



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN

CARLOS DAVID ESCOLA VIÑAN

FRANCISCO JAVIER MORA MARTÍNEZ

DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO



TEMA.

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





“ La mente
que se abre a
una nueva
idea , jamás
volverá a su
tamaño
original.”

Albert Einstein

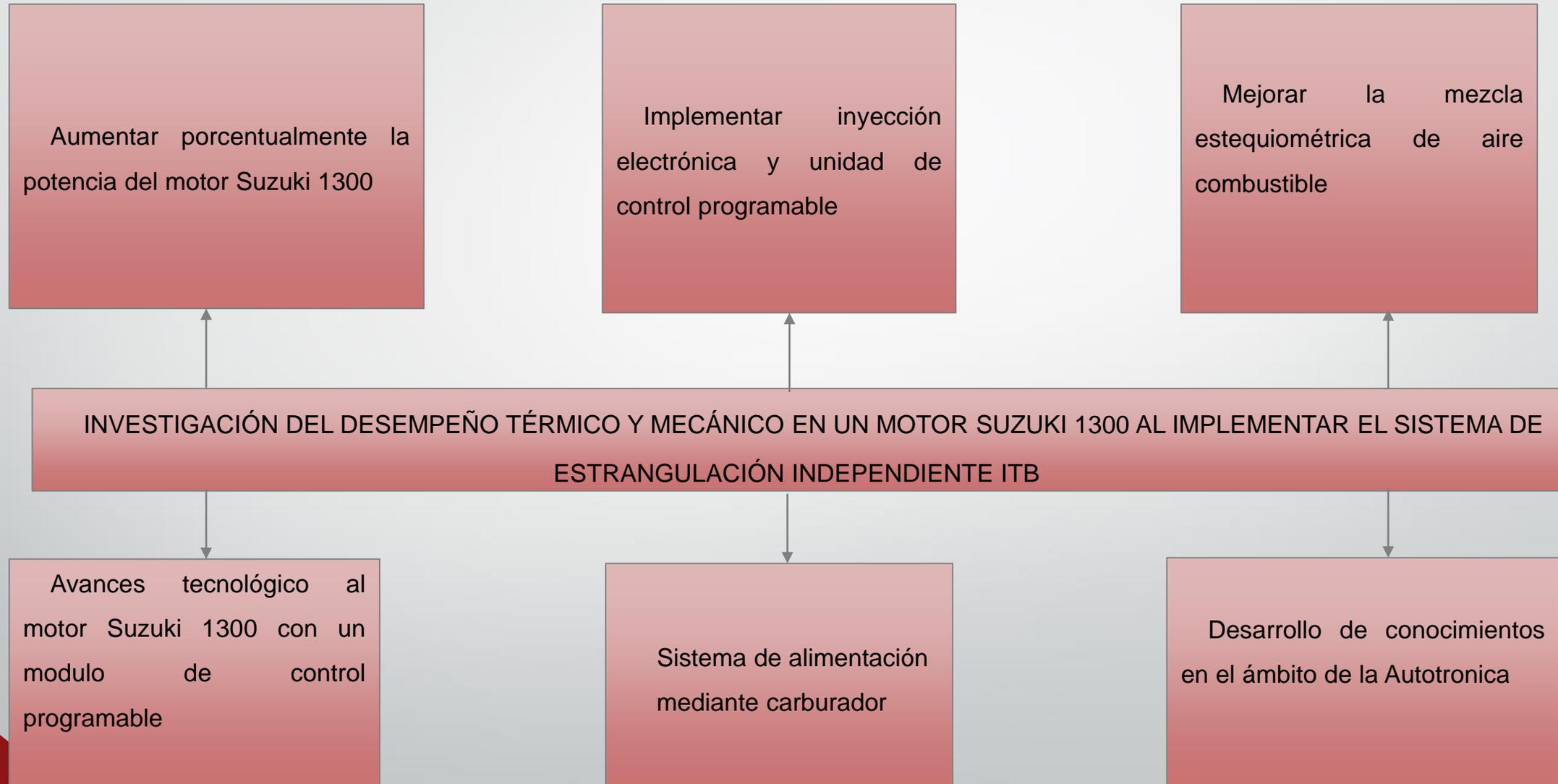
Contenido

- Antecedentes Investigativos
- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Metas
- Hipótesis
- Equipos utilizados
- Pruebas
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

Antecedentes Investigativos

- El rendimiento global del motor, o rendimiento efectivo, puede alcanzar hasta un 55% dependiendo del tipo de motor, sus condiciones de operación y la energía disponible en el combustible.
- Los sistemas de inyección permiten diseñar convenientemente los conductos de admisión para aumentar su rendimiento efectivo, su rendimiento volumétrico, su potencia, ya que los motores a carburador el aire debe arrastra al combustible por depresión a través de conductos calibrados lo cual dificulta la relación estequiométrica, mientras que en los sistemas de inyección no depende directamente de estos efectos de depresión, ya que el tiempo de apertura de los inyectores lo determina el módulo de control en función del número de revoluciones del motor y las condiciones del aire aspirado
- Los mapeos de variables del motor son registros bidimensionales y/o tridimensionales de los parámetros funcionales de éste. Estos mapas son construidos para variables de interés, esto si se dispone de un sistema de adquisición de datos y por supuesto de un motor instrumentado adecuadamente.

Planteamiento del problema



Objetivo general.

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

Objetivos específicos

- Buscar información relevante de fuentes bibliográficas y bases digitales confiables da la finalidad de mejorar el rendimiento mecánico del motor con la implantación del sistema de estrangulación independiente ITB en el sistema de admisión.
- Modelar y diseñar un múltiple de admisión para prestaciones de rendimiento volumétrico del motor.
- Verificar las características estándar del vehículo Suzuki 1300 en condiciones iniciales, es decir sin la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB.
- Desarrollar la implementación de componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos del sistema de estrangulación independiente ITB en el vehículo Suzuki 1300.

Objetivos específicos

- Realizar la programación del módulo de control marca Pandoo acorde a las consideraciones de corrección de mapas según el fabricante y criterios técnicos anteriormente investigados.
- Efectuar pruebas dinámicas luego de la implementación y puesta a punto del motor Suzuki 1300.
- Analizar los resultados obtenidos antes (pruebas estándar) y después de la implementación del sistema de estrangulación independiente ITB en el vehículo Suzuki 1300, para generar conclusiones por parte de los investigadores.
- Elaborar el análisis comparativo de los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.

Justificación e importancia

- En el campo automotriz el avance tecnológico ha llegado de tal forma que en la actualidad existan vehículos de quinta generación, por esta razón se realizó esta investigación ya que la tecnología con el cual cuenta el motor Suzuki 1300 es de segunda generación
- Al implementar del sistema de estrangulación independiente ITB se logró un incremento potencial del motor Suzuki 1300, con el cual el controlador programable mejoro el rendimiento térmico y mecánico, así como el ingreso de aire-combustible al motor controlando dosificaciones de combustible mediante los inyectores, y con ello incursionar en el ámbito deportivo automotriz

Justificación e importancia

- El motor Suzuki 1300 posee de fábrica un sistema a carburador mono punto, por esta razón se realizó el diseño y selección del sistema ITB el cual mejor el rendimiento mecánico
- Se utilizó una computadora programable, que permitió realizar ajustes específicos que son los ideales para la conducción deportiva, así mismo variaciones para el uso en conducción urbana, esto es una manera favorable para los amantes de los campeonatos automovilísticos, ya que este sistema puede ser adaptado en cualquier vehículo

Meta.

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

Hipótesis.

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

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

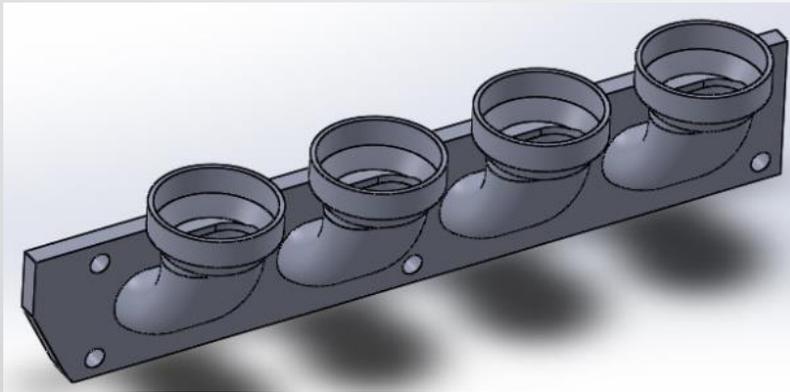
Variable independiente.

- Sistema de estrangulación independiente ITB.

Variable dependiente.

- Desempeño térmico y mecánico de un motor Suzuki 1300.

