



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: “INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MOTOR J14F003885 AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE MODIFICADO ELECTRÓNICAMENTE A TRAVÉS DE SOFTWARE DEDICADO”

***AUTOR: LUIS DAVID CHONTASI PILCO
LENIN PAUL VINLASACA VIERA***

DIRECTOR: ING. GERMAN ERAZO

LATACUNGA

2018



Antecedentes

Debido a la existencia de vehículos a carburador en el país, que son de eficiencia limitada, se busca alternativas de mejoramiento de motor, por lo cual se ha visto la necesidad de impulsar la aplicación de la tecnología vehicular actual, basados en estudios, investigaciones y métodos de aplicación factibles con las tecnologías de antaño.

OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Investigar el desempeño del motor J14F003885 al implementar un sistema de inyección MPFI de combustible modificado electrónicamente a través de software dedicado.



MARCO TEÓRICO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema de carburador



Dispositivo para mezclar automáticamente combustible en la proporción apropiada con aire.



Inyección electrónica



Los sistemas electrónicos de inyección de combustible usan inyectores para rociar el combustible

Elementos del sistema de inyección electrónica

Sensores

Actuadores

Unidad de control electrónico



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sensor CKP

El CKP es utilizado por el ECM para determinar la posición del cigüeñal, junto con la posición exacta de los pistones en el motor



Sensor IAT



El sensor de temperatura del aire, su función es compensar las lecturas del flujo de aire; esto se realiza en función de la temperatura de aire que ingresa al múltiple de admisión.

Sensor ECT

Las señales del sensor de temperatura del refrigerante se usan primeramente para compensar el volumen del combustible durante el calentamiento



Sensor TPS



Es un sensor que se utiliza para controlar la posición del acelerador de un vehículo



Sensor MAP



Se utiliza para medir la presión del colector, que informa a la ECU de la carga del motor, esta información es necesaria para calcular la cantidad de combustible a inyectar.

Inyectores



Se encarga de inyectar el combustible altamente presurizado en función de la señal generada por la unidad de control electrónico, se encuentra ubicado en el múltiple de admisión



Bomba de combustible



Se encarga de suministrar la cantidad adecuada de combustible a alta presión en los inyectores.



Riel de inyectores



Es un acumulador de presión, ubicado luego de la bomba de alta presión, en la cual se acumula una cierta cantidad de combustible a alta presión para suministrar a los inyectores

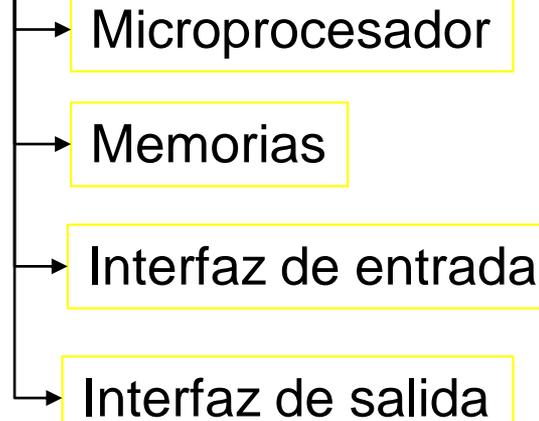


Unidad de control electrónico

Recibe datos de los sensores ubicados en todo el sistema.

Controla algunos o todos los sistemas eléctricos dentro del vehículo.

Estructura del hardware



Reprogramación de la ECU

Flasheo de memorias

Módulos programados a través de software para controlar los parámetros de la computadora

Reprogramación de una ECU estándar

La reprogramación se la realiza en el mapa original del vehículo, se modifican los parámetros de funcionamiento

Reprogramación de una ECU programable

Son utilizadas cuando se requiere hacer modificaciones al comportamiento del motor.



