continuación el procedimiento.

- Se visualizó las cañerías que conectan al carburador para consecutivamente desconectarlas y así evitar que puedan romperse al momento del desmontaje del carburador.
- Se realizó el desmontaje del carburador, aflojando y retirando las tuercas que le sujetan al colector de admisión, al retirar al carburador se lo realizo con cuidado para evitar la ruptura de empaque.
- Además, se observó que algunos elementos se encontraban en malas condiciones y que existía suciedad, por lo que se lo realizo el mantenimiento respectivo.
- Se realizó el mismo procedimiento con el múltiple de admisión, para lo cual se aflojó y retiró tanto las turcas como los pernos que lo sujetan, una vez fuera se observó que existía presencia de suciedad en su interior.
- Se limpió con un brocha y gasolina para eliminar la suciedad del exterior e interior, se utilizó una pistola y un compresor de aire para pulverizar y así se eliminó cualquier impureza restante dentro de este.

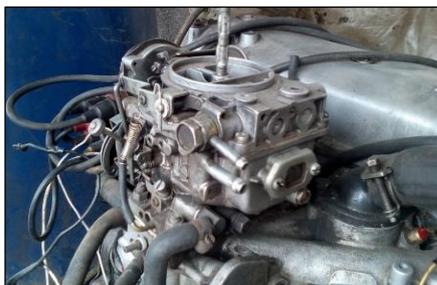


Figura 2-3: Sistema de alimentación

Fuente: Autores

3.7.4.4 Sistema de escape.

Se observó que no contaba con el sistema de escape completo, solo se encontró el colector, para realizar el desmontaje se realizó el siguiente procedimiento.

- Se aflojo los pernos y tuercas que lo sujetan, una vez retirados se procedió a desmontar con cuidado para que no se dañe el empaque metálico.
- Al momento de retirarlo se pudo ver que existía presencia de hollín por la combustión y la salida de los gases quemados.
- Se realizó la limpieza con una brocha y gasolina para retirar los depósitos de hollín, además se utilizó una pistola y un compresor de aire para pulverizar el interior y así eliminar los residuos que se encuentren.



Figura 3-3: Colector de Escape

Fuente: Autores

3.7.4.5 Sistema de distribución.

Se sincronizo el sistema de distribución y se realizó el despiece, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Para la sincronización de la distribución se procedió a girar el cigüeñal hasta que quede el cruce de válvulas en el cuarto cilindro y en el primero se encuentre en compresión, con lo que deben coincidir la marca del cigüeñal y la del árbol de levas.
- Se procedió a aflojar el perno del tensor teniendo cuidado de que no se gire el cigüeñal, una vez extraído este se procedió a extraer la banda de la distribución.
- Se realizó una inspección para determinar su estado, dando como resultado que se encontraba en buen estado, ya que no presentaba grietas o desgaste.



Figura 4-3: Sistema de distribución

Fuente: Autores.

3.7.4.6 *Cabezote.*

Se procedió a desmontar el cabezote evitando girar el árbol de levas, a continuación se describe el procedimiento.

- Se aflojó los pernos que sujetan al bloque de cilindros, esto se lo realizó de afuera así dentro en forma de cruz así evitar que al momento de aflojar los pernos el cabezote se deforme.
- Se procedió a retirar los pernos, se sujetó al cabezote para extraerlo con cuidado evitando que se pueda golpearse, se colocó sobre una mesa donde se realizó la limpieza.
- Se encontró en mal estado el empaque, se observó que en la cámara de combustión existe presencia de carbonilla por efecto de la combustión, no se observó desgaste en las válvulas.
- Al aflojar y retirar las bujías se observó que se encontraban con presencia de carbonilla y desgaste en el electrodo por lo que se decidió sustituirás.
- Para la limpieza se utilizó una espátula para eliminar los restos del empaque y de carbonilla tanto de la superficie como de los conductos de lubricación y de refrigeración, con una brocha y gasolina se limpió toda la superficie y el árbol de levas junto con los muelles y los balancines.
- Con una pistola y un compresor de aire se procedió a pulverizar al cabezote por completo para eliminar cualquier residuo, también se pulverizo los conductos para eliminar cualquier residuo que pueda afectar en su funcionamiento.



Figura 5-3: Cabezote

Fuente: Autores

3.7.4.7 Carter.

Se procedió al desmontaje del carter, para el cual se describe a continuación el procedimiento.

- Se giró el bloque de cilindros para que sea más fácil aflojar y retirar cada uno de los pernos, los colocamos en un recipiente.
- Se introdujo un destornillador plano entre el carter y el bloque de cilindros utilizándolo como palanca para poder despegarlo.
- Se observó que el empaque se encontraba en malas condiciones y en su interior no se encontró presencia de residuos metálicos ni de rayaduras o golpes por los cuales pueda existir fugas.
- Para la limpieza se procedió con una espátula para poder limpiar los residuos de silicona y con una brocha y gasolina se limpió el interior para eliminar cualquier residuo de aceite, con una pistola y un compresor de aire se pulverizó por completo.



Figura 6-3: Carter

Fuente: Autores.

3.7.4.8 Pistones.

Se procedió a la extracción de los pistones, lo que se realizó con cuidado para evitar que se pueda producir alguna rayadura en los cilindros, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Se aflojó y retiró las tuercas de la bancada de las bielas para poder extraerlas y posterior extraer los pistones.
- Con ayuda de un taco de madera se procedió a empujar con cuidado la biela y pueda ser expulsado el pistón, este procedimiento se lo realiza can cada uno de los pistones.
- Se pudo observar que tenían presencia de carbonilla en la cabeza del pistón por consecuencia de la combustión, además que presentaba un desgaste normal en las paredes.
- Se retiró cada uno de los anillos teniendo cuidado para evitar que se deformen y poder valorar su estado, así se lo realizo con cada uno de los pistones.
- Se procedió a la limpieza con ayuda de una brocha y gasolina para eliminar los residuos existentes, con una pistola y un compresor de aire se pulverizo para así dejar totalmente limpios.

3.7.4.9 Cigüeñal.

Se procedió a la extracción del cigüeñal, el cual se lo realizo con cuidado para evitar que este pueda sufrir algún tipo de rayadura que pueda afectar en su funcionamiento, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Se procedió a aflojar y retirar los pernos de las bancadas uno por empezando desde afuera asía dentro en forma de cruz, así evitar que el cigüeñal pueda sufrir deformación.
- Se procedió a extraer las bancadas con cuidado y señalando cada una en el orden adecuado.

- Se procedió a extraer el cigüeñal, donde se pudo evidenciar que no se encontraban rayaduras en este ni en las camisas.
- Para realizar la limpieza se utilizó una brocha y gasolina con el cual se retiró las impurezas existentes, además de utilizar una pistola y un compresor de aire con el cual se pulverizo así eliminando cualquier rastro de impurezas.

3.7.4.10 *Bloque de cilindros.*

Una vez desmontado todos los elementos y sistemas, se procedió a realizar una inspección del bloque de cilindros, en el cual se observó presencia de carbonilla, para una mejor visualización se procedió a la limpieza, la que se detalla a continuación.

- Con una espátula se limpió toda la superficie para eliminar los residuos del empaque y de impurezas que puedan existir.
- Se utilizó una lija fina con la que se procedió a pulir toda la superficie para que quede totalmente uniforme toda la superficie.
- Se limpió el interior de los cilindros para verificar si existe desgaste, una vez limpio se verifico que no existía desgaste en el interior.



Figura 7-3: Bloque de cilindros

3.7.5 *Montaje y puesta a punto de los elementos y sistemas del motor*

Una vez limpiado y verificado el estado de cada elemento, se procedió a la adquisición de los que se encontraron en mal estado y sus faltantes, a continuación, detallaremos todo el procedimiento de montaje.

- Se colocó el bloque de cilindros en una mesa donde se pudo realizar el montaje de sus elementos con mayor comodidad.
- Para colocar el cigüeñal se ubicó cada una de las chaquetas de bancada en la posición adecuada, haciendo que coincidan los conductos de lubricación, además de colocar aceite para que quede lubricado.
- Luego se procedió a colocar con cuidado el cigüeñal colocando aceite para que quede lubricado y así evitar un roce de las piezas en seco.
- Se procedió a colocar las bancadas en el orden adecuado junto con sus pernos, se empezó a apretar con ayuda de un torquímetro, primero se empezó con una presión de 20 PSI en los pernos del centro yendo así afuera en cruz para que su ajuste sea uniforme, se realizó este procedimiento hasta llegar a las 70 PSI la medida indicada para estos tipos de pernos.
- Para confirmar que el apriete de los pernos es el adecuado se procede a girar el cigüeñal, este debe girar libremente.
- Se colocó cada uno de los anillos lubricados en los pistones, primero se colocó el de aceite y luego los dos de compresión, la lumbrera de cada anillo debe quedar a 120 grados el uno del otro.

- Se colocó los pistones en cada uno de los cilindros, lubricando para que estos puedan deslizarse libremente en el interior del cilindro, con ayuda de un prensa anillos colocamos cada uno, deslizándoles con cuidado para evitar que los anillos se desplacen.



Figura 8-3: Pistones colocados

Fuente: Autores.

- Se procedió a colocar las bancadas de las bielas lubricadas, se colocó las tuercas del primero para apretar con ayuda de un torquímetro con una presión de 40 PSI, así continuamos con el cuarto, luego giramos el cigüeñal para colocar el segundo y tercero



Figura 9-3: Apriete de lo de bancada de biela y cigüeñal

Fuente: Autores.

- Ya acoplados todos los pistones se procedió a montar el carter junto con el nuevo empaque, se unto una fina lamina de silicona, se colocó cada uno de los pernos y se procedió a apretarlos, sin realizar mucha presión para evitar que el empaque se pueda romper.

- Se giró el bloque de cilindros sobre unos tacos de madera que sirven de apoyo para evitar que el carter se deforme, se colocó el empaque nuevo junto con grasa.



Figura 10-3: Colocación del empaque

Fuente: Autores.

- Se monto el cabezote sobre el bloque de cilindros colocando cada perno, se empezó a apretar uno por uno desde el centro hacia afuera en cruz para que se asiente uniforme, se apretó con un torquímetro a 30 PSI, hasta llegar a los 70 PSI en todos.



Figura 11-3: Apriete de los pernos del cabezote

Fuente: Autores.

- Se colocó la banda de la distribución, girando el cigüeñal para que el primer pistón se encuentre en compresión y coincidan la marca con la del árbol de levas, se instaló la banda con precisión, por último, se colocó el tensor.
- Se giro el cigüeñal quedando las válvulas cerradas para su calibración, la de admisión se calibró en 0.20 mm o 0.008 in y la de escape en 0.40 mm o en 0.016, esto se realizó con cada una.