Colector de admisión



Especificaciones técnicas del motor G13B Suzuki

1300

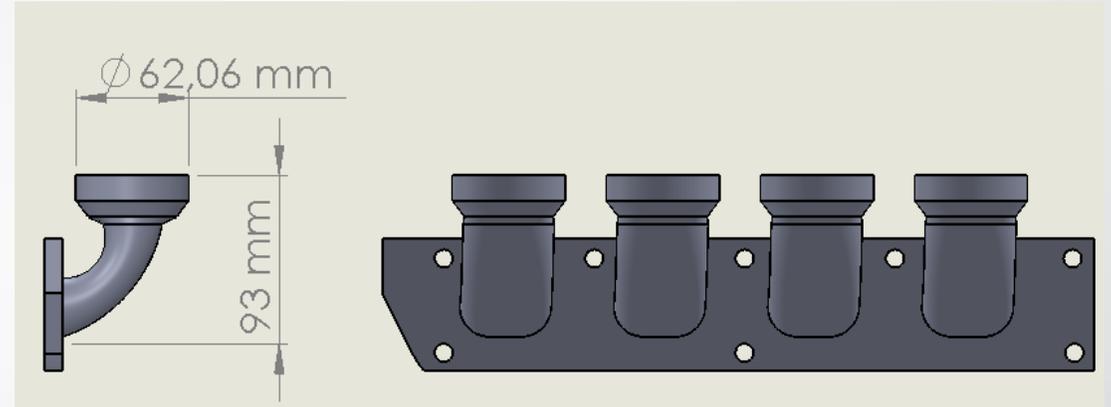
MOTOR			
Generalidades	4 cilindros en línea delantero transversal		
Cilindrada	1298 cc	Compresión: 10:1	
Distribución	4 válvulas por cilindro	2 árboles de leva en culata	
Potencia Max.	74,3 KW (100CV) @ 6500 rpm SAE		
Par Max.	112 Nm @ 5000 rpm SAE		
Transmisión			
Cambio y embrague	Manual de 5 velocidades,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

Descripción inicial del motor G13B Suzuki 1300

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

Dimensionamiento del conducto de admisión

Densidad del aire		Cada conducto de admisión		
$P_{ATMOSFERICA}$	$P_{Final Admisión}$	Altura	Volumen	Diámetro
$P_1=0,073 MP_a$	$P_2=0,048 MP_a$	$h=93 mm$	$V_1=105ml$	$D=62,06 mm$
$T_1=296,15 °K$	$T_2=369,41 °K$			



Volumen del cilindro Densidad del aire en condiciones iniciales y al final del tiempo de admisión

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

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

$$d = 0,0379 m$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ecuación de Bernoulli

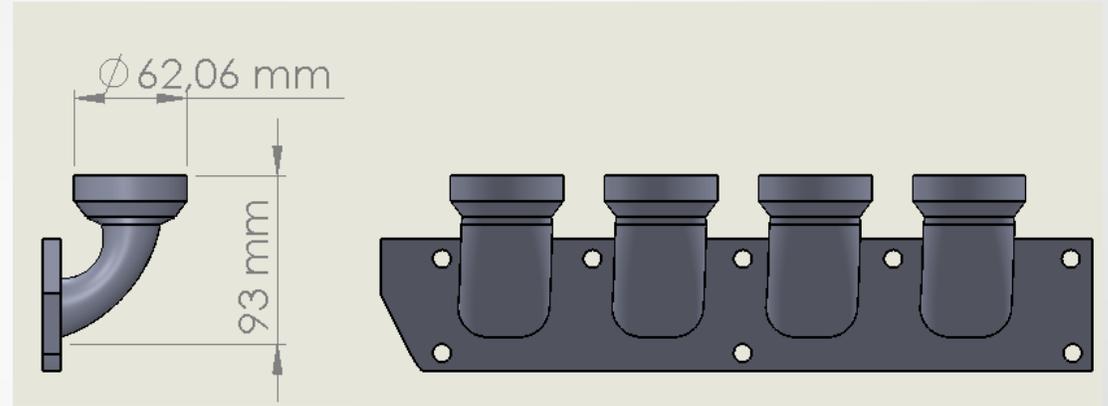
$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

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

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

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

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



$$Q = A_1 V_1$$

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

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

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

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

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

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

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

Selección de material para las tomas de admisión.

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

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

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

Diseño mecánico

- **Esfuerzo tangencial**

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

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

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

- **Esfuerzo radial**

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

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

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

- **Esfuerzo de Von Mises**

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

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

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

Dilatación térmica

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

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

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

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

- Factor de seguridad

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

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

$$N = 3,526$$

Montaje del ITB en el múltiple de admisión

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



Implementación de sensores electrónicos



PROGRAMACIÓN PANDOO Y PUESTA A PUNTO DEL MOTOR

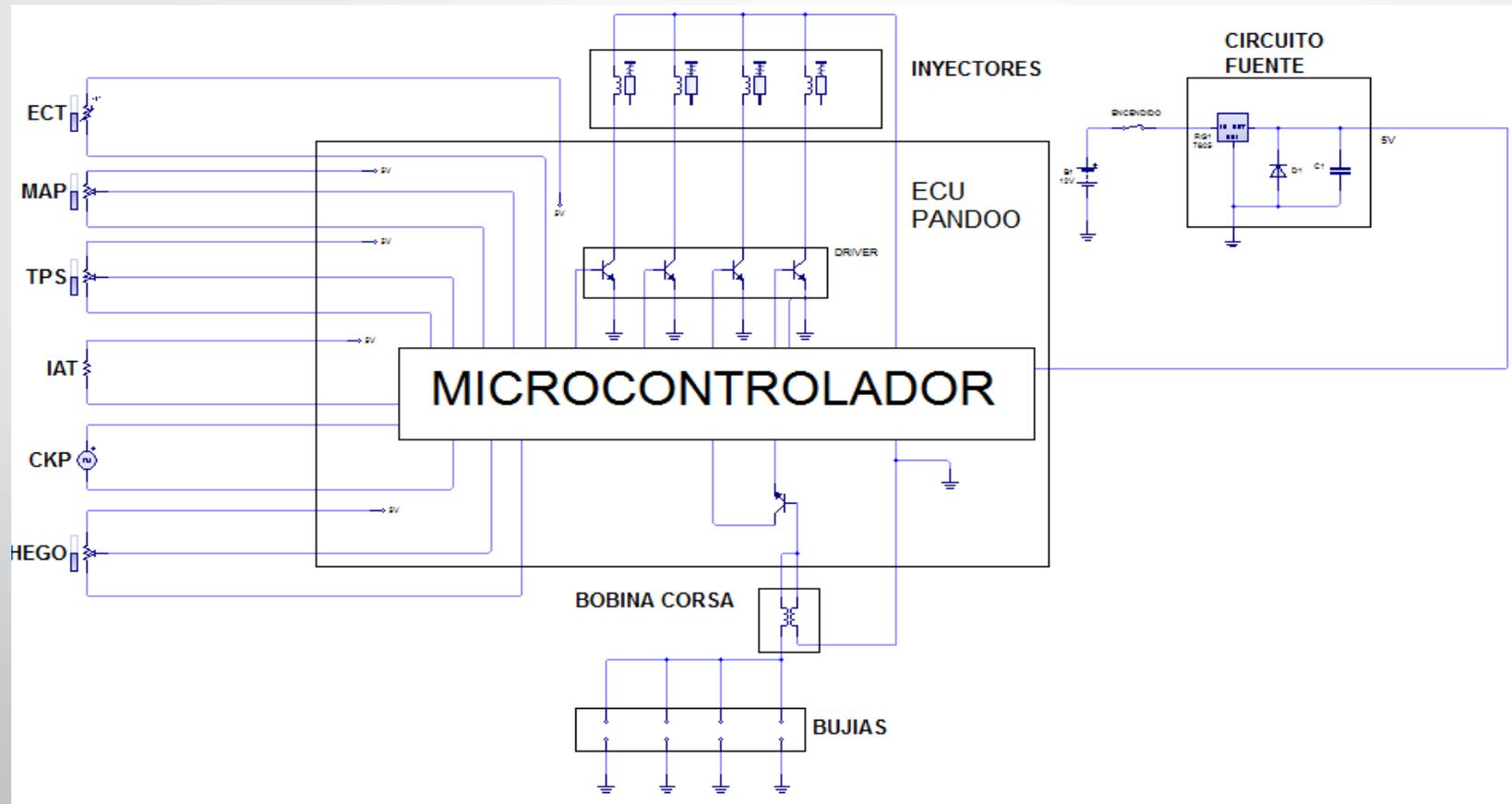
Puerto de comunicación serial .