Tipos de ECU programables

Haltech



Motec



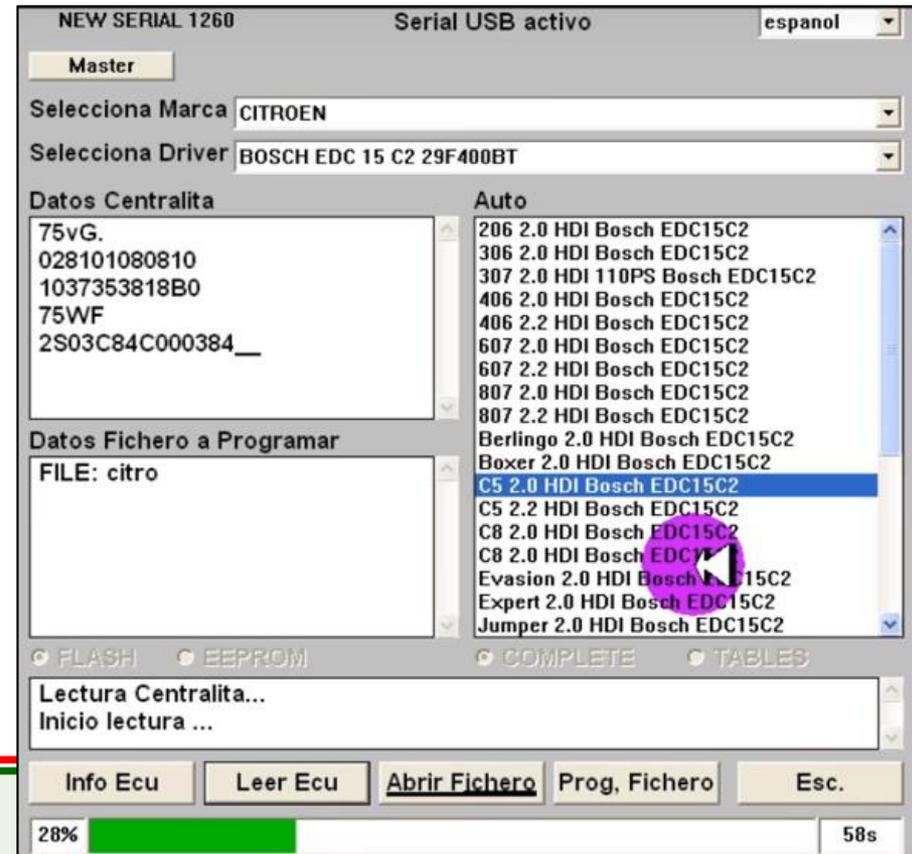
Microsquirt



Software de programación

Galletto 1260

El vehículo debe poseer una toma OBD2. Permite realizar varios manejos en un vehículo, tales como: Reinyección, rendimiento del vehículo, potencia, par, consumo.



Software de programación

ECM 2001

Es un software que sirve para leer y para modificar las características originales de la unidad de control electrónico del vehículo, en cuanto se refiere a los mapas de inyección, presión, turbo, EGR, par motor, etc.

ECM2001 for Windows - English (USA) - version 5.0 - NT/XP/2000 - DEMO VERSION

File Edit Options Utilities Help

Driver
File name: Browse
Description: Fam:

Original EPROM
File name: Browse
Description:

Modified EPROM
File name: Browse
Description:
Modified:

Adress Memo
File name: Browse
Description:

ALIEN TECH POWER GATE

ECM 2001

ALIENTECH srl
Via dei Cordari, 1
13039 TRINO - VC - ITALY
Tel. +390161801025 Fax +390161828967
www.alientech.to



Software de programación

Tunerstudio MS

Software oficial utilizado por MegaSquirt para realizar la instalación y modificación de la unidad de control electrónico. Opciones de programación y reprogramación de los parámetros de potencia del motor, consumo, encendido, pulsos de inyección, límite de revoluciones, etc.