Figura 12-3: Calibración de válvulas

Fuente: Autores

- Se monto el empaque en el tapa válvulas, con una fina lámina de silicona, se colocó evitando que el empaque se pueda torcer y se apretó los pernos.
- Se instaló el colector de admisión evitando que alguna impureza ingrese en su interior, se ubicó el colector de escape teniendo cuidado de dañar el empaque metálico, se apretó los pernos para que queden fijados.
- Se situó el filtro de aceite nuevo, se introdujo el nuevo aceite el cual fue el 20W40.

Al concluir el armado de todos los elementos y sistemas que constituyen al motor, este queda listo para realizar su adaptación en la estructura.

3.7.6 Desmontaje de los elementos del carburador

Se realizó la inspección del carburador se pudo evidenciar que algunos elementos de éste se encontraron en mal estado, para esto se procedió a realizar el despiece y limpieza de este, a continuación, se describe los procedimientos.

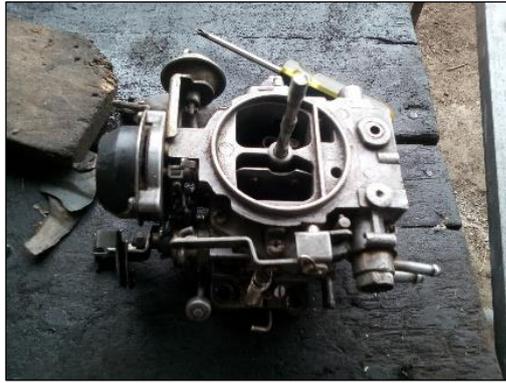


Figura 13-3: Carburador

Fuente: Autores

- Primero se identificó las tuercas que sujetan al carburador al colector de admisión, se aflojó y retiró para proceder a desacoplarlo y realizar el desarme interno para su verificación.
- Se ubicó sobre una mesa que se encuentre limpia, se aflojó y retiró los tornillos que sujetan la tapa del carburador, se realizó una inspección visual de los elementos internos.
- Se extrajo los chicleros con ayuda de un destornillador plano, se los reviso y limpio para verificar su estado y que no se encuentren obstruidos o muy desgastados por el funcionamiento.
- Luego se procedió a revisar y limpiar las agujas del carburador, tanto las de altas como de bajas para verificar su estado y que no exista obstrucción dentro de estas.
- Por último, se realizó la limpieza del cuerpo del carburador con una brocha y gasolina, también se utilizó una pistola junto con el compresor de aire para eliminar cualquier residuo de impurezas.



Figura 14-3: Desarmado del carburador

Fuente: Autores

Una vez se realizó la limpieza del carburador y de sus elementos, se pudo notar que algunos de estos se encontraban en mal estado por lo que se decidió remplazarlos por nuevos, para un óptimo desempeño del carburador.

3.7.7 Puesta a punto del carburador

El carburador es un dispositivo, que cumple una función importante de realizar la mezcla aire combustible, la cual debe ser estequiométrica, si el carburador no se encuentra en el reglaje correcto consumirá en exceso el combustible, o por otra parte hará que el motor no trabaje en condiciones óptimas. Por tal razón se realizaron las siguientes actividades.

- Una vez limpio todos los elementos que conforman al carburador se pudo evidenciar que algunos se encontraban en mal estado por lo que se optó por sustituirlos, adquiriendo el kit de reparación para este.
- Ya adquirido el kit, se instaló los nuevos elementos empezando con la ajuga que permite el paso desde el depósito hacia la cuba, se verificó que al momento de que la cuba se llene la ajuga no permita el paso de combustible.

- Luego se procedió a sustituir el pistón el cual es el encargado de inyectar el combustible en el colector de admisión al momento de acelerar, este fue sustituido junto con el guardapolvo para evitar que ingresen partículas que puedan obstruir internamente.
- Se sustituyó los chicleros que se encontraban en mal estado, los nuevos fueron de menores dimensiones para así evitar el consumo excesivo de combustible.
- Se reemplazó nuevas agujas como la de altas, bajas y la de mezcla para que al momento de la inyección del combustible sea la cantidad adecuada, con la de mezcla se pueda carburar de manera adecuada y así evitar que exista exceso al momento de encontrarse en ralentí el motor.
- Se realizó el armado del carburador con cuidado para evitar que ingresen partículas que puedan afectar su funcionamiento, se colocó el empaque de la tapa y se ajustó los pernos.

Concluido la puesta a punto del carburado se procedió a verificar que se encuentre completamente sellado y que no existan fugas de combustible, para posteriormente colocar en el colector de admisión.

3.7.8 Puesta a punto del tren de potencia

En el montaje y desmontaje del tren de potencia se requiere para cada modelo un procedimiento diferente, es necesario tener siempre el manual del fabricante, así tendremos una orientación para tener un orden determinado de mantenimiento y reparación.

3.7.8.1 Puesta a punto del embrague

El embrague es el encargado de transmitir o interrumpir la fuerza mecánica producida por motor, el caso que no se encuentre el embrague en un ajuste o mantenimiento adecuado, esto provocaría

un parró parcial o total del vehículo, por lo tanto, se realizaran las acciones pertinentes que permitan el buen funcionamiento del embrague.

- Primero se identificó los pernos que sujetan a la caja de velocidades al motor, se procedió a aflojar y retirar para poder extraer la caja de velocidades.
- Una vez desmontada la caja se procedió a desmontar el disco del embrague el cual se encuentra colocado junto al volante del motor, para esto se identificó los pernos que sujetan al plato del embrague, se los aflojo y retiro para su extracción.
- Ya extraído se pudo evidenciar en el estado en que se encontraba el disco y el plato del embrague, se realizó la limpieza con la cual se constató que se encontraban en buen estado.
- Además, se verifico el estado del cojinete y de la horquilla, los cuales se encontraron en buen estado.
- Se verificó que los forros de fricción cuenten con el espesor adecuado que le permita funcionar correctamente, además de los muelles y los dedos del diafragma no presenten desgaste.
- Se encontró en buen estado el sistema del embrague, se continuo con la colocación del plato y el disco teniendo en cuenta que quede centrado para que el eje acople perfecto y se procedió a colocar y apretar cada uno de los pernos que lo sujetan al volante del motor.

3.7.8.2 Puesta a punto de la caja de velocidades y diferencial.

La caja de velocidades en un sistema muy importante, que varía las velocidades según las necesidades del conductor, teniendo que estar está en óptimas condiciones para cumplir con los requerimientos, de esta forma se procede al desmontaje, verificación, reglaje, mantenimiento y reparación (en caso de requerirlo) de la caja de velocidades.

- Una vez desmontada la caja al realizar la verificación del estado del sistema del embrague, se realizó el drenaje del lubricante colocándolo en un recipiente para evitar contaminar, este se encontró en mal estado debido a que paso mucho tiempo sin ser reemplazado.
- Para que sea fácil el despiece de la caja de velocidades se ubicó sobre una mesa donde se realizó el despiece para verificar el estado de los elementos internos que la conforman.
- Se aflojó y retiró los tornillos de la tapa, se extrajo el seguro de la barrila selectora, álbamos para retirar las engranajes y horquilla de 5^a marcha, se retiró el seguro del eje secundario y las tuercas que sostienen la carcasa para poder acceder a los demás engranajes.
- Se retiró la carcasa que cubren los engranajes, de esta forma se pudo observar y verificar el estado de cada uno de los elementos internos, los cuales se encuentran en un estado adecuado de desgaste, estos elementos son: engranajes, barrillas de accionamiento, arandelas de seguridad, eje primario, eje secundario, eje intermediario, sincronizadores, coronas desplazables.



Figura 15-3: Despiece de la caja de velocidades

Fuente: Autores

- Se procedió a la limpieza integral de todo el conjunto, además se realizó la recolección de datos para los posteriores cálculos de relaciones de transmisión.

- Para el ensamble se utilizó herramientas adecuadas que facilitaron el montaje de cada uno de los elementos de la caja de velocidades.
- Se realizó el ajuste de las barrillas selectores, con todos los elementos fijos en su posición, se comprueba el correcto funcionamiento de 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, y marcha atrás que engranan correctamente.
- Se realizó la puesta a punto de diferencial, se retiró los pernos que sujetan la carcasa que cubre al conjunto diferencial.
- En este caso solo se realizó una limpieza ya que el diferencial muestra un adecuado estado de sus componentes.
- Para ajustar los semiejes y las juntas homocinéticas se procedió a la extracción, centrándose en la lubricación de las juntas, se pudo observar un desgaste mínimo de sus componentes.
- Se efectuó en los semiejes la limpieza de sus elementos y posterior a reemplazar el lubricante en el fuelle de goma (guardapolvo), de esta manera se asegura la lubricación y mantener sin impurezas las juntas homocinéticas.

3.7.9 Verificación del sistema de encendido

Se revisó el sistema de encendido, encontrando cables en mal estado y con algunos elementos faltantes como son; la bobina, cables de corriente de la batería tanto positivo como negativo, entre otros dispositivos, los cuales fueron sustituidos o colocados nuevos para un correcto funcionamiento, a continuación, se detalla su procedimiento.

- Se realizó una inspección visual para identificar los elementos faltantes, además se verificó el estado de los elementos existentes.

CAPITULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES Y PRUEBAS DEL MOTOR ISUZU 2000 CC Y EL TREN DE POTENCIA AL CHASIS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY 4X4.

4.1 Implementación de los componentes y del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia

4.1.1 Selección de la ubicación del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia

Par la ubicación del motor y el tren de potencia en el chasis del vehículo híbrido tipo Buggy 4x4, se tomó a consideración que debe ser de propulsión trasera, por esta razón el motor debe ir en la parte posterior del chasis, junto con una caja de velocidades transversal y con sus respectivas puntas. Por estas razones va anclado en la parte posterior del vehículo mediante una mesa diseñada, la que se describirá a continuación.

4.1.2 Diseño y construcción de la mesa y las bases para el motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia

El diseño de la mesa y la base se basa en la configuración del motor y su disposición en el chasis del vehículo híbrido tipo Buggy 4x4, se optó por este diseño de la mesa para que se ajustara adecuadamente al chasis y no afectar a su estructura. Para el diseño se tomó las medidas donde se acoplan las bases en el motor y el lugar en el que irán estas acopladas mediante unas bases de caucho a la mesa.