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

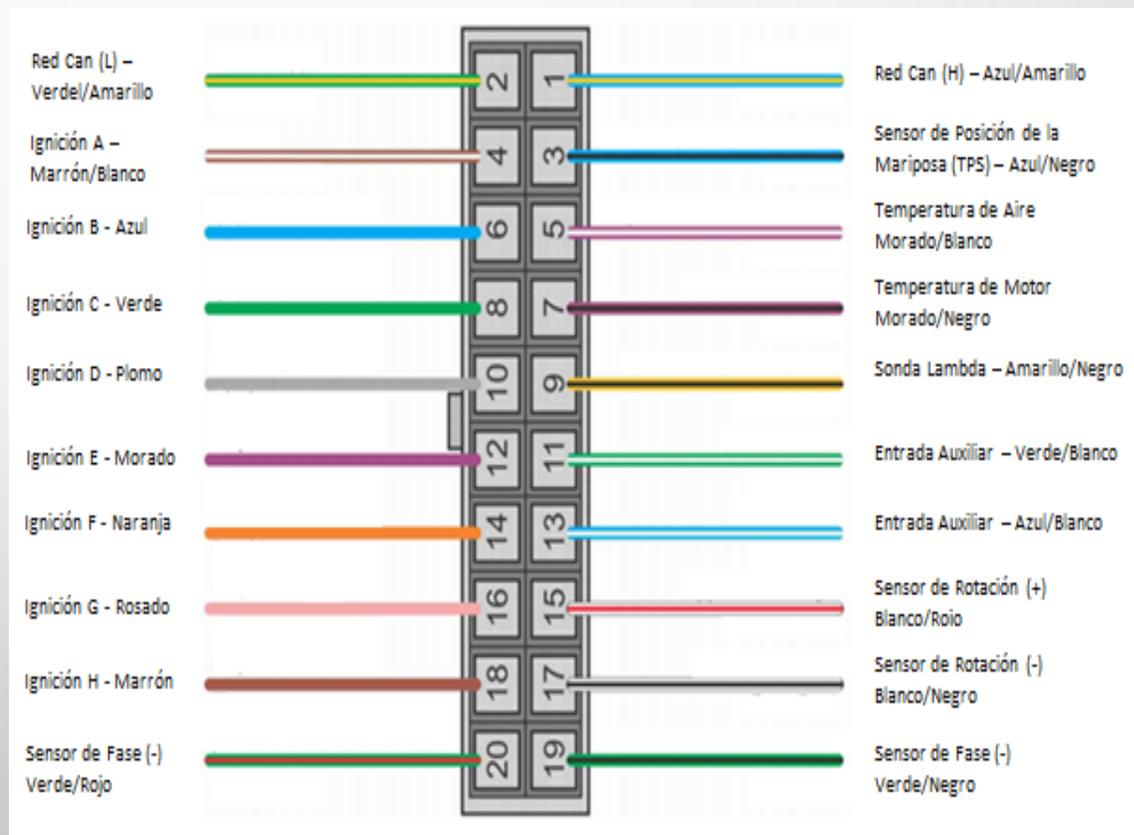
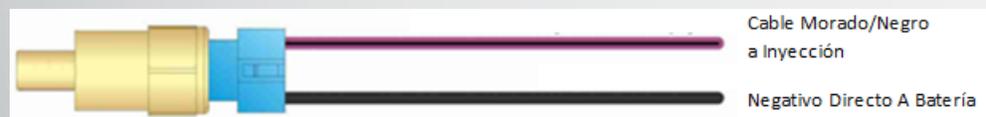
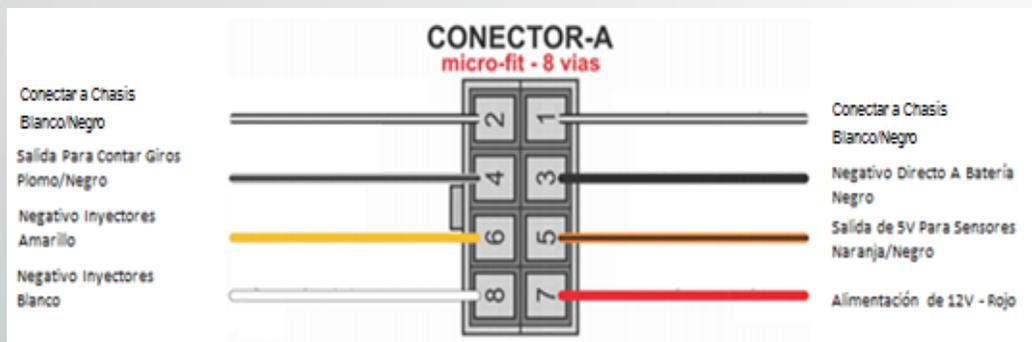
Comunicación con Pandoo

El protocolo de comunicación que utiliza el módulo de control electrónico programable Pandoo, es la red CAN High Speed (Control Area Network), que se basa en el estándar ISO 11898, y es el equivalente europeo de la norma SAE J1939, que utiliza una topología tipo Bus

CIRCUITO ELÉCTRICO



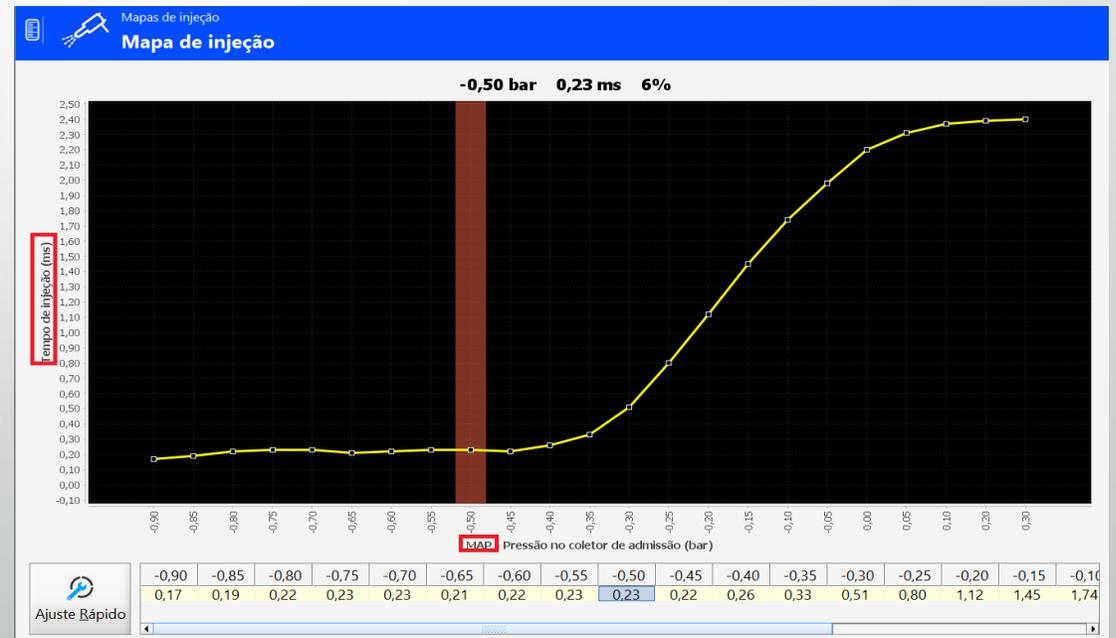
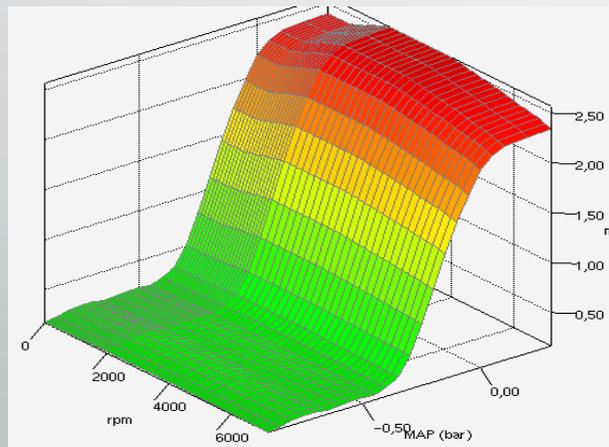
GUÍA DE INSTALACIÓN





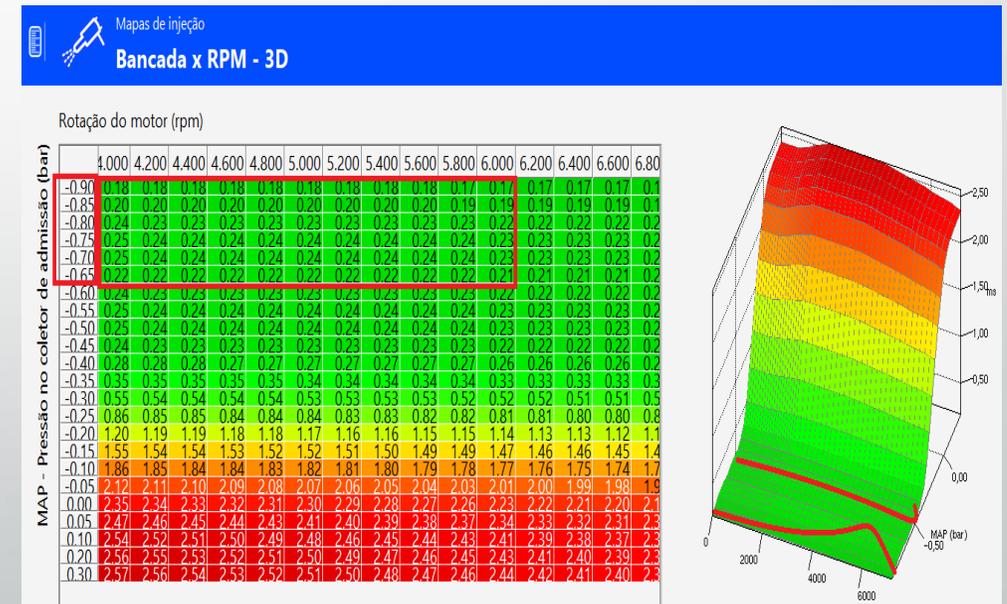
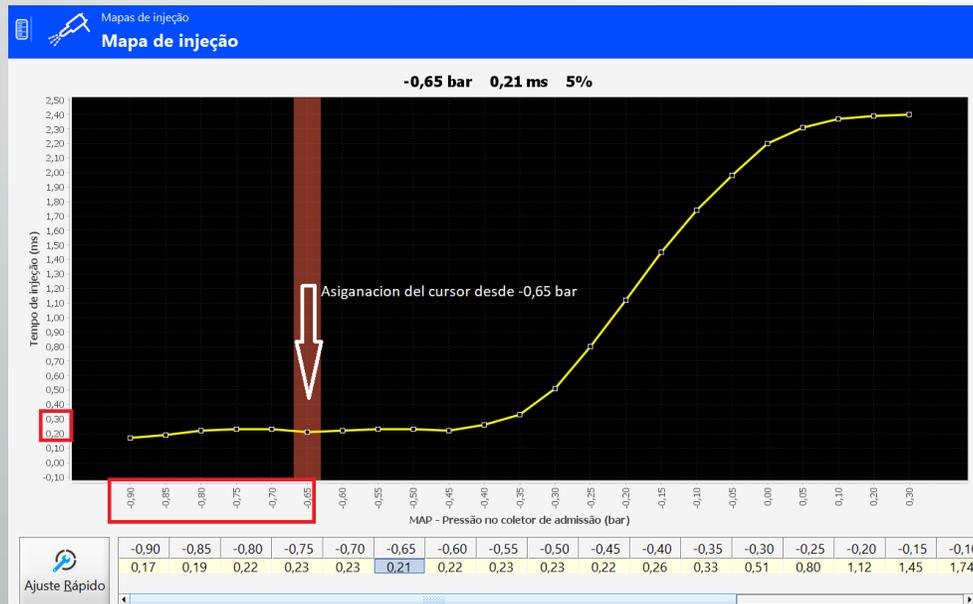
MAPEO DE VARIABLES