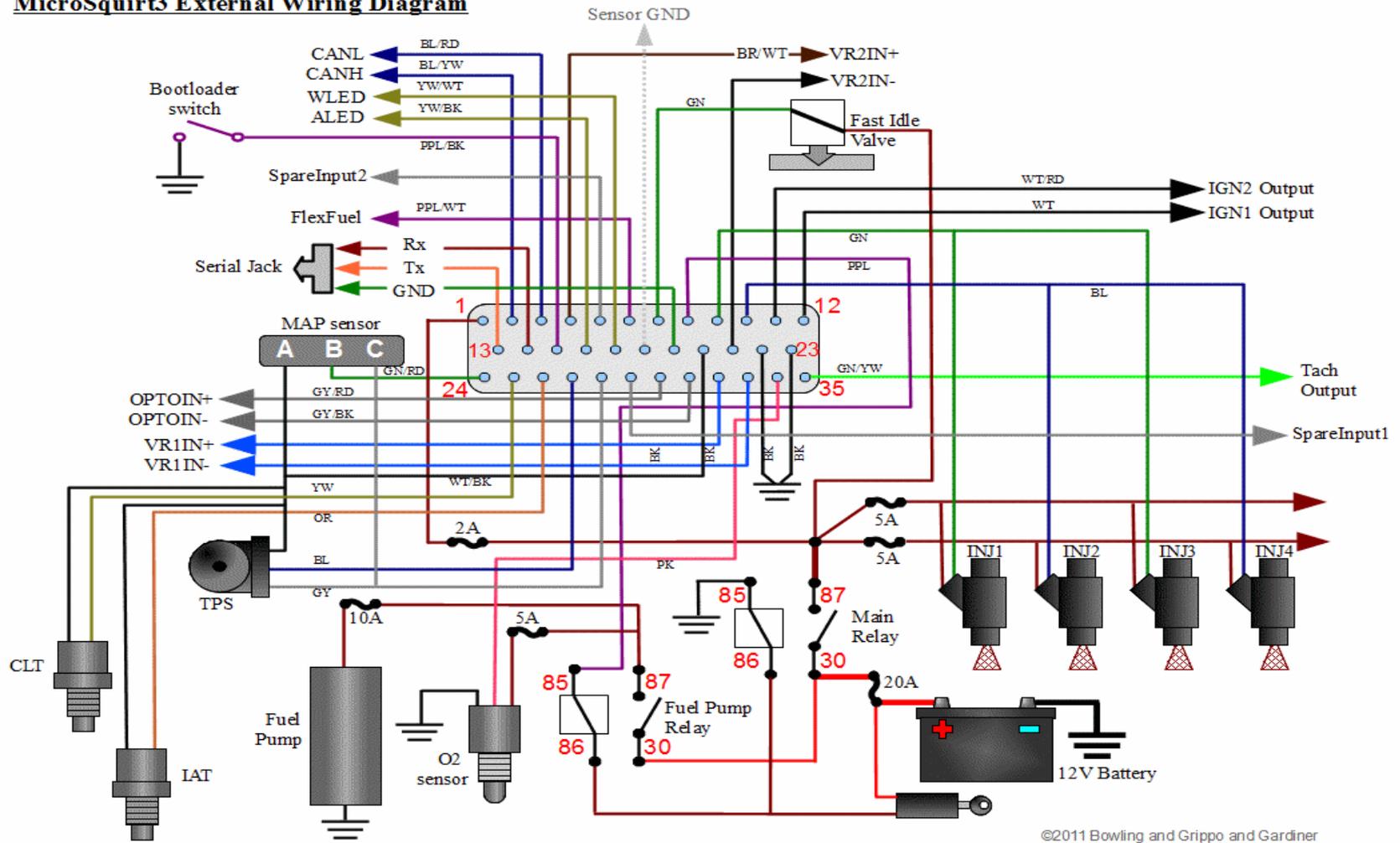


veTable1Tbl

	100.0	88.8	92.5	95.7	98.2	99.7	103.1	107.2	111.9	117.7	125.4	129.5	128.6	128.4	123.1	120.8	115.8
100.0	88.8	92.5	95.7	98.2	99.7	103.1	107.2	111.9	117.7	125.4	129.5	128.6	128.4	123.1	120.8	115.8	
96.0	84.8	90.8	94.5	96.3	96.6	101.0	104.6	108.0	114.4	121.2	124.9	124.3	118.6	113.9	111.2	104.6	
92.0	78.4	87.6	91.3	91.5	91.0	92.1	96.4	103.6	111.5	116.2	118.4	118.1	115.0	111.0	108.2	99.4	
88.0	72.8	83.7	86.7	85.7	86.0	84.3	88.9	98.9	108.1	111.8	113.1	112.9	112.2	109.4	107.2	97.6	
80.0	64.8	75.1	78.0	74.0	78.4	75.5	79.0	88.8	99.8	104.8	106.5	105.7	105.0	104.8	104.8	98.8	
76.0	59.2	64.2	66.6	68.1	71.3	72.5	76.3	83.2	94.2	98.2	99.3	98.3	95.2	94.0	93.6	84.0	
73.0	52.6	59.5	63.6	66.0	68.4	70.9	74.2	79.3	90.0	94.0	94.5	92.5	89.8	87.6	86.4	80.0	
69.0	43.8	54.9	61.7	65.2	66.5	69.1	71.4	74.6	84.6	88.7	88.6	85.3	84.6	82.1	80.0	78.8	