El material utilizado para la construcción de la masa se utilizó un perfil estructural rectangular de 2"x1"x2mm. A continuación, se describe el procedimiento que se llevó a cabo para el diseño y construcción de la mesa para el motor Isuzu 2000 CC.

- Se tomo las medidas de los anclajes del motor para realizar el diseño adecuado y que se acople tanto al motor como al chasis el cual será el encargado de soportar todo el peso.
- Se realizó el modelado de los elementos que conformará la mesa estructural, 4 brazos, 3 platinas soporte de los elementos de caucho este último será el encargado de absorber las vibraciones producidas, esto se modelo con la ayuda del software SolidWorks.

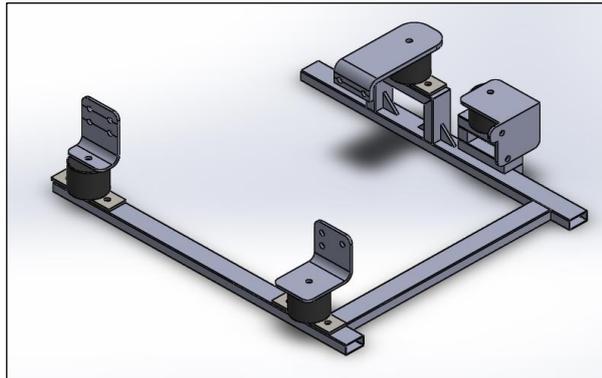


Gráfico 1-4: Ensamble total de la mesa y las bases

Fuente: Autores

- Se realizo un Análisis estático para asegurar que el diseño realizado en SolidWorks garantiza la fiabilidad de la estructura mediante software ANSYS, pudimos conocer el factor de seguridad de 10.59, deformación máxima 1.4 mm, estos valores confirman que la estructura soportara el peso del motor.

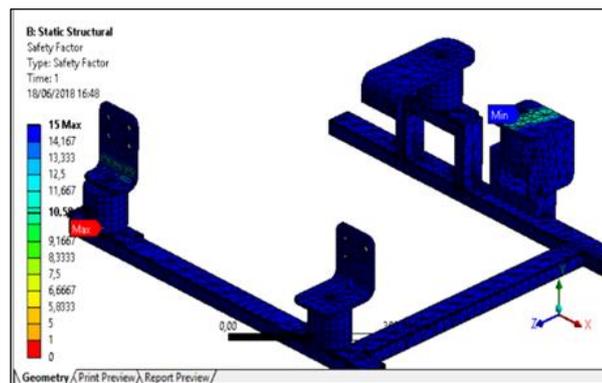


Gráfico 2-4: Factor de seguridad análisis estático

Fuente: Autores

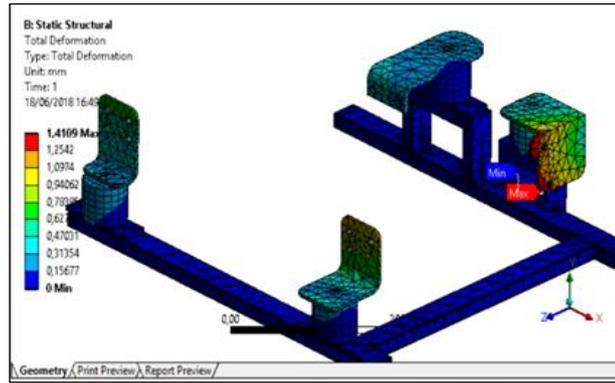


Gráfico 3-4: Deformación máxima análisis estático

Fuente: Autores

- Se realizó un Análisis a fatiga donde se pudo conocer que la estructura sobrepasa el millón de ciclos por lo que tendrá vida infinita, además del factor de seguridad de 15.

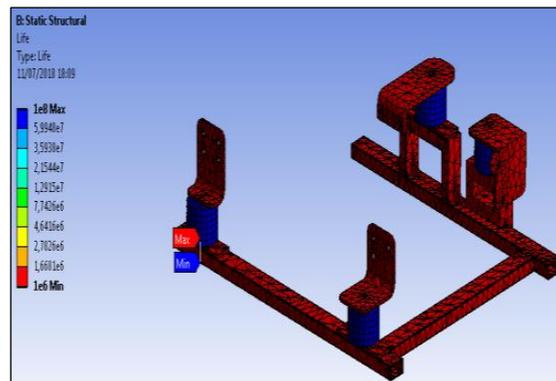


Gráfico 4-4: vida infinita análisis a fatiga

Fuente: Autores

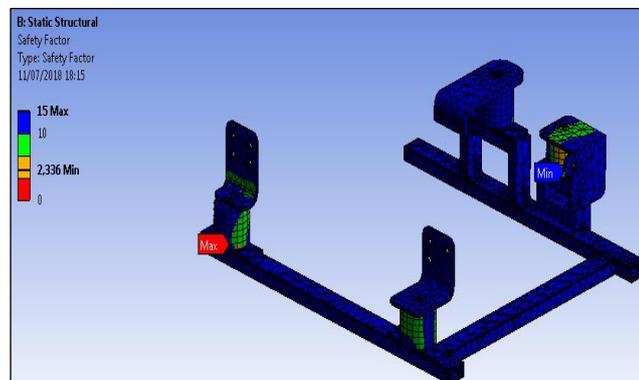


Gráfico 5-4: Coeficiente de seguridad análisis a fatiga

Fuente: Autores

- Se realizó un Análisis modal donde se pudo conocer las diferentes frecuencias en las que la estructura puede llegar a un máximo de deformación, así evitar que la estructura llegue a esta frecuencia de trabajo que es de 402.48 Hz o 24148 rpm.

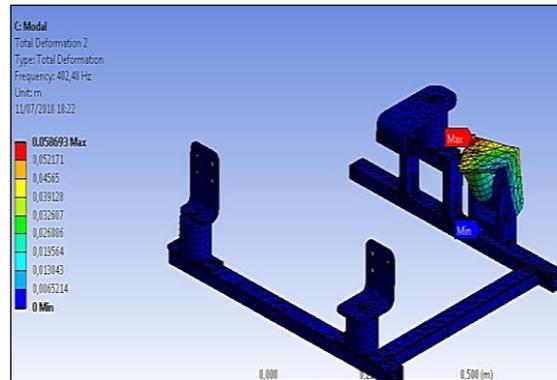


Gráfico 6-4: Frecuencia análisis modal

Fuente: Autores

- Se construyó la mesa mediante los parámetros de diseño obtenidos del software, esto se realizó con perfil estructural rectangular de 2 mm de espesor, 4 brazos de platina de 6 mm de espesor que se adaptan a las formas irregulares del motor.
- Las uniones de la mesa se realizaron mediante Soldadura con electrodo 6011, las platinas se realizó dobleces a 90°, el ensamble total de la estructura se concretó con pernos y tuercas de diferentes diámetros y longitudes que son detallados en los planos.
- Terminado el ensamble se pulió las uniones soldadas, apretamos los pernos y tuercas, y pintada total de la estructura.



Figura 1-4: Construcción de la mesa

Fuente: Autores

4.1.3 Adaptación del motor Isuzu 2000cc y el tren de potencia

Para la adaptación del motor se utilizó la mesa y las bases diseñadas, la mesa va anclada en la parte posterior del chasis por el motivo de que debe ser de propulsión trasera. A continuación, se describe el procedimiento de adaptación del motor Isuzu 2000cc.

- Antes de realizar la adaptación se tuvo que modificar la estructura para que el motor y el tren de potencia queden en el lugar adecuado y no exista ningún tipo de restricciones para el movimiento de los ejes.



Figura 2-4: Modificación de la estructura

Fuente: Autores

- Se colocó las bases del motor y del tren de potencia, una vez sujeto con la pluma para su fácil montaje.
- Se ubicó en la mesa el motor y el tren de potencia sobre las bases de goma que son las encargadas de absorber las vibraciones, estos fueron sujetos por medio de pernos.
- Se instaló sobre la estructura del buggy, el conjunto de la mesa estructural donde fue sujetado por medio de pernos para así evitar que exista desplazamiento.

- Se procedió a montar y centrar el motor y el tren de potencia para que las puntas de los ejes queden a la misma distancia a cada lado de la estructura.



Figura 3-4: Adaptación del motor y el tren de potencia

Fuente: Autores

El motor y el tren de potencia quedó adaptado para las pruebas a realizarse posteriormente, además para que los siguientes sistemas que van a conformar al vehículo puedan ser implementados.

4.1.4 Adaptación del sistema de escape

El sistema de escape es importante para la expulsión de los gases quemados dentro de la cámara, junto con el silenciador para reducir el sonido de la explosión, a continuación, se detalla el procedimiento para su adaptación.

- Se tomó las medidas para la construcción de un nuevo sistema para que sea adaptable en la estructura y múltiple de escape.
- Moldeado el tubo que conformara el sistema se procede a la unión por medio soldadura eléctrica.

- Las piezas por unir son platina moldeada de forma que encaje correctamente con el múltiple de escape, tubos moldeados según la forma que se adecue al motor y silenciador.
- Una vez obtenido el nuevo sistema se lo colocó en el múltiple junto con un empaque metálico el cual evitara que los gases fuguen en la unión de estos, se colocaron los pernos y se los apretó para que quede bien fijo.



Figura 4-4: Adaptación del sistema de escape

Fuente: Autores

4.1.5 Adaptación del radiador.

El radiador para el motor Isuzu 2000cc, va sujeto en la parte posterior del chasis, junto con un ventilador eléctrico que se acciona al momento que el sensor de temperatura del refrigerante llega a la temperatura adecuada, a continuación, se describe el proceso de adaptación:

- Se adaptó un perfil estructural en C, soldado al chasis en el cual se sujetará la parte inferior del radiador, la parte superior se sujeta a unos brazos que de igual manera están sujetos por medio de soldadura al chasis, el radiador este sujeto en 4 puntos por medio de pernos y tuercas.

- El ventilador eléctrico se sujetó en 4 puntos en el radiador, por medio de tuercas que fueron soldadas y pernos.
- Se tomo las longitudes necesarias de las cañerías y posterior su colocación a la entradas y salidas del refrigerante del motor.



Figura 5-4: Adaptación del radiador

Fuente: Autores

4.1.6 Adaptación de los elementos del sistema de encendido

Una vez ya adaptado el motor se procedió a la instalación del sistema de encendido para el funcionamiento del motor, colocando los elementos en el lugar correcto para su fácil accesibilidad, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Se instalo los elementos faltantes como son: la bobina, los cables de batería positivo y negativo, el switch de encendido, cables de altas de bugías y bobina, válvula de avance del distribuidor y cable faltante en el sistema.
- Se realizo las conexiones del módulo de encendido tanto asía el distribuidor como la bobina y el switch de encendido.