A bajas revoluciones donde el sensor MAP presenta lecturas de $-0,50$ bar a $-0,65$ bar, se modifica punto por punto con la finalidad de aumentar el combustible, este proceso afina al motor a ralenti. Para altas revoluciones los niveles de economía de combustible será óptimo con la finalidad de una mayor potencia, esto se logra con una corrección de menos un 5% en toda la curva a partir de $-0,65$ bar hasta $-0,90$ bar.



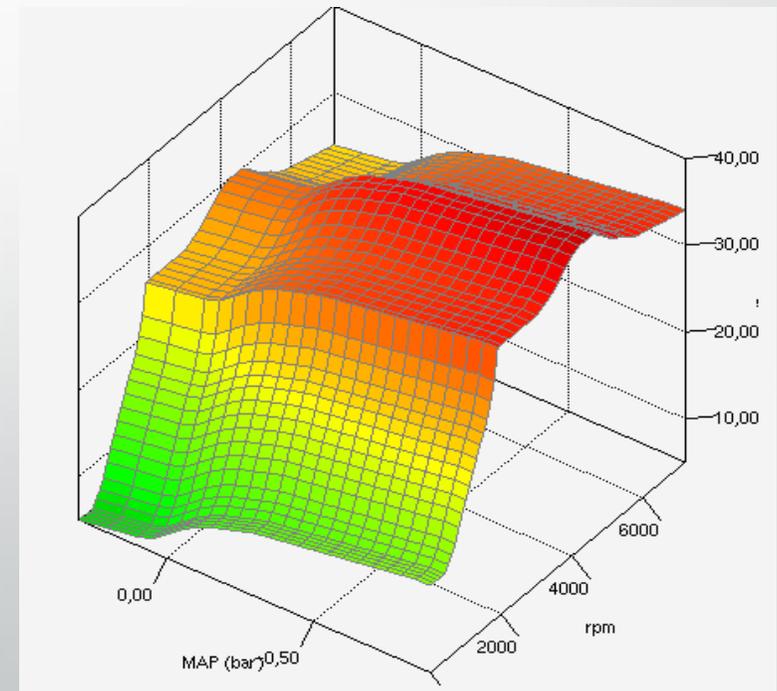
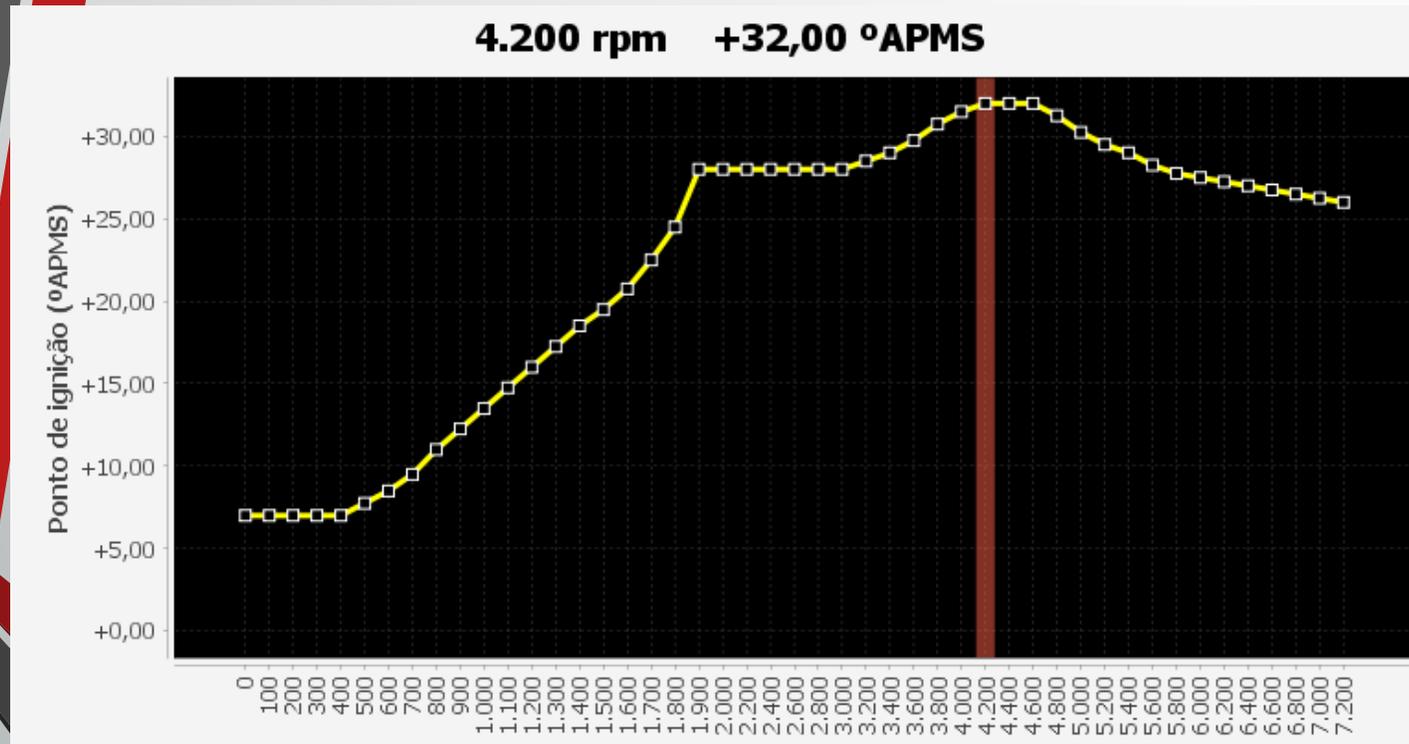
MAPEO DE VARIABLES