65.0	39.8	48.4	57.9	65.0	65.7	67.8	68.8	70.4	79.2	82.6	82.5	80.0	82.2	81.7	80.8	78.8	
62.0	39.8	43.3	52.1	61.3	63.8	66.4	66.9	67.5	77.2	80.4	79.5	75.8	78.0	77.5	76.6	75.2	
58.0	38.8	38.9	45.9	55.3	60.7	64.1	64.2	63.9	73.3	76.7	75.2	70.2	72.4	72.1	71.4	70.0	
54.0	36.0	37.3	42.1	49.2	57.3	61.7	61.8	60.7	68.7	72.6	71.1	65.2	66.9	66.9	66.4	64.6	
51.0	33.6	36.7	41.0	46.8	54.9	60.5	60.8	58.9	66.9	70.8	69.1	62.6	63.1	62.7	62.2	61.0	
44.0	33.4	36.5	40.0	44.4	49.0	53.5	54.2	53.5	62.0	64.2	61.1	54.0	54.0	53.5	53.0	52.0	
40.0	33.8	36.0	39.6	43.4	45.6	49.1	50.0	50.4	59.2	60.2	56.1	48.8	48.8	48.3	47.8	46.8	
25.0	30.8	31.5	36.5	41.8	41.8	41.1	39.6	37.9	38.7	37.0	33.5	28.7	28.0	27.8	27.8	26.8	
rpm	800	1020	1240	1480	1773	2133	2500	2853	3146	3800	4533	5233	5600	6020	6300	7000	

Implementación de los componentes del sistema de inyección

MicroSquirt3 External Wiring Diagram



Implementación de sus componentes.