Figura 6-4: Conexión del módulo de encendido

Fuente: Autores

- Se realizó la conexión del motor de arranque con el positivo de la batería y en el borne de arranque del switch.
- Se colocó el cable de alta de la bobina así el distribuidor y del distribuidor a cada una de las bujías verificando que se encuentren en el orden de encendido.



Figura 7-4: Conexión de la bobina

Fuente: Autores

- Se realizó la conexión de alimentación de batería al switch y de este tanto a la bobina como al módulo de encendido.



Figura 8-4: Conexión del switch

Fuente: Autores

- Por último, se realizó la conexión del alternado para la carga de la batería.

El sistema de encendido quedó listo para su funcionamiento y posteriormente quede listo el motor para las distintas pruebas que se realizó a este.

4.1.7 Adaptación del sistema de mando de la caja de velocidades.

Para la adaptación se realizó una estructura donde va anclado el sistema de mando de la palanca, se procedió a realizar la medida para los cables, los cuales realizan la función de cajar la caja de velocidad, para la adaptación del sistema de mando de la palanca de cambios se coloca realizando una aproximación del lugar en que serán dispuestos los asientos.

- Se verificó el lugar donde iría anclada la palanca de cambios en el habitáculo, por lo tanto, se procedió a colocar el sistema de mando soldando unas platinas donde fue sujetado.
- Se instaló los cables y se vio en la necesidad de acoplar dos barrillas a la medida y forma adecuada para compensar la longitud y que el sistema de mando pueda ser conectado con la caja de cambios y puedan ser engranados cada unas de las marchas.

- La unión de los cables y las barrillas es mediante pernos y tuercas, teniendo como función seleccionar las 5 velocidades y marcha atrás.
- Una vez montado el dispositivo por completo se pudo verificar que su funcionamiento es el adecuado y las marchas engranan con facilidad.

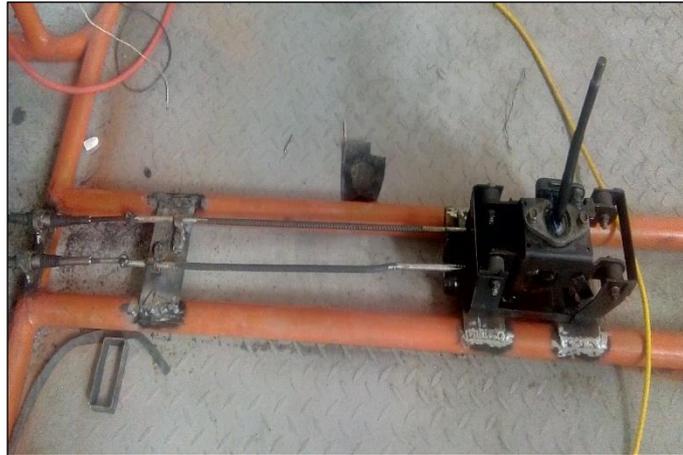


Figura 9-4: Adaptación del sistema de mando

Fuente: Autores

CAPITULO V

5 PRUEBAS TEORICAS, FISICAS Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL MOTOR ISUZU 2000 CC

5.1 Pruebas teóricas del motor y tren de potencia

Una vez terminado el proceso de la puesta a punto del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia, se realizó los cálculos teóricos utilizando las fórmulas obtenidas en los libros, además de los datos técnicos dado por el fabricante.

5.1.1 Cálculo de la cilindrada unitaria

Para el cálculo de la cilindrada unitaria se lo realizó utilizando las fórmulas obtenidas en los libros, con los datos recolectados al momento del despiece del motor entre estos está el diámetro del cilindro el cual es de 84 mm y la carrera que es de 82 mm.

$$Cu = \left(\frac{\pi \times D^2 \times L}{4} \right)$$
$$Cu = \left(\frac{\pi \times (84,00mm)^2 \times 82,00mm}{4} \right)$$
$$Cu = \frac{454,425.0942mm^3 \times 1cm^3}{1000mm^3}$$
$$Cu = 454.425cm^3$$

Los datos obtenidos dan como resultado que la cilindrada de cada uno es de 454.425 cm³.

5.1.2 Cálculo de la cilindrada total

El cálculo de la cilindrada total se lo realizo obteniendo las fórmulas de libros, junto con la cilindrada unitaria la cual es introducida en la formula.

$$Ct = Cu * n$$

$$Ct = 454.425cm^3 x 4$$

$$Ct = 1817.7cm^3$$

Como resultado se obtuvo la cilindrada total es de 1817.7 cm³, esto es solo de los cilindros junto con el volumen de la cámara llega a una cilindrada total de 2044.9 cm³.

5.1.3 Cálculo de la relación de compresión

Se realizo el cálculo de la relación de compresión obteniendo las fórmulas de libros.

$$Rv = \frac{Cu + Vc}{Vc}$$

$$Rv = \frac{454.425cm^3 + 56.8cm^3}{56.8cm^3}$$

$$Rv = 9.00$$

Como resultado se obtuvo que la relación de compresión del motor es de 9.00:1.

5.1.4 Cálculo del torque

$$T_e = \frac{N_e}{2\pi n}$$

En la Tabla 1-5, se presentan todos los datos obtenidos al momento que se realizó los cálculos pertinentes en distintos regímenes del motor.

Tabla 1-5: Calculo del torque

REGIMEN [rpm]	PAR [Nm]
800	25
1500	45
2000	60
3000	80
4000	100
4500	125
5400	152

Fuente: Autores

En el Gráfico 1-5, se muestran los valores del torque obtenidos en la Tabla 1-5.

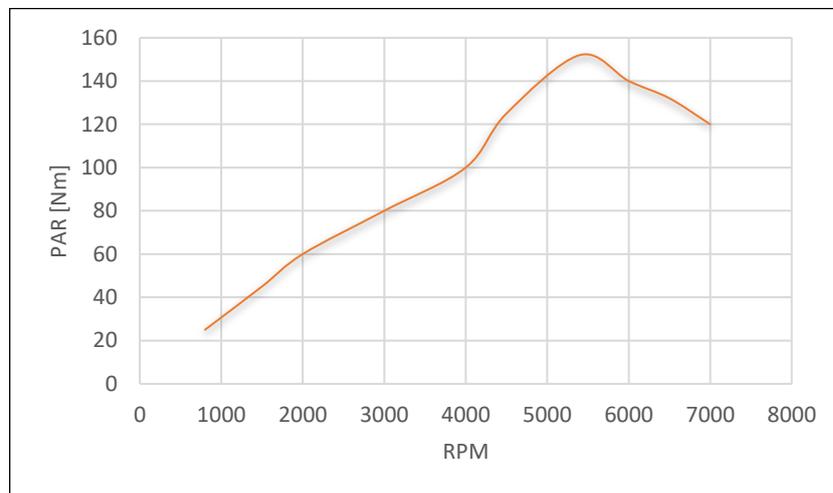


Gráfico 1-5: Gráfica del torque

Fuente: Autores

Como resultado se obtuvo que el torque teórico máximo que alcanza es de 152 Nm a unos 5400 rpm, estos datos están cercanos a los datos dados en la ficha técnica por el fabricante.

5.1.5 Cálculo de la Potencia (N_e)

$$N_e = T_e w$$

$$w = 2\pi n$$

En la Tabla 2-5, se presentan todos los datos obtenidos al momento que se realizó los cálculos pertinentes en distintos regímenes del motor.

Tabla 2-5: Calculo de la potencia

REGIMEN [rpm]	POTENCIA [Hp]
800	2.8
1500	9,47
2000	16,85
3000	33.7
4000	56.17
4500	78.99
5400	115.26

Fuente: Autores

En el Gráfico 2-5, se muestran los valores de potencia obtenidos en la Tabla 2-5.

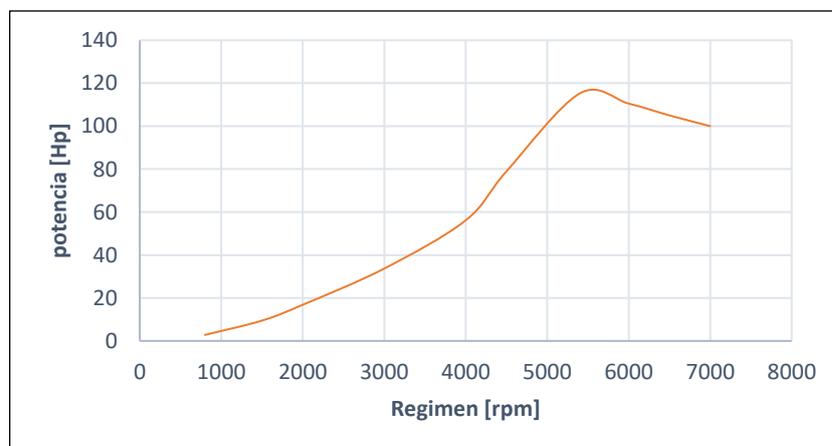


Gráfico 2-5: Grafica de la potencia

Fuente: Autores

Como resultado se obtuvo que la potencia teórica máxima que alcanza el motor es de 115.26 HP a unos 5400 rpm, estos datos están cercanos a los datos dados en la ficha técnica por el fabricante.

5.1.6 Cálculo del trabajo

$$W_e = \frac{N_e}{in}$$

En la Tabla 3-5, se detalla el trabajo que es producido por el motor en distintos regímenes del motor.

Tabla 3-5: Cálculo del trabajo

Régimen [rpm]	Ciclos por revolución [1/2]	Potencia [N m/s]	Trabajo [J]
800	½	2094.39	50
1500	½	7068.58	90
2000	½	12566.37	120
3000	½	25132.74	160
4000	½	41887.9	200
4500	½	58904.86	250
5400	½	85952.96	304

Fuente: Autores

Como resultado se observó que el trabajo máximo que produce el motor a 5400 rpm es de 304 J.

5.1.7 Cálculo del rendimiento

$$\eta_e = \frac{N_e}{\dot{m}_f PCI}$$

En la Tabla 4-5, se muestra los valores obtenidos del rendimiento del motor mediante el cálculo en distintos regímenes.