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



MAPEO DE VARIABLES

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



EQUIPOS DE MEDICIÓN

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

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

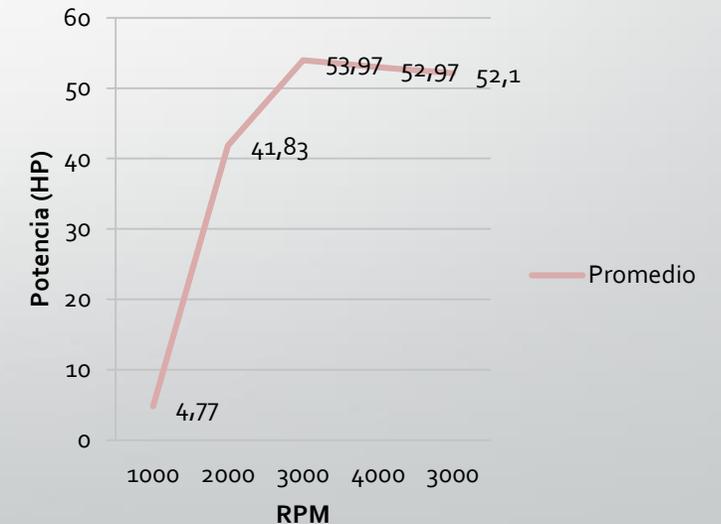


ANÁLISIS DE RESULTADOS

Pruebas de potencia del motor Suzuki 1300 estándar

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

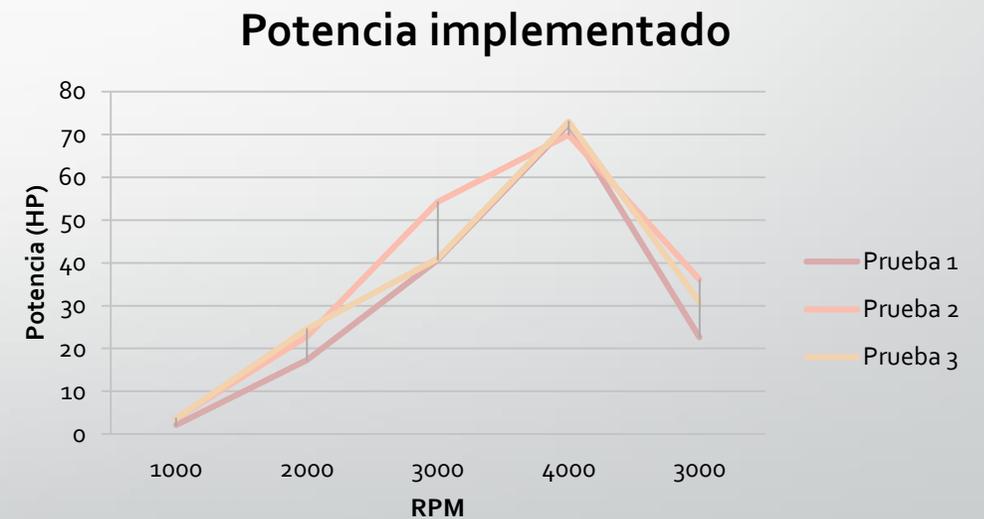
Promedio de potencia estándar



ANÁLISIS DE RESULTADOS

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

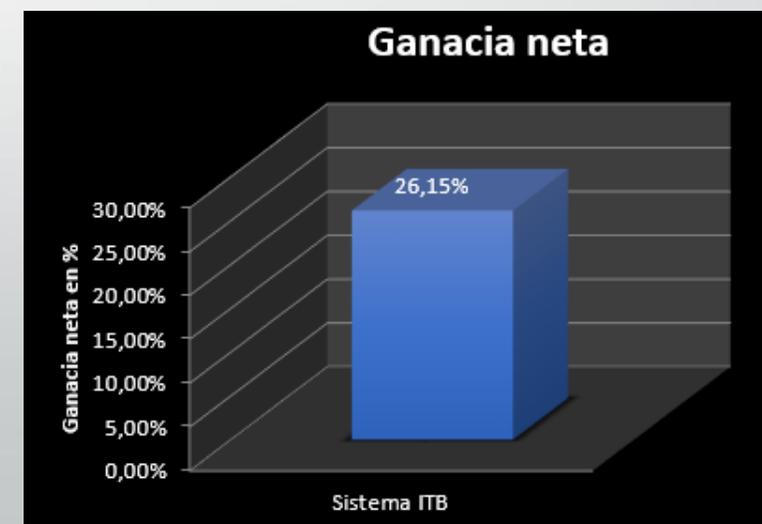
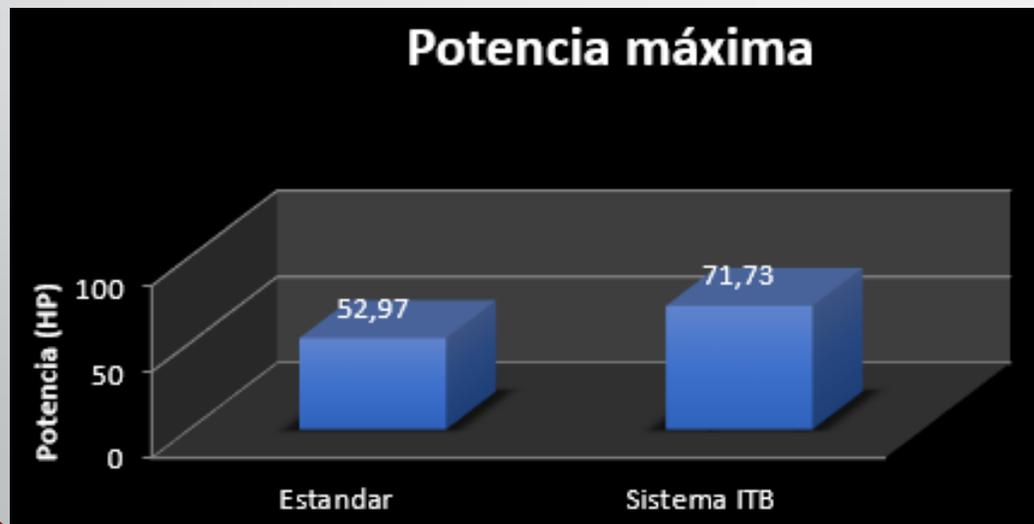
Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Promedio	
RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	RPM	Potencia [HP]	Potencia [HP]	Potencia [KW]
1308	2,1	1311	3,7	1659	3,7	3,17	2,36
2843	17,3	2655	22,8	3365	34,7	24,93	18,59
3143	22,6	3151	36,1	3943	41,0	33,23	24,78
3291	25,1	3548	45,5	3979	41,0	37,20	27,74
3505	30,2	3755	50,7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



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Porcentaje de ganancia en potencia al implementar el sistema ITB

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

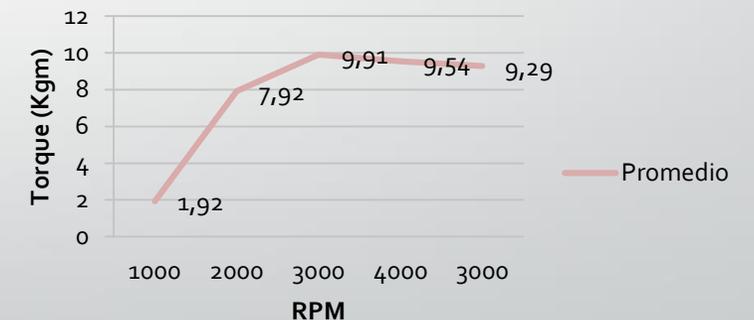


ANÁLISIS DE RESULTADOS

Pruebas de torque del motor Suzuki 1300 estándar

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

Promedio de torque estándar

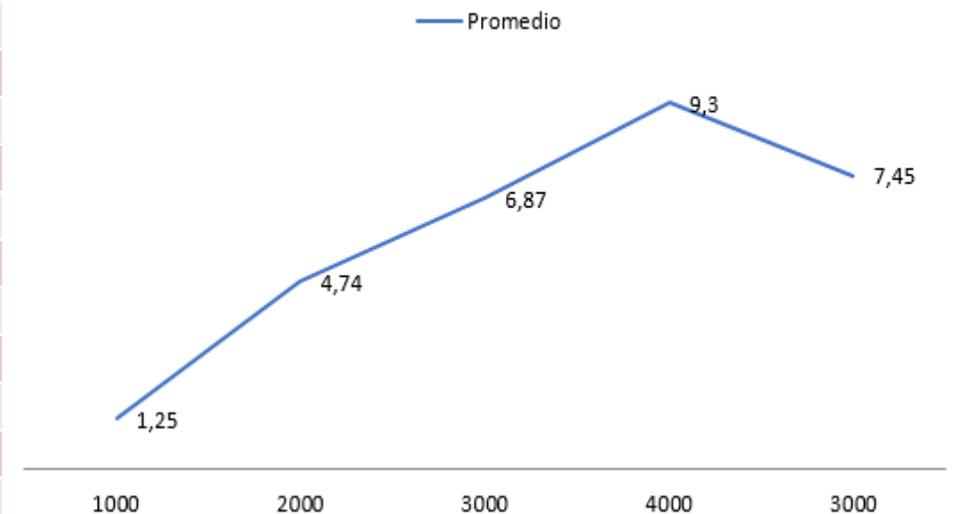


ANÁLISIS DE RESULTADOS

Datos obtenidos del motor Suzuki 1300 implementado el sistema ITB

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

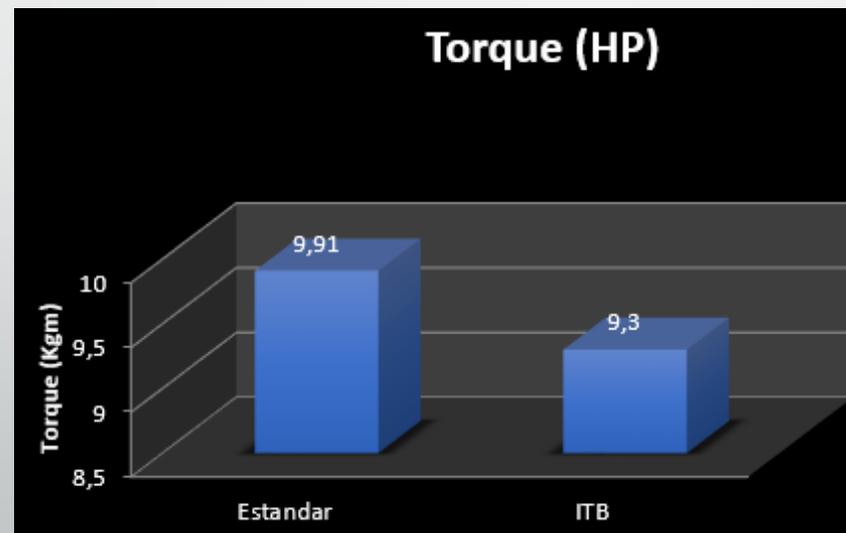
Promedio de torque modificado



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Porcentaje de ganancia en potencia al implementar el sistema ITB