1

MicroSquirt



2

Bobinas



3

Sensor TPS



4

Sensor MAP



5

Sensor ECT



6

Sensor IAT



7

Rueda Fónica



8

Sensor CKP



9

Cuerpo de Aceleración



10

Múltiple de Admisión



11

Riel de inyectores



12

Inyectores

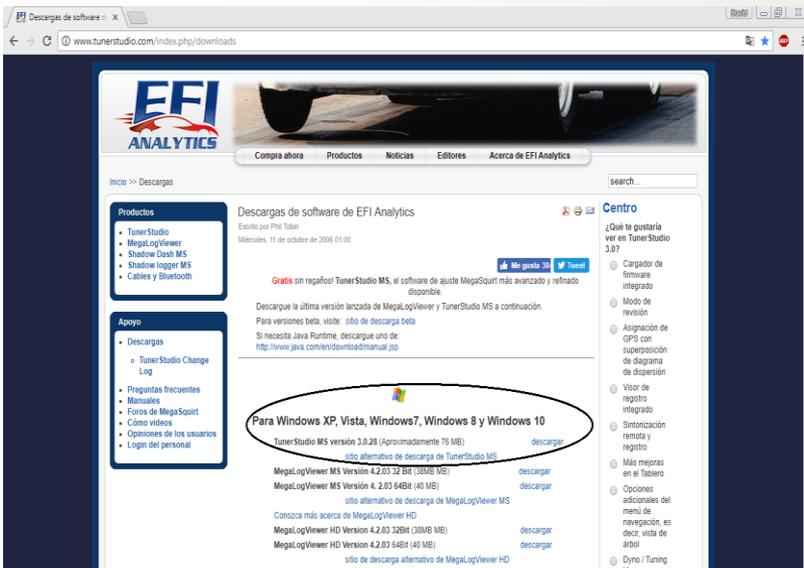


13

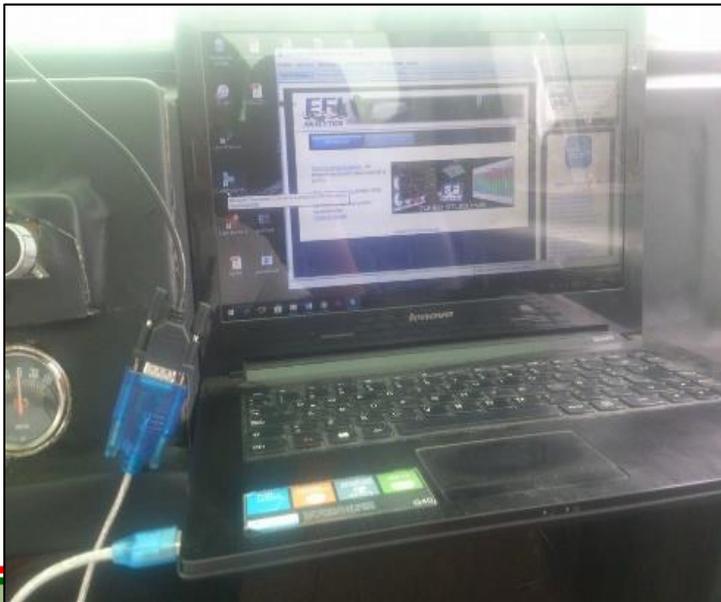
Bomba de combustible

Procedimiento de instalación del software





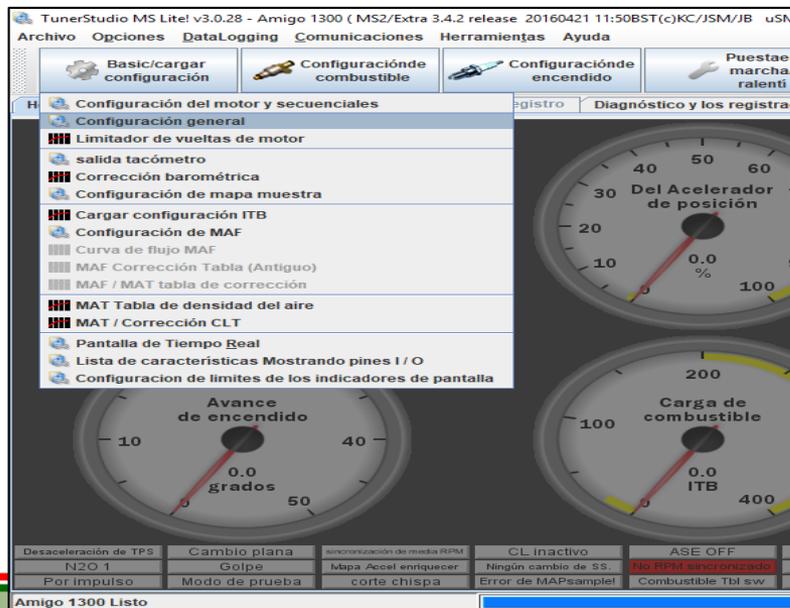
Descargar software (TunerStudio MS)



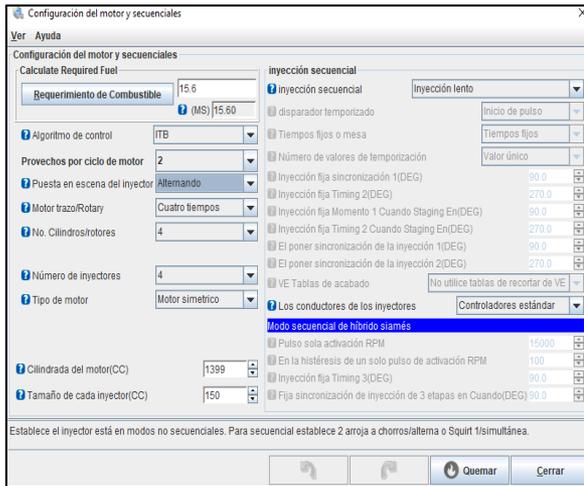
Conexión de laptop con ECU.



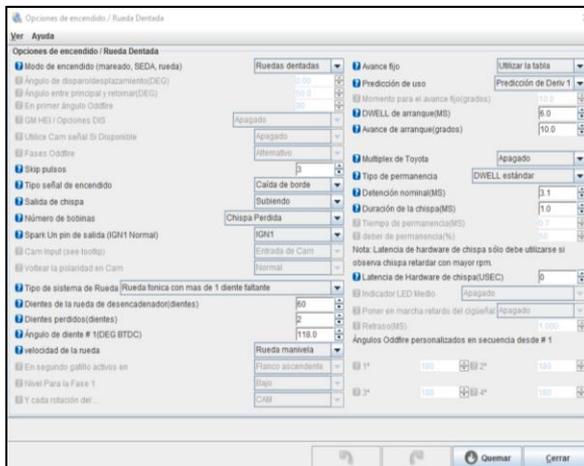
Abrir nuevo proyecto en TunerStudio MS



Configuración de datos de motor.