Tabla 4-5: Cálculo del rendimiento

rpm	Potencia [HP]	Tiempo [min]	Gasto másico [$\frac{gr}{s}$]	PCI [MJ/kg]	Eficiencia [%]
850	2.98	8	1.04	43.1	4.95
1500	9.47	4	2.08	43.1	7.85
2000	16.85	3.5	2.38	43.1	12.24
2500	24.57	3	2.77	43.1	15.34
3000	33.7	2.5	3.3	43.1	17.66

Fuente: Autores

5.1.8 Cálculo de la presión media

$$pme = \frac{W_e}{V_T} = \frac{N_e}{inV_t}$$

En la Tabla 5-5, se muestra los valores obtenidos mediante el cálculo de la presión media del motor en distintos regímenes.

Tabla 5-5: Cálculo de la presión media

REGIMEN [rpm]	Ciclos por revolución [1/2]	Potencia [N m/s]	Volumen Total [cm^3]	Presión media efectiva [psi]
800	½	2094.39	2044.9	1.78
1500	½	7068.58	2044.9	3.20
2000	½	12566.37	2044.9	4.17
3000	½	25132.74	2044.9	5.70
4000	½	41887.9	2044.9	7.13
4500	½	58904.86	2044.9	8.91
5400	½	85952.96	2044.9	10.48

Fuente: Autores

5.1.9 Consumo específico

$$g_{ef} = \frac{\dot{m}_f}{N_e}$$

En la Tabla 6-5, se muestra los valores obtenidos del consumo específico del motor por medio de los cálculos en distintos regímenes.

Tabla 6-5: Calculo del consumo específico

rpm	Volumen de combustible [ml]	Tiempo [min]	Gasto másico [$\frac{gr}{s}$]	Potencia [HP]	Consumo específico [$\frac{gr}{kWh}$]
850	500	8	1.04	2.98	1231.22
1500	500	4	2.08	9.47	1060.35
2000	500	3.5	2.38	16.85	681.89
2500	500	3	2.77	24.57	544.26
3000	500	2.5	3.3	33.7	472.74

Fuente: Autores

En el Gráfico 3-5, se muestra los valores dados en la Tabla 6-5.

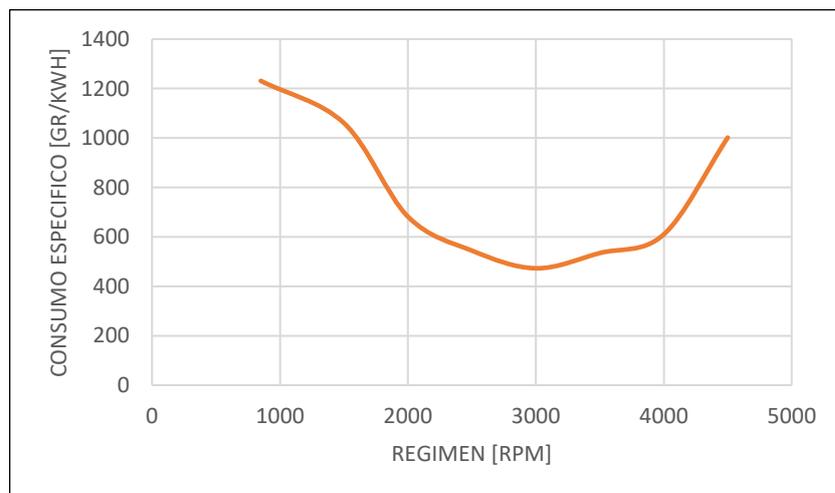


Gráfico 3-5: Consumo de combustible

Fuente: Autores

5.1.10 Cálculos del tren de potencia

Se realizó los cálculos referentes al tren de potencia obteniendo los valores correspondientes de la caja de velocidades seleccionada en la cual se encontró la relación de transmisión de cada marcha, se detalla en la Tabla 7-5.

Tabla 7-5: Relaciones de transmisión

Caja de cambios manual de 5 velocidades	Dientes del engranaje secundario [Z_s]	Dientes del engranaje primario [Z_p]	Relación de transmisión [rt]
1 ^{ra} velocidad	38	11	3.45:1
2 ^{da} velocidad	44	21	2.09:1
3 ^{ra} velocidad	43	31	1.38:1
4 ^{ta} velocidad	40	39	1.02:1
5 ^{ta} velocidad	49	48	0.81:1
Velocidad atrás	35	24	3.18:1
	24	11	
Diferencial	66	17	3.88:1

Fuente: Autores.

Con estos valores se obtuvo la velocidad, la potencia y el toque en las ruedas en su respectiva marcha, se utilizó los valores de 3500 rpm donde el motor alcanza su potencia máxima, además el radio de las ruedas del vehículo que se utilizaran es de 372 mm, también se tomó como referencia el torque obtenido para realizar la propulsión del vehículo de 54.73 Nm, se utilizó las siguientes expresiones.

$$V_v = \frac{2 \times R \times \pi \times n_M \times 3.6}{i_t \times 60 \times 1000} \text{ km/h}$$

$$M_M = \frac{M_P}{i_t}$$

En la Tabla 8-5, se muestran los valores de la velocidad y el torque obtenidos mediante los cálculos.

Tabla 8-5: Valores de la velocidad y el torque

Marchas	Relación de transmisión total [1]	Velocidad en las Ruedas km/h	Torque Nm
Primera	13.38:1	36.68	4.09
Segunda	8.11:1	60.52	6.74
Tercera	5.35:1	91.74	10.23
Cuarta	3.96:1	123.95	13.82
Quinta	3.14:1	156.32	17.43

Fuente: Autores

Los valores obtenidos mediante los cálculos son de la velocidad y el torque en las ruedas que alcanza el vehículo a su máximo régimen en cada marcha.

5.2 Pruebas físicas del motor Isuzu 2000 cc

Las pruebas físicas se realizaron una vez terminada la implementación del motor Isuzu 2000 cc y el tren de potencia, fueron para verificar su estado óptimo de funcionamiento, estas serán descritas a continuación:

5.2.1 Prueba de fiabilidad.

Aquí se verifico que el motor Isuzu y sus sistemas, junto con el tren de potencia funcionen adecuadamente, a continuación, se detalla el procedimiento a seguir para examinar cada uno de los sistemas:

- Primero se verifico la correcta conexión de todos los elementos que conforman el sistema de encendido, luego se conectó los bornes de positivo y masa para dar arranque al motor

para que al momento en el que girar, la bobina emita el pulso así el distribuidor, así a su vez este distribuya el pulso a cada una de las bujías en el tiempo adecuado, una vez comprobado que todo el circuito funciona adecuadamente se procedió a verificar el siguiente sistema.

- Se comprobó que el sistema de alimentación proporcione la mezcla aire-combustible adecuado para el funcionamiento óptimo del motor, primero se verifico que la cañería de combustible esté libre de obstrucciones, se colocó un filtro de combustible para evitar que pasen impurezas hacia el carburador, se comprobó que al momento de accionar la mariposa de aceleración se produzca la inyección del combustible en el colector de admisión, se midió la velocidad de aire que ingresa por el carburado con una Anemómetro, una vez comprobado el correcto funcionamiento del sistema se procedió a verificar el siguiente sistema.
- Se observo el correcto acoplamiento de las cañerías del sistema de refrigeración, tanto la de entrada al motor como la de salida, que las abrazaderas están bien ajustadas para evitar posibles fugas al momento que circula el refrigerante, se colocó el refrigerante en el radiador para que ingrese al motor, así poder verificar que no existan fugas en el sistema, además de verificar la correcta conexión y funcionamiento del ventilador.
- Antes de encender el motor nuevamente se realizó una inspección visual de todos los sistemas que se encuentren bien acoplados y que no existan fugas, accionamos la mariposa de aceleración para que se inyecte combustible y pueda encender el motor con facilidad, al dar arranque el motor encendió y se reguló el ingreso de combustible mediante la aguja de mezcla que se encuentra en el carburador.
- Con el motor encendido se procedió a verificar el funcionamiento del Embrague, se accionó para verificar que se desacople y acople correctamente el disco al volante del motor, a continuación, se comprobó el funcionamiento del mando de la caja de velocidades que cada una de las marchas engranan con facilidad.

- Se verificó la temperatura tanto de la cañería de salida y entrada del refrigerante con ayuda de un pirómetro el cual nos da la temperatura en la que se encuentran, además de realizar la captura con la Cámara Termográfica donde se observó la temperatura del bloque de cilindros.

Los equipos utilizados fueron el Anemómetro, la Cámara Termográfica y el Pirómetro, estos fueron de vital importancia para observar el comportamiento del motor después de permanecer encendido.

- Las características del Anemómetro son: Velocidad del Aire 1.4 a 108 km/h, Nivel de luz 0 a 20000 Lux, Humedad relativa 10.0 a 95.0 % NR, Temperatura (aire) 0 a 50 °C, Temperatura (Tipo K) -100 a 1300 °C.



Figura 1-5: Anemómetro

Fuente: Autores

- Las características de la Cámara Termográfica son: Modelo Flir E5, Resolución Ir 120 x 90, Resolución MSX 320 x 240, Sensibilidad térmica < 0.10 °C, Campo de visión 45° x 34°, Enfoque Automático, Detector Microbolómetro no refrigerado, Pantalla 3,0 in. LCD en color de 320 x 240, Frecuencia de imágenes 9 Hz.



Figura 2-5: Cámara Termográfica

Fuente: Autores

- Las características del Pirómetro son: descripción InfraPro 5, Rango -32 a 760 °C, Resolución 0.1 °C, Exactitud $\pm 1\%$ de la medición o $\pm 1^\circ\text{C}$, cual sea mayor, Tiempo de respuesta 500 msec, Emisividad 0.10 a 1.00, Puntería de láser clase II, Radio de distancia a objeto 50:01.



Figura 3-5: Pirómetro

Fuente: Autores

Al finalizar la prueba el motor se mantuvo estable durante todo el tiempo, se midió la velocidad del aire al ingresar por carburado que fue de 4.5 km/h, la temperatura del bloque de cilindros específicamente en las cámaras se mantuvo estable en ralentí en un promedio de 71.15 °C, además de la temperatura de entrada que es de 54.9 °C y salida que es de 70.2 °C en las cañerías del refrigerante, también se midió la velocidad del aire que emite el ventilador siendo de 11.9 km/h,

así podemos decir que todo el conjunto es fiable, ya que en el transcurso de una hora que se encontró en funcionamiento no presento fallas ni cambios en su temperatura.



Figura 4-5: Velocidad de ingreso del aire

Fuente: Autores



Gráfico 4-5: Termograma del bloque de cilindros en ralentí

Fuente: Autores



Figura 5-5: Temperatura de entrada y salida del refrigerante

Fuente: Autores

5.2.2 *Prueba de Compresión de los cilindros*

Se procedió a verificar la compresión de cada uno de los cilindros, así se podrá constatar que no exista fugas que puedan afectar en el funcionamiento del motor, a continuación, se detalla el procedimiento a seguir.