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

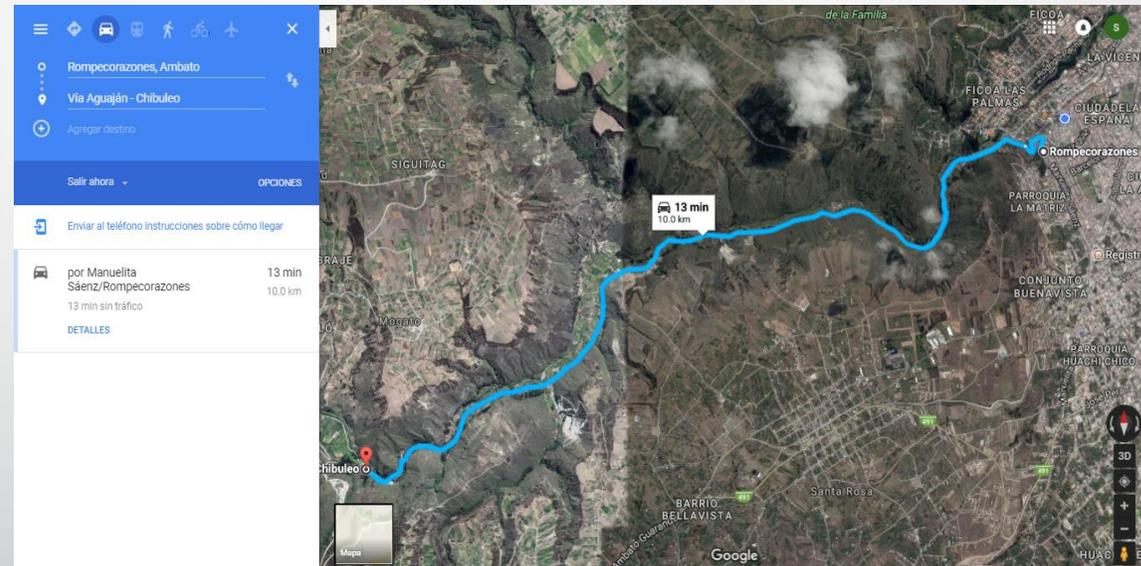


ANÁLISIS DE RESULTADOS

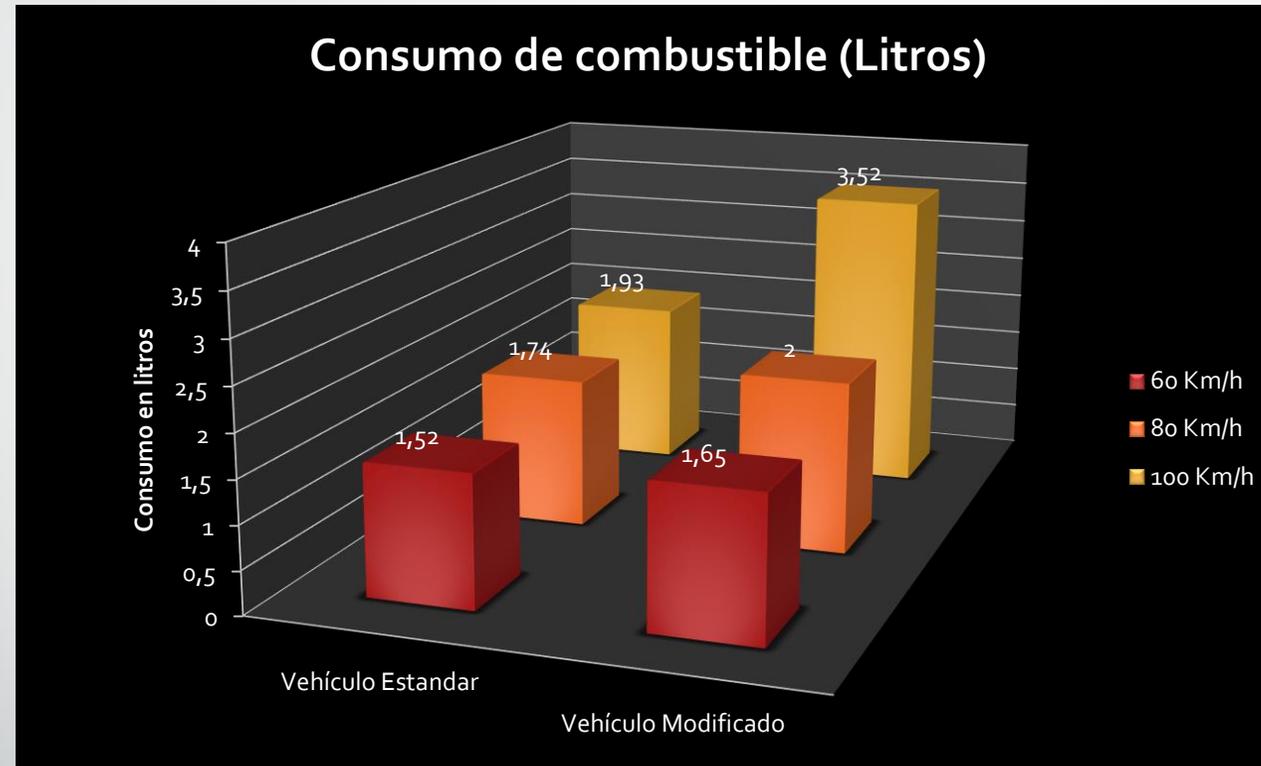
Hoja de ruta tomada para el consumo de combustible 20km de recorrido

Velocidad	Consumo (Galones)	Consumo (Litros)
60 km/h	0,402	1,52
80 km/h	0,460	1,74
100 km/h	0,512	1,93

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



ANÁLISIS DE RESULTADOS



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de gases de escape en el motor estándar y modificado