Parámetros de inyección



Configuración de rueda fónica

Mapas de la computadora

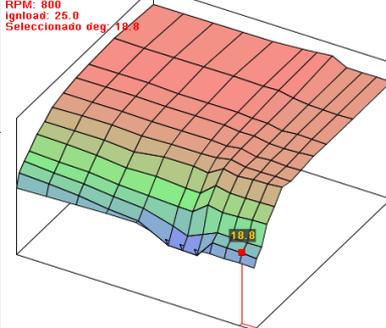


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Primer mapeo de la computadora.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



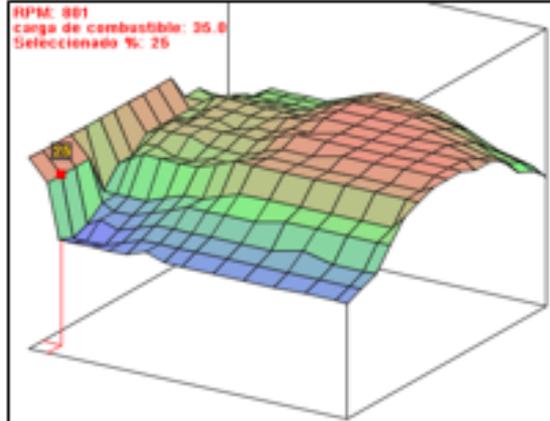
lapa

Descripción

imagen

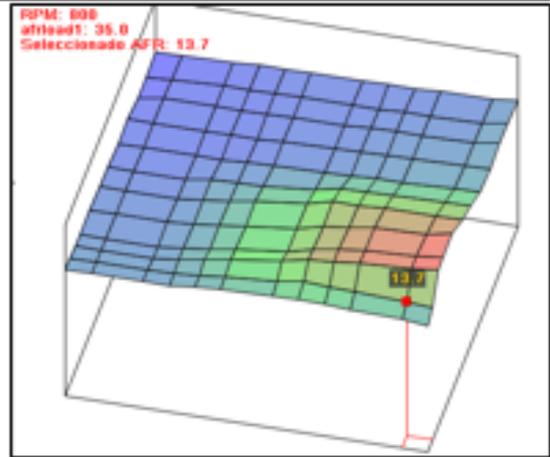
bustible

Se detalla la carga de combustible en un 53%, óptimo para el motor



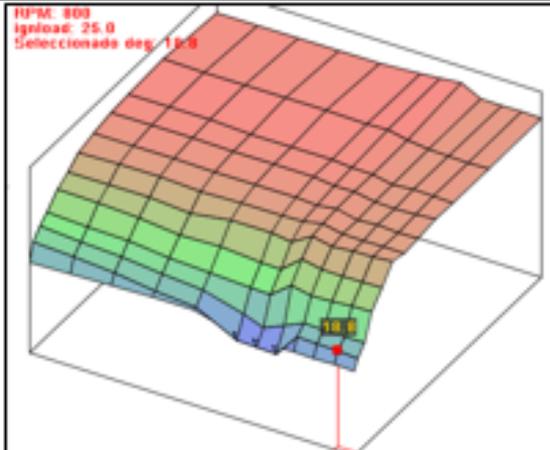
AFR

Bajo la reprogramación realizada en carretera se consiguió un mapa de 35% de AFR, que brindo un buen desempeño para el motor