- Primero se procedió a retirar el cable de alta tensión que va desde el distribuidor hacia la bujía del primer cilindro, luego se extrajo la bujía con ayuda de un dado.
- Con la ayuda del Medidor de Compresión, se colocó el adaptador en lugar de la bujía, desconectando la corriente de la bobina para evitar que se genere el pulso.
- Realizando la apertura completa de la mariposa para tener una presión más exacta y procedemos a dar arranque al motor hasta que la aguja en el manómetro llegue a la presión máxima.
- Una vez medido la compresión del primer cilindro, procedimos a realizar el mismo procedimiento con el resto para obtener los datos de cada uno y así poder determinar si existen fugas, a continuación, se presentan los datos de cada uno con su respectiva medida.

El equipo utilizado es un Medidor de Compresión, el cual nos brindó las mediciones exactas de cada uno de los cilindros.



Figura 6-5: Medidor de Compresión

Fuente: Autores

Al terminar de realizar la prueba se observó como resultados que todos los cilindros se encontraban en un rango de compresión adecuado que es de 130 PSI, por lo tanto, se llegó a la conclusión de que no existía fuga en ninguno de los cilindros, a continuación, se presenta la Tabla 9-5 con cada una de las mediciones de los cilindros y sus imágenes.

Tabla 9-5: Mediciones de Compresión

Cilindro	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Compresión	130 PSI	130 PSI	130 PSI	130 PSI

Fuente: Autores



Figura 7-5: Compresión en los cilindros

Fuente: Autores

5.2.3 Prueba de consumo

Se realizó la prueba de consumo utilizando una probeta en la que se midió 500 ml para realizar en los distintos rangos de rpm como fueron de 850, 1500, 2000, 2500, y 3000, estos fueron medidos con ayuda de una Tacómetro Digital, a continuación, se detalla el procedimiento para la toma de datos.

- Se realizó la prueba de consumo con una probeta con la cual se pudo medir la cantidad exacta que fueron 500 ml, los cuales colocamos en un recipiente el cual está conectado para que se consumieran con el motor ya caliente.
- Se realizó la prueba a 850 rpm con 500 ml, se realizó cinco tomas de datos para poder obtener un promedio el cual será el tomado para los cálculos, obteniendo un promedio de 8.23 minutos.

- Así procedimos realizando la prueba en los distintos rangos de rpm faltantes como son de 1500, 2000, 2500 y 3000, para poder obtener el tiempo en que se consumen los 500 ml de combustible.

Los equipos utilizados para realizar la medición en la prueba fueron un Tacómetro Digital y una probeta de 500 ml.



Figura 8-5: Probeta

Fuente: Autores

- Características del Tacómetro Digital: Pantalla LCD de 5 dígitos, 10mm (0.4"), Rango del tacómetro: de 0.5 a 19,999 RPM, Velocidad de medición 0.05 a 1,999.9 m/min, RPM 0.1 RPM (< 1,000 RPM) o 1 RPM (\geq 1,000 RPM), M/MIN, Exactitud \pm 0.5% + 1 dígito, Temperatura de Operación de 0 a 50°C (32 a 122 °F), Humedad de Operación menos de 80% RH, Tamaño 208 x 72 x 37 mm (8.2 x 2.8 x 1.5 ins), Peso 280 gms incluyendo baterías.



Figura 9-5: Tacómetro Digital

Fuente: Autores

Los resultados recolectados en la prueba nos indicaron la cantidad de combustible que se consumirá en cierto tiempo determinado, para esto se realizó 5 tomas de muestras donde se obtuvo un promedio en cada rango de rpm, a continuación, en la Tabla 10-5 se detalla los valores obtenidos.

Tabla 10-5: Valores de consumo de combustible

N°	Cantidad	850 rpm	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm	3000 rpm
1	500 ml	8.20	4.44	3.35	3.28	2.49
2	500 ml	8.25	4.43	3.37	3.33	2.53
3	500 ml	8.18	4.47	3.39	3.31	2.50
4	500 ml	8.26	4.46	3.33	3.30	2.55
5	500 ml	8.28	4.42	3.40	3.27	2.51
Promedio	500 ml	8.23	4.44	3.37	3.30	2.51

Fuente: Autores

5.2.4 Prueba Térmica

La prueba térmica nos ayudó a verificar la temperatura en que se encuentra a distintos rangos de rpm, así pudimos observar que la temperatura interna del motor se mantenía estable, además de la temperatura que se encuentra el refrigerante tanto a la salida del motor al ingreso, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Se mantuvo el motor encendido para que llegue a su temperatura óptima de funcionamiento, para que la lectura de la temperatura sea la adecuada al momento de tomar con la cámara.
- Con la cámara se tomó una captura del bloque de cilindros para analizar a que temperatura se encuentra a 850 rpm, ahí pudimos observar que la temperatura que más resaltaba es la

da la cámara de combustión que se encontraba a 72.2 °C, además de la cañería de salida del refrigerante la cual se encontraba a 69.7 °C.

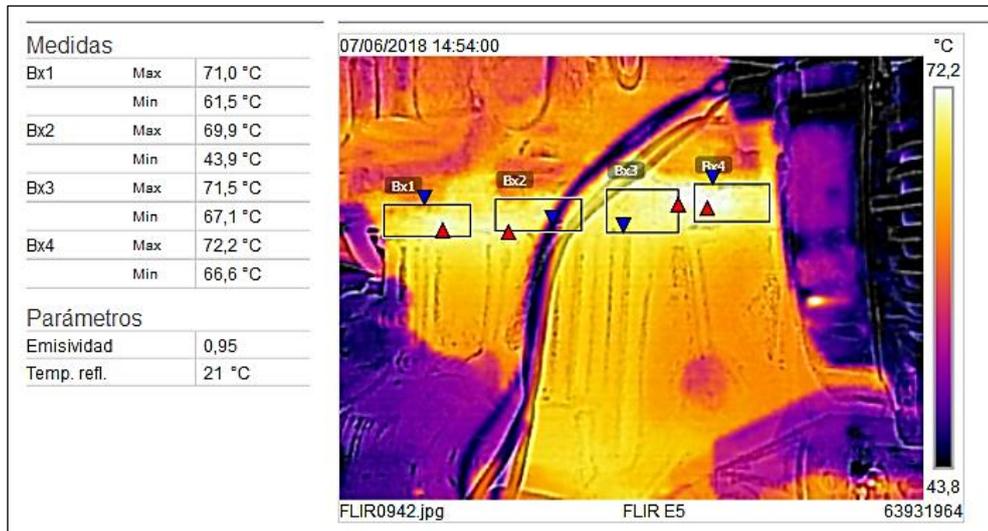


Gráfico 5-5: Termograma del bloque de cilindros a 850 rpm

Fuente: Autores

- Luego se procedió a tomar una captura a 1500 rpm, con esto observamos que la temperatura en la cámara de combustión aumento a 78.6 °C, también se notó un aumento de temperatura en la cañería de salida del refrigerante la que es de 70.2 °C.

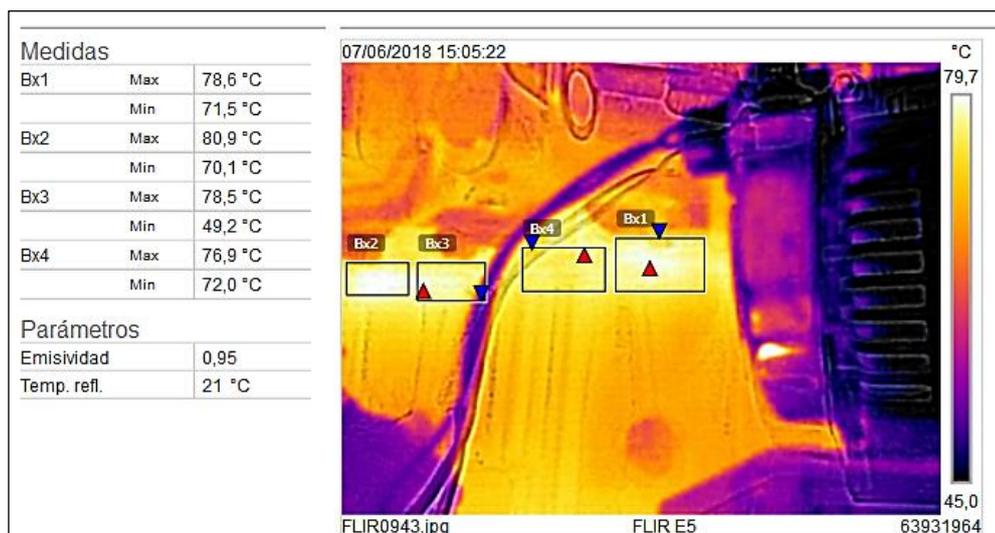


Gráfico 6-5: Termograma del bloque de cilindros a 1500 rpm

Fuente: Autores

- Siguiendo con la prueba se realizó una captura a 2000 rpm, se observó que la temperatura en la cámara de combustión aumento a 78.8 °C, también se notó que en este punto la temperatura de la cañería de salida del refrigerante se mantuvo a 70.2 °C.

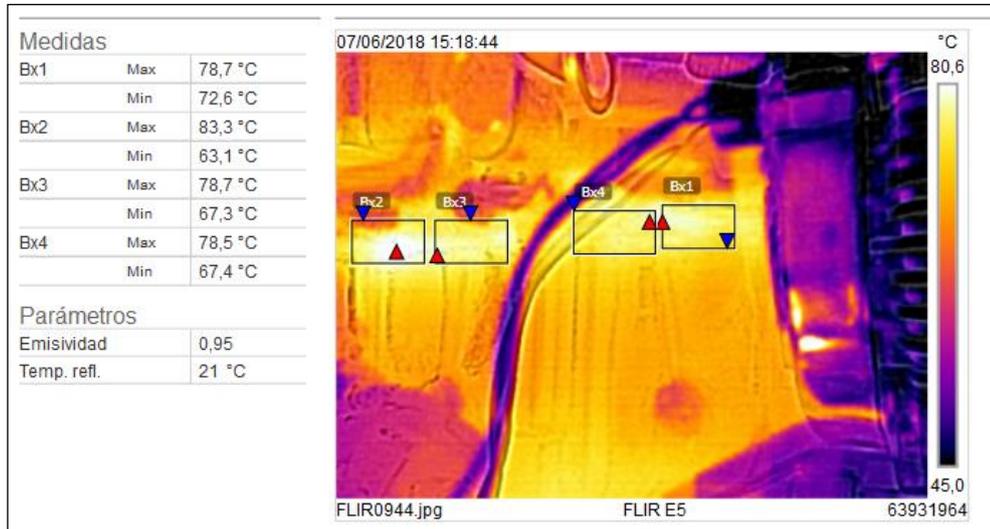


Gráfico 7-5: Termograma del bloque de cilindros a 2000 rpm

Fuente: Autores

- Se tomo una captura a 2500 rpm, donde observamos un aumento en la temperatura de la cámara de combustión a 82.8 °C, la temperatura en la cañería de salida del refrigerante se mantuvo a 70.2 °C.