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

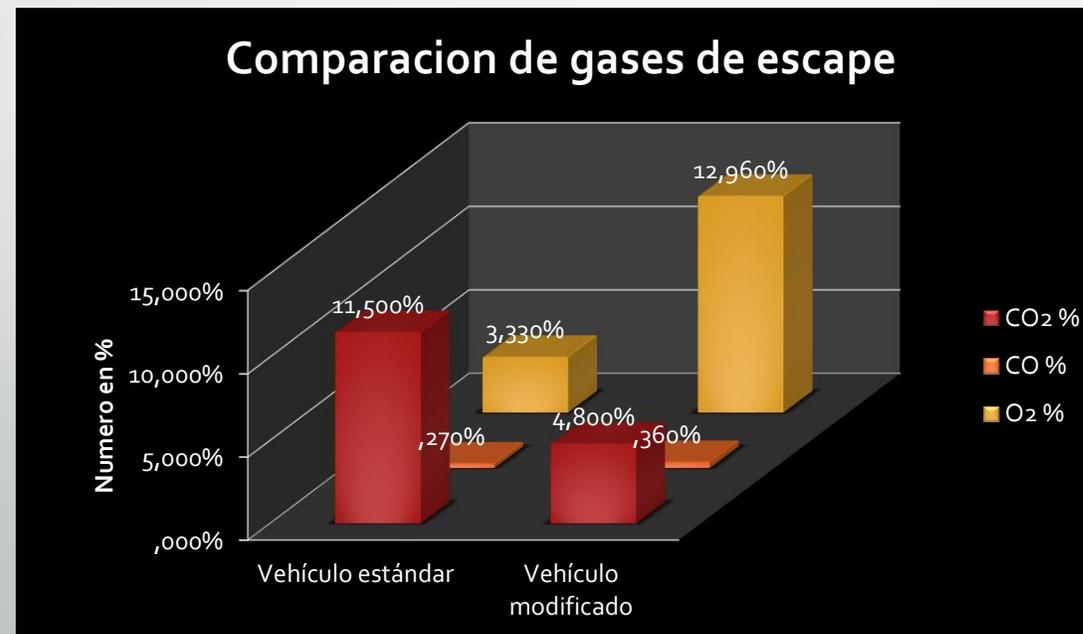


Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T

Presión de admisión

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

Temperatura en admisión

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

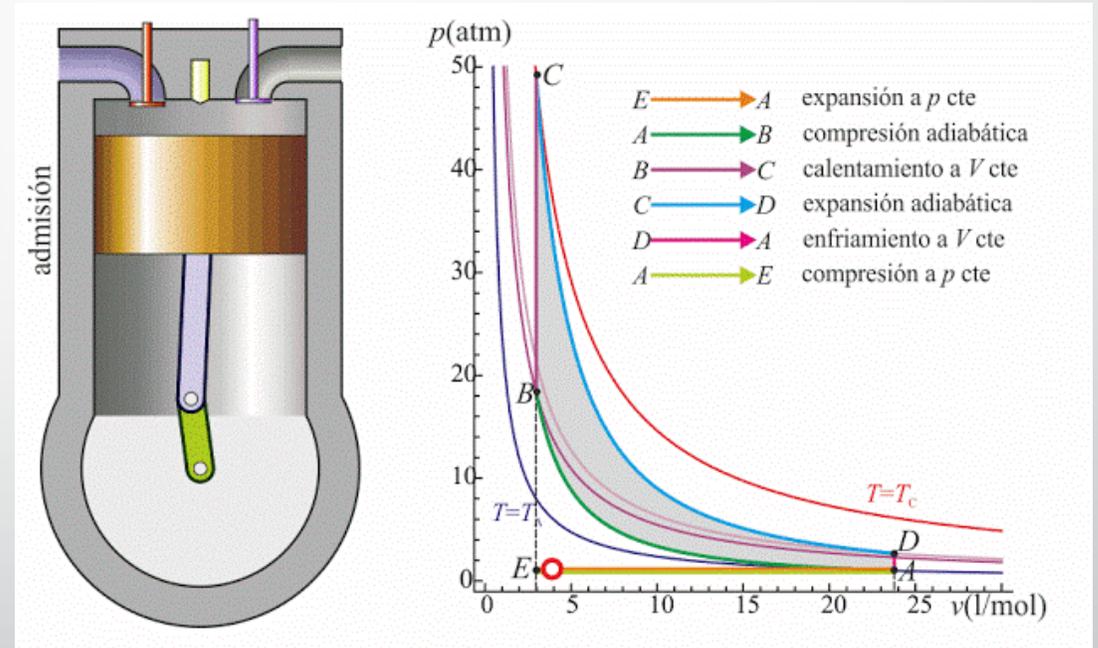


Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T

Presión de compresión

$$P_C = P_a \varepsilon^{n1}$$

Temperatura en compresión

$$T_C = T_a \varepsilon^{n1-1}$$

Presión en explosión

$$P_Z = \mu_r \frac{T_Z}{T_C} P_C$$

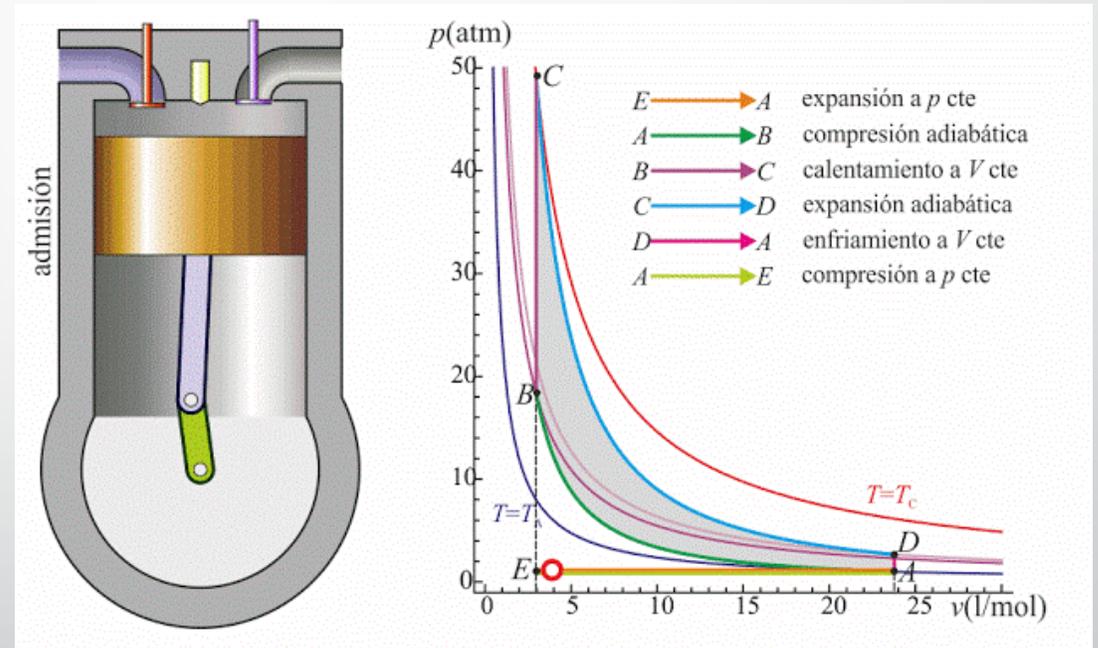


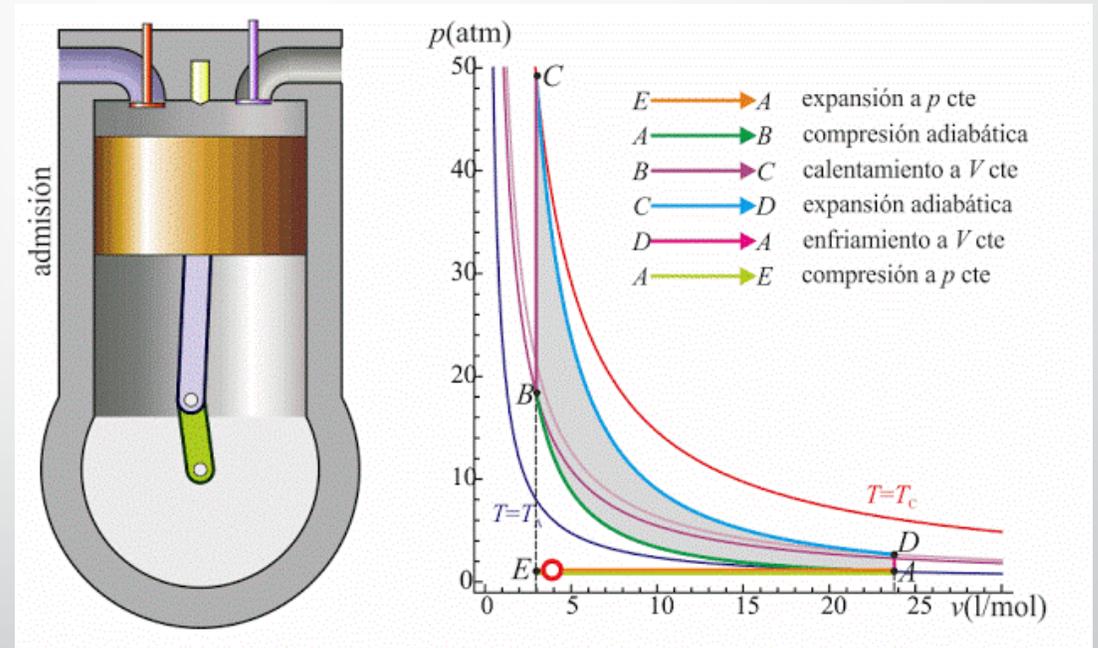
Diagrama del ciclo teórico de trabajo del MACI ciclo Otto de 4T

Presión en escape

$$P_b = \frac{P_z}{\epsilon^{n2}}$$

Temperatura en escape

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

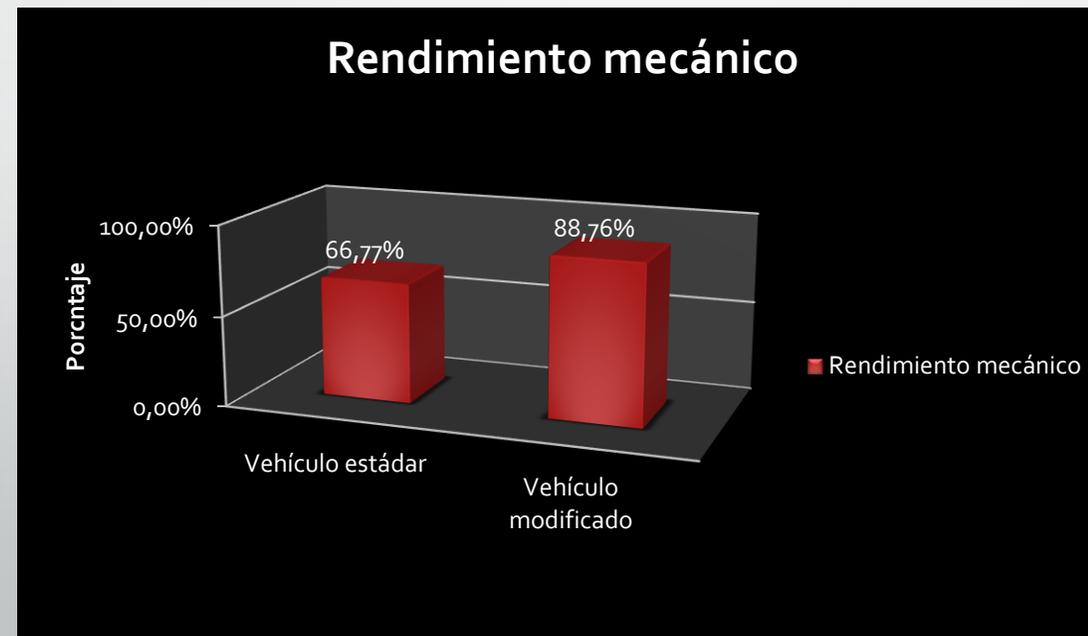


Potencia indicada

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Presión medio indicado no redondeado ($p_{i\ nr}$)	P_o	0,073	MPa	$p_{i\ nr} = P_o \frac{\epsilon^{n1}}{\epsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$	1,207	MPa
	ϵ	10				
	T_a	345,69	°K			
	T_b	1330,76	°K			
	T_c	706,51	°K			
	T_z	2314,9	°K			
	$n1$	1,31				
	$n2$	1,24				
	λ	3,54				
Presión media indicada (p_i)	$p_{i\ nr}$	1,1407	MPa	$p_i = p_{i\ nr} * \phi$	1,18	MPa
	ϕ	0,97				
Potencia indicada (N_i)	p_i	1,106	MPa	$N_i = \frac{p_i V_h * n * i}{30 * \tau}$	60,26	kW
	V_h	0,3263	l			
	n	4700	Rpm			
	i	4				
	τ	4				