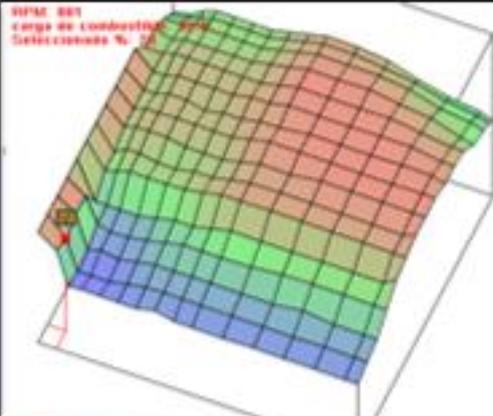
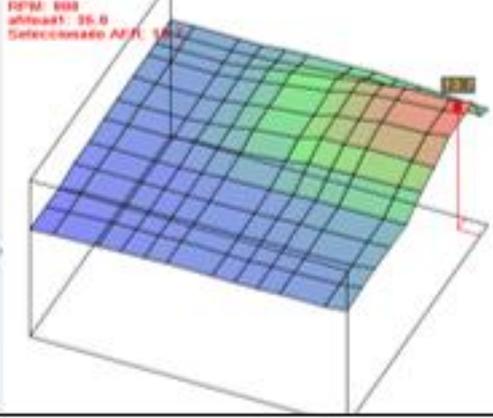
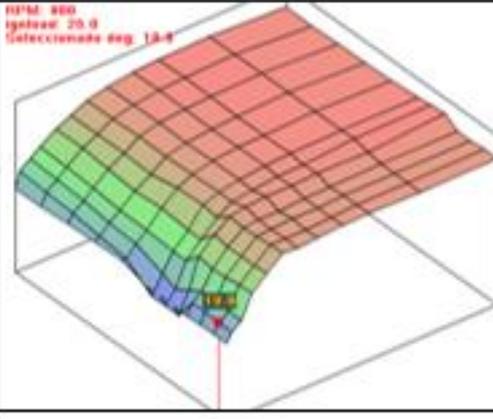
Encendido

Se buscó generar un mapa con un alto índice de potencia que brinde un buen desempeño para el motor.

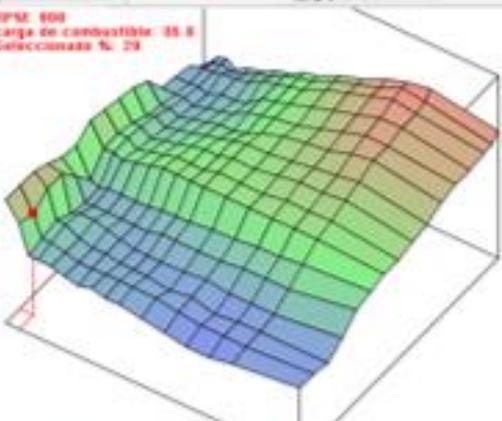
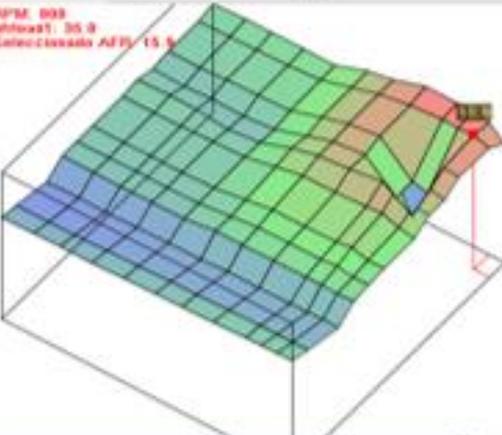
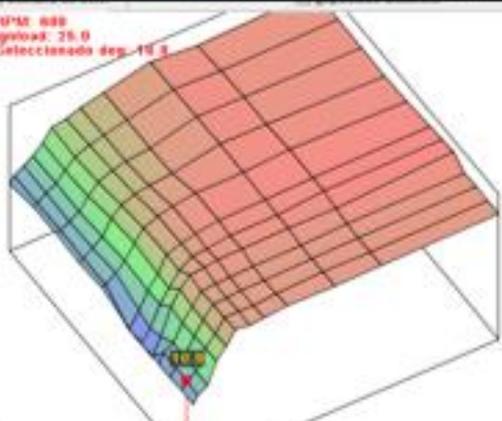


Segundo mapeo de la computadora.



Mapa	Descripción	imagen
Combustible	Se detalla la carga de combustible elevada en función de la potencia requerida.	 <p>RPPL: 800 Carga de Combustible: 2000 Seleccionado %</p>
AFR	Se destaca un flujo de aire de 15.9 óptimo para el motor.	 <p>RPPL: 800 AFR: 15.9 Seleccionado AFR: 15.9</p>
Encendido	El mapa destaca un índice aceptable para el desempeño del motor.	 <p>RPPL: 800 Índice: 25.0 Seleccionado deg: 13.4</p>

Tercer mapeo de la computadora.