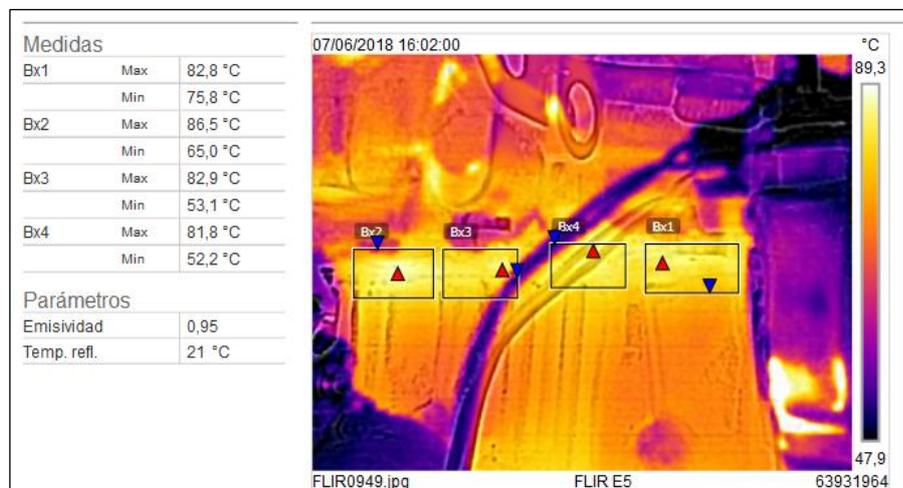


Gráfico 8-5: Termograma del bloque de cilindros a 2500 rpm

Fuente: Autores

- Por último, se realizó una captura a 3000 rpm, donde observamos un aumento en la temperatura de la cámara de combustión a 89.5 °C, la temperatura en la cañería del refrigerante se mantuvo a 70.2 °C.



Gráfico 9-5: Termograma del bloque de cilindros a 3000 rpm

Fuente: Autores

Los elementos que se utilizaron para realizar la prueba son un Tacómetro Digital, Cámara Termográfica y el Pirómetro, con estos se pueden obtener los datos exactos al momento de realizar la prueba.

- Características del Tacómetro Digital: Pantalla LCD de 5 dígitos, 10mm (0.4"), Rango del tacómetro: de 0.5 a 19,999 RPM, Velocidad de medición 0.05 a 1,999.9 m/min, RPM 0.1 RPM (< 1,000 RPM) o 1 RPM (≥ 1,000 RPM), M/MIN, Exactitud ± 0.5% + 1 dígito, Temperatura de Operación de 0 a 50°C (32 a 122 °F), Humedad de Operación menos de 80% RH, Tamaño 208 x 72 x 37 mm (8.2 x 2.8 x 1.5 inadas), Peso 280 gms incluyendo baterías.



Figura 10-5: Tacómetro Digital

Fuente: Autores

- Las características de la Cámara Termográfica son: Modelo Flir E5, Resolución Ir 120 x 90, Resolución MSX 320 x 240, Sensibilidad térmica $< 0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$, Campo de visión $45^{\circ} \times 34^{\circ}$, Enfoque Automático, Detector Microbolómetro no refrigerado, Pantalla 3,0 in. LCD en color de 320 x 240, Frecuencia de imágenes 9 Hz.



Figura 11-5: Cámara Termográfica

Fuente: Autores

- Las características del Pirómetro son: descripción InfraPro 5, Rango -32 a $760\text{ }^{\circ}\text{C}$, Resolución $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, Exactitud $\pm 1\%$ de la medición o $\pm 1^{\circ}\text{C}$, cual sea mayor, Tiempo de respuesta 500 msec, Emisividad 0.10 a 1.00, Puntería de láser clase II, Radio de distancia a objeto 50:01.



Figura 12-5: Pirómetro

Fuente: Autores

Los resultados recolectados durante la prueba representan las temperaturas en cada uno de los cilindros debido a la combustión producida por la mezcla del aire-combustible, estos se detallan en la Tabla 11-5 a continuación.

Tabla 11-5: Valores de la temperatura

N° cilindro	850 rpm	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm	3000 rpm
Primero	71.0 °C	78.6 °C	78.7 °C	82.8 °C	89.8 °C
Segundo	69.9 °C	80.9 °C	83.3 °C	86.5 °C	88.2 °C
Tercero	71.5 °C	78.5 °C	78.7 °C	82.9 °C	89.0 °C
Cuarto	72.2 °C	76.9 °C	78.5 °C	81.8 °C	90.3 °C
Promedio	71.15 °C	78.72 °C	79.8 °C	83.5 °C	89.32 °C

Fuente: Autores

5.2.5 Prueba de carga del alternador

Se realizó la prueba del amperaje que envía el alternador así la batería para cargarla, así definir si el alternador se encuentra en óptimas condiciones, a continuación, se detalla el procedimiento.

- Primero se identificó el borne el cual es el encargado de la carga de la batería, y realizamos la conexión del cable hacia la batería.
- Con la ayuda de la Pinza amperimétrica se midió los amperios que este envía así la batería, esta medida que nos dio es de 2.54 A.



Figura 13-5: Medición del amperaje de carga

Fuente: Autores

Para la realización de esta prueba se utilizó una Pinza Amperimétrica, la que tiene las siguientes características: Voltaje DC Rango 200mV/2V/20V/200V/600V Precisión (0.8%+1), Voltaje AC Rango 2V/20V/200V/600V Precisión (1.2%+5), Corriente Alterna Rango 2A/20A/200A/400^a Precisión (1.5%+5), Resistencia Rango 200W/2kW/20kW/200kW/2MW/20MW Precisión (1%+2), Alimentación Batería 3V (2xAAA), Tamaño Pantalla 35.6x18mm, Peso 220 Grs, Tamaño 210x75.6x30mm.



Figura 14-5: Pinza Amperimétrica

Fuente: Autores

5.2.6 *Análisis de los gases de escape*

Se realizó el análisis de gases en el motor para determinar la cantidad que este emite al momento de realizarse la combustión, para el cual detallamos a continuación el procedimiento.

- Se mantuvo encendido el motor durante un tiempo determinado para que llegue a su temperatura óptima de funcionamiento.
- Luego se encendió el equipo para que se calibre el software para obtener los datos exactos, ya calibrado se procedió a realizar la prueba de análisis de gases.
- Se verificó que la cañería no se encuentre obstruida y que se encuentre limpia la sonda que ingresa en el tubo de escape.
- Una vez ya el motor se encuentra en la temperatura óptima de funcionamiento, procedimos a colocar la sonda para poder analizar los gases que emite el motor, así observar si la combustión en la cámara se da de forma adecuada.

El equipo utilizado es el Analizador de Gases perteneciente a la Escuela de Ingeniería Automotriz, el cual cuenta con el analizador de gases, cañería, sonda, monitor y CPU, para observar los datos que entrega el analizador.



Figura 15-5: Analizador de Gases

Fuente: Autores

Una vez concluida la prueba se obtuvo los datos emitidos por el software con la cantidad tanto de CO, CO₂, O₂, HC, NO_x, los cuales son los principales contaminantes, a continuación, presentamos los datos obtenidos en la Tabla 12-5.

Tabla 12-5: Resultado análisis de Gases

Gas	Valor	Nomenclatura
CO	3.29	% Vol.
CO ₂	10.24	% Vol.
HC	350	ppm
O ₂	2.30	% Vol.
NO _x	-----	ppm

Fuente: Autores

En la Tabla 13-5, se muestra los valores estándar de emisiones de gases de un motor a carburador y sin catalizador.

Tabla 13-5: Análisis de gases valores estándar

	Carburador	Sin catalizador
CO	0.5%-2%	0.5% -1.5%
HC	<300ppm	<150 ppm.
CO ₂	>13%	13% - 14.5%
O ₂	0.8%-1.4%	0.4% - 0.8%

Fuente: (Miac, 2013)

Los resultados del análisis de gases muestran un rango de valores que no exceden en mayor cantidad en comparación a los valores estándar, esto se debe a que las agujas del carburador se exceden un mínimo en el ingreso de combustible, estos valores se pueden reducir al momento de realizar la conversión a inyección electrónica.

5.3 Plan de mantenimiento preventivo para motor Isuzu 2000 cc y tren de potencia

Para mantener la fiabilidad y eficiencia del motor y tren de potencia, se realizó un plan de mantenimiento preventivo teniendo como referencia que se presenta en la Tabla 15-5, las

actividades recomendadas por los fabricantes, en la tabla que se muestra a continuación contamos con los datos técnicos y las actividades a realizar como Ajustar, Inspeccionar, Cambiar, Apretar al torque específico, Lubricar, Limpiar por kilómetros recorridos.