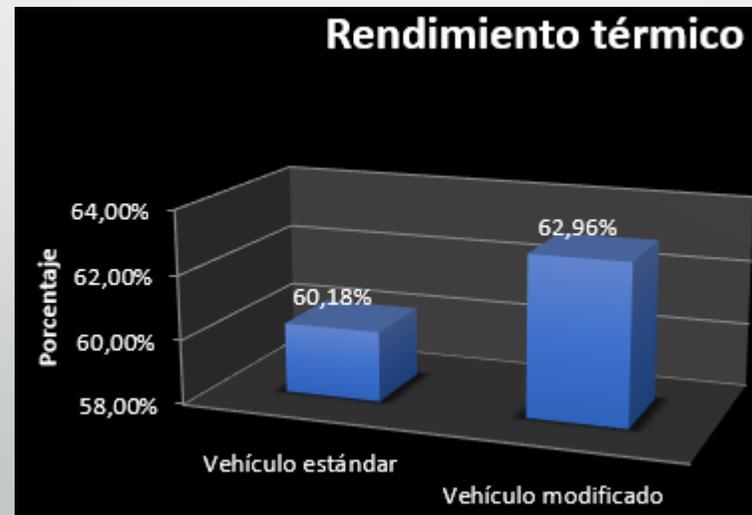
Rendimientos mecánicos

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Estándar	N_e	40,24	kW	$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$	66,77	%
	N_i	60,26	kW			
Implementado ITB	N_e	53,49	kW			
	N_i	60,26	kW		88,76	



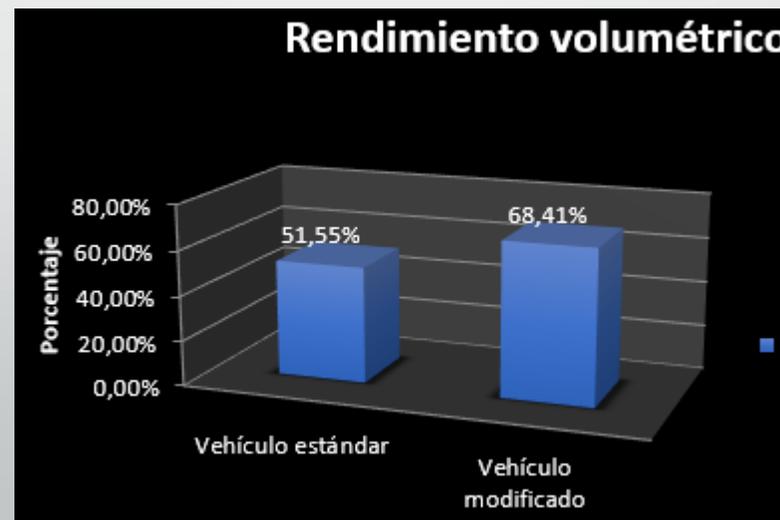
Rendimientos térmicos

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



Rendimientos volumétricos

Parámetro	Dato	Valor	Unidad	Formula	Valores	Unidad
Estándar	\dot{m}_a	0,1535	Kg/s	$\eta_v = \frac{\dot{m}_a}{\frac{n}{2} VH * \rho_0} \xi$	51,55	%
	n	53,66	Rps			
	VH	0,01298	M ³			
	ρ_0	0,8549	Kg/m ³			
	ξ	1				
Implementado ITB	\dot{m}_a	0,2037	Kg/s			
	n	53,66	Rps			
	VH	0,01298	M ³			
	ρ_0	0,8549	Kg/m ³			
	ξ	1				



Recurso de materiales

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

Costo neto del proyecto

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

CONCLUSIONES

- Se modeló y diseñó un múltiple de admisión para el sistema de estrangulación independiente ITB, en el cual el rendimiento volumétrico del motor estándar de un 51,55 %, alcanzó un valor de 68,41% con el sistema implementado, el cual se considera muy eficiente en la investigación.
- Con la ayuda de un módulo de control programable, se configuró los mapas de inyección y de ignición, con el cual aumentó su potencia en un 26,15%, lo cual sobrepasó lo estimado por los investigadores.
- Una vez que se implementó el sistema ITB hubo un incremento de consumo de combustible el cual se analizó antes de la aplicación del sistema el consumo es de 43,73 Km/galón y que ya implementado el sistema el consumo es de 31,67 Km/galón con un 27,57% de incremento, esto se determinó mediante cierto tipo de velocidades como son 60, 80 y 100 Km/h en un recorrido que constaba de 20 km de distancia.

CONCLUSIONES

- Existió un incremento de emisión de gases de escape después del ampliar el sistema debido a que existe más ingreso de aire y combustible para mejorar la mezcla estequiométrica.
- Se implementó componentes electrónicos y mecánicos que en su gran mayoría fueron del vehículo Chevrolet corsa, ya que este fue una mejora del vehículo Suzuki Forsa en la gama hatchback.

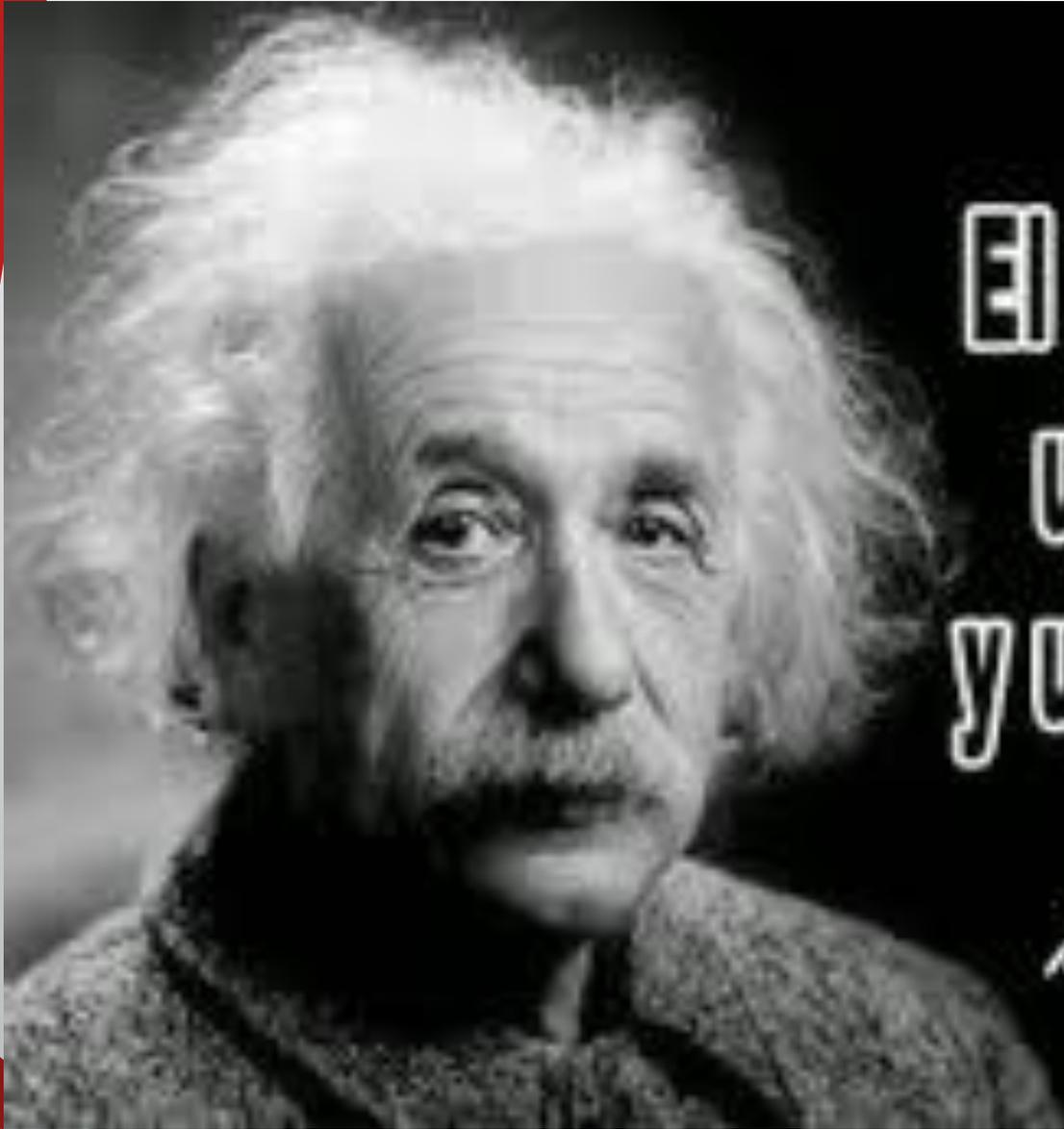
Se tabularon datos y se representaron gráficamente las curvas de torque y potencia

RECOMENDACIONES

- Revisar las conexiones de los sensores implementados, es de suma importancia que el sensor CKP se encuentre a 90° con la rueda fónica ya que este controla el encendido del vehículo, se debe visualizar sus valores de medición en el cuadró de dialogo del software.
- Investigar los ángulos de avance de encendido, con la finalidad de prolongar la vida útil del motor, y así evitar fisuras en cojinetes de bancada y roturas en el block.
- Realizar correcciones punto por punto en el mapa de inyección acorde a la posición del pedal del acelerador, ya que esto rige las cargas del motor al realizar un cambio de marcha

RECOMENDACIONES

- Verificar que los componentes mecánicos y electrónicos del dinamómetro se encuentren en excelentes condiciones para realizar las pruebas de torque y potencia.
- Gracias a los avances tecnológicos para una mejor ergonomía de programación se podría utilizar la telemetría, con el cual el conductor daría el máximo potencial de conducción, y todas las lecturas que envía los componentes electrónicos del motor se ajustarían desde los pits



**El genio se hace con
un 1% de talento,
y un 99% de trabajo.**

Albert Einstein



GRACIAS POR SU ATENCIÓN