Tabla 14-5: Ficha técnica motor y tren de potencia

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			
FICHA TÉCNICA DEL MOTOR			
DATOS DEL MOTOR			CÓDIGO
			001
INFORMACION ELEMENTAL			
Marca	IZUSU	Modelo	4ZB1
Clase	Carburador	Año de fabricación	1987
Color	Negro	Cilindrada	2000 cc
Peso/ Tonelaje	150 kg	Sistema/ Combustible	Gasolina
Torque	152 Nm a 5400 rpm	Potencia	105 hp a 5400 rpm
TREN DE POTENCIA			
Tipo de transmisión	TM/5 velocidades/2WD		Estado general Funcional
OBSERVACIONES:			

Fuente: Autores

Tabla 15-5: Plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MOTOR ISUZU 2000 Y TREN DE POTENCIA																			
A= Ajustar, I= Inspeccionar, C= Cambiar, F= Apretar al torque especifico, L= Lubricar, J=Limpiar																			
Componentes del motor y tren de potencia	Intervalo de mantenimiento en km X 5000																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
MOTOR																			
1	Lubricante																		
2	Bugías de encendido																		
3	Filtro del lubricante																		
4	Filtro de aire																		
5	Filtro de combustible																		
6	Banda de distribución																		
7	Holgura de válvulas																		
8	Bandas de transmisión																		
9	Mangueras del sistema de refrigeración																		
10	Fluido refrigerante																		
11	Colector de gases de escape																		
12	Contactos del distribuidor																		

13	Cables de bujía				I				I					I				C
14	Regulador de encendido													I				I
15	Batería	I	I		I				I					I				I
16	Bomba de combustible								C					C				
17	Carburador								A					A				A
18	Mangueras de combustible		I		I				I					I				I
19	Ventilar del radiador								I					I				
20	Termostato													C				
21	Alternador								J					J				
22	Pernos y tuercas				F				F					F				F
23	Radiador								J					J				
TREN DE POTENCIA																		
24	Lubricante de la caja de velocidades				C				C					C				C
25	Lubricante del diferencial				C				C					C				C
26	Simi ejes y junta homocinéticas		L		L				L					L				L

Fuente: Autores

CAPITULO VI

6 ANÁLISIS DE COSTO DE PROYECTOS

Para la realización del trabajo de titulación se realizó mediante fases, en las cuales se produjeron gastos económicos los cuales fueron de gran aporte para la culminación del trabajo de titulación, a continuación, se detallará cada uno de estos.

6.1 Costos directos

Son los costos que influyen directamente al trabajo de titulación, en todo su proceso de elaboración, aquí se contempla tanto la mano de obra como la materia prima, que es presentada en la Tabla 1-6.

Tabla 1-6: Costos directos

Cantidad	Descripción	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Motor Isuzu 2.0 cc	800	800
1	Caja de Velocidades transversal	200	200
1	Kit de reparación de carburador	20	20
1	Kit de empaques del motor	30	30
2	Guardapolvos de las puntas	6	12
2	Guardapolvos de las juntas homocinéticas	8	16
4	Bases goma de motor	15	60
1	Perfil estructural rectangular de 2x1inx2mmx6m	18	18
1	Perfil estructural rectangular de 40x80x2mmx3m	14	14

4	Placa de ¼ de in de 20x40mm	6	24
1	Tapa del tapa válvulas	8	8
1	Retenedor del selector de marchas	4	4
40	Pernos, tuercas y arandelas	1	40
1	Galón de aceite 20w40	22	22
1	¼ de aceite 20w40	7	7
1	Filtro de aceite y de combustible	10	10
1	Galón de aceite 90	25	25
8	Gasolina	1.50	12
3	Brocas	1	3
3	Cañerías flexibles de refrigeración	18	54
5	Cables numero 16	0.50	2.50
2	Cañerías de combustible	3	6
1	Construcción de la mesa	150	150
4	Construcción de las bases	15	60
2	Silicona	3	6
4	Discos de corte y abrasivos	3	12
5	Electrodos 6011 lb.	3	15
1	Pintura anticorrosiva negra lt.	5	5
1	Grasa lb.	6	6
2	Cables y terminales para batería	8	16
1	Sistema de escape	90	90
1	Análisis de la mesa y la base	120	120
1	Radiador y ventilador	80	80
4	Bujías	8	32
1	Base de las marchas	50	50
2	Cables para las marchas	20	40
1	Bobina	15	15
1	Válvula de avance de vacío	20	20
1	Juego de cables para Bujías	25	25
Total			2129.5

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Los costos indirectos que se muestran en la Tabla 2-6, no influyen directamente en el trabajo de titulación, pero de igual manera se los toma en cuenta en el desarrollo de este.

Tabla 2-6: Costos indirectos

Descripción	Precio total (USD)
Transporte	80
Imprevistos	50
Documentación e investigación	200
Total	330

Fuente: Autores

6.3 Costo total

En la Tabla 3-6, se da el valor total, tanto de los costos directos y los costos indirectos, los cuales fueron fundamentales, para la culminación de nuestra tesis.

Tabla 3-6: Costo total

Costos	Precio (USD)
Costos directos	
Total	2129.5
Costos indirectos	
Total	330
Costo Total	2459.5

Fuente: Autores

CAPITULO VI

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El procedimiento utilizado para la selección del motor se realizó mediante cálculos previos del motor, incluyendo los referentes al tren de potencia y el sistema de refrigeración, obteniendo como resultados en su máximo régimen el torque de 152 Nm, la potencia de 115.26 HP, la superficie frontal del radiador de 0.29 m² y la profundidad del panel de 52.58 mm, para posteriormente compararlos con los datos técnicos de motores, transmisión y otros componentes, determinando que la mejor selección son motor Isuzu de 2000 cc el tren de potencia para un vehículo Aska y los componentes adecuados para el sistema de refrigeración ya que todos cumplen con los requerimientos calculados.

Para lograr la adaptación correcta en el chasis del motor y del tren de potencia, se realizaron modificaciones en la estructura del chasis del buggy con el objetivo de asegurar que la instalación trabaje con un factor de seguridad de 10.59, además de diseñar y construir las bases y la mesa necesarias para lograr que el funcionamiento del motor no afecte al confort de los ocupantes.

La operación de la caja de cambios se consigue a través de la adecuación de un sistema de mando que permita operar desde el habitáculo el engranaje de las velocidades correspondientes, a las condiciones de circulación a las cuales el vehículo deberá ser sometido.

Para lograr una adecuada puesta a punto del motor se adecuó un sistema de encendido transistorizado constituido por, la bobina de encendido, el distribuidor de tipo inductivo, módulo de encendido y cables de alta tensión, logrando de esta manera establecer una adecuada instalación del sistema en el motor y así asegurar la fiabilidad de funcionamiento en relación a la que se conseguiría con un sistema tradicional de encendido por platinos.

Al momento en que se realizaron las pruebas, se pudo obtener como resultado que el motor mantuvo la estabilidad que se le demandó al momento de permanecer en ralentí y revoluciones constantes, se observó además con ayuda de la Cámara Termográfica que las temperaturas alcanzadas durante la prueba son de 71.15 °C en ralentí y de 89.32 °C a 3000 rpm, siendo estas las apropiadas en estos niveles de demanda.

Al finalizar todas las pruebas físicas se llegó a la conclusión que la puesta a punto del motor fue la adecuada a de más de observar en los termogramas que no existen puntos calientes que puedan afectar a la constitución del motor y sus sistemas, además de corroborar que el sistema de refrigeración cumple su cometido enviando el refrigerante a una temperatura de 54.9 °C y recibiendo de 70.2 °C desde el motor, con el ventilador encendido enviando el aire a una velocidad de 11.9km/h, verificando la fiabilidad del motor de combustión interna.

7.2 Recomendaciones

Para mantener el motor y el tren de potencia en óptimas condiciones de funcionamiento, realizar los mantenimientos preventivos en los tiempos adecuados para mantener la vida útil de los elementos que se encuentran en trabajo constante.

Tomar en cuenta una mejor coordinación entre grupos en la toma de medidas y diseño del chasis, así evitar contratiempos y gastos innecesarios en la adaptación de los sistemas que conformaran el vehículo híbrido tipo buggy 4x4.

Realizar la adaptación de un nuevo sistema de alimentación el cual es a carburador por un sistema de inyección indirecta monopunto, con el que se aprovecha mejor la dosificación de mezcla aire combustible que ingresara a la cámara de combustión, con esto el motor se pueda desempeñar de una mejor manera.

Tomar en consideración la implementación de un depósito de combustible de 10 galones que cubra con la demanda necesaria para el motor, además de una bomba que envíe el combustible desde el depósito así el sistema de alimentación con una presión de 18 PSI, además contar con las medidas de seguridad al momento de realizar la adaptación para evitar fugas de combustible.

Realizar la adaptación del sistema híbrido teniendo en cuenta las dimensiones en la estructura para su adaptación y para su posterior uso en la tracción en las ruedas delanteras y en conjunto con el motor de combustión interna proporcionar la tracción a las cuatro ruedas, así fomentar la investigación a los estudiantes dentro del campo de vehículos híbridos, ya que es una tecnología existente en nuestro medio.

Tener sumo cuidado al momento de realizar la implementación de los nuevos sistemas, evitando realizar daños a los ya existentes, así obtener un vehículo funcional y que cumpla las condiciones de seguridad y de confort.

BIBLIOGRAFÍA

Ángel, Rdz. *Todo Mecánica*. [En línea] 25 de Abril de 2005. [Citado el: 25 de Noviembre de 2017.] <https://www.todomecanica.com/blog/34-puente-trasero-y-diferencial.html>.

CASCAJOSA, Manuel. *Ingeniería de vehículos*. México : ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A., 2005. ISBN 970-15-0943-9.

Kynast, Kindler &. *Matemática aplicada para la técnica del automóvil*. Barcelona : Reverté, S.A, 1986. ISBN-84-291-1443-2.

LOPEZ, DIEGO. *Actualidadmotor*. [En línea] 2 de diciembre de 2017. [Citado el: 15 de Diciembre de 2017.] <https://www.actualidadmotor.com/como-puedo-saber-si-tengo-el-embrague-gastado/>.

M., EDUARDO ÁGUEDA C. JOSÉ MARTÍN N. TOMÁS GÓMEZ. *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*. MADRID : EDICIONES PARAFINO, S.A., 2012.

MARTÍNEZ, Hermógenes Gil. *Enciclopedia Práctica del automóvil, reparación y mantenimiento, el motor de gasolina, el motor diesel, electricidad, accesorios, transmisión y confort, suspensión, dirección, frenos, neumáticos y airbag*. MADRID : CULTURAL, S.A., 2010.

Miac. *Dacarsa.net*. [En línea] Dacarsa, 2013. [Citado el: 20 de Junio de 2018.] <http://www.dacarsa.net/basic/divulgacion/gb.php>.

OLIVEROS, FORTICH Juan Carlos. *Miller manual de reparaciones de automoviles*. Barcelona : Grafos S.A., 2012. 978-9962-04-066-8.

PAYRI, F., DESANTES, J.M. *Motores de combustión interna alternativos*. BARCELONA : REVERTÉ, S.A., 2011.

ROMERO, PIEDRAHITA Carlos Alberto. *dialnet.unirioja.es*. [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Mayo de 2007. [Citado el: 18 de Junio de 2018.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4808029.pdf>. ISSN 0122-1701.

SANZ, Santiago. *Motores*. Madrid : Editex, S. A., 2011.

Specs, Ultimete. *ultimetespecs*. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de Octubre de 2017.] <http://www.ultimetespecs.com>.

Villegas, Alvert Martínez. *Motores de combustión interna.* Sant Celoni : IES Baix Montseny, 2007.