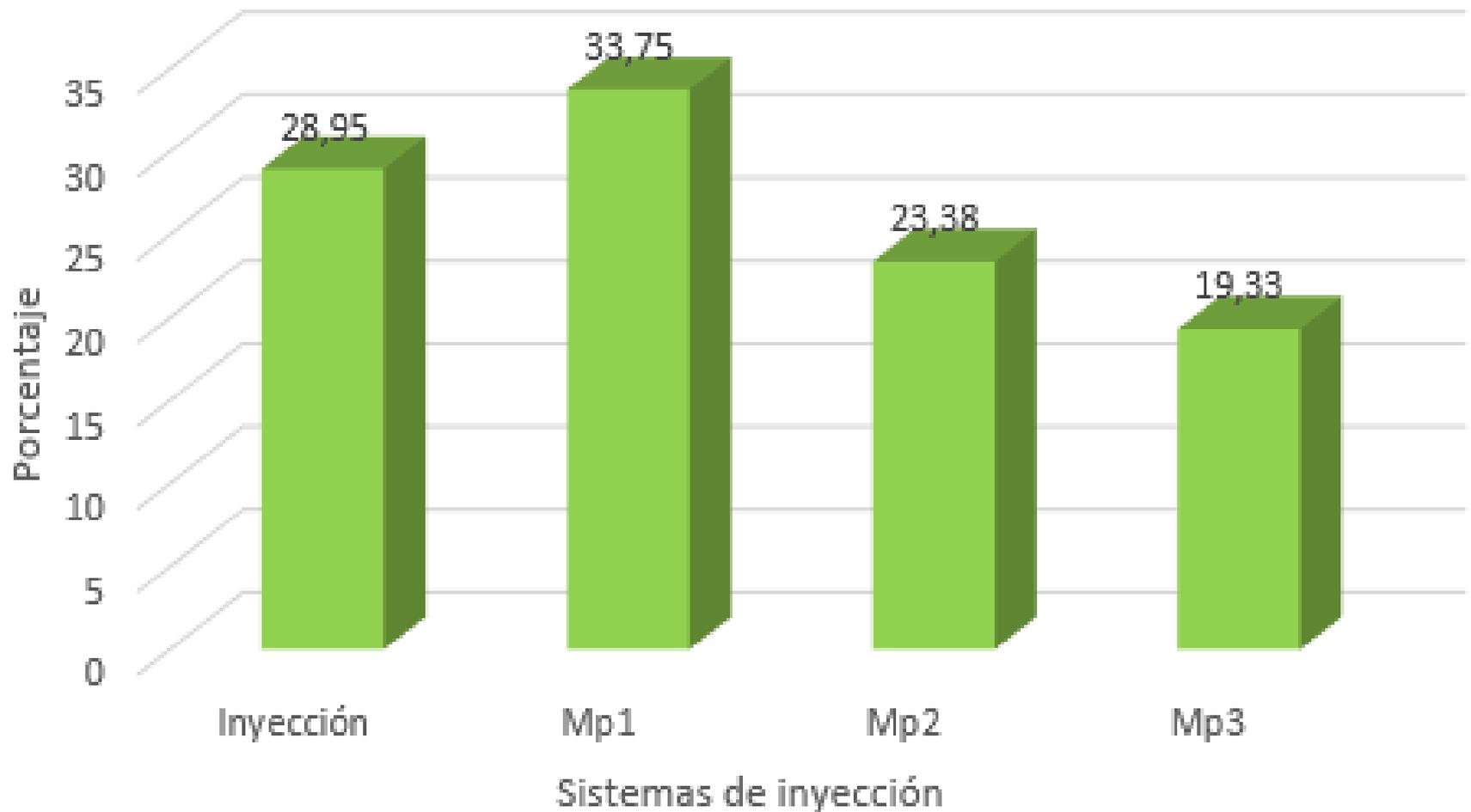
Mapa	Descripción	imagen
Combustible	Se detalla la carga de combustible de forma equitativa en todo el rango de funcionamiento del motor.	 <p>RPM: 600 Carga de combustible: 35.0 Seleccionado %: 29</p>
AFR	Se destaca un flujo de aire de 14.9 óptimo para el desempeño del motor.	 <p>RPM: 600 airflow: 35.0 Seleccionado AFR: 14.9</p>
Encendido	Se destaca un mapa eficiente pero con un menor desempeño, a comparación de los otros mapeos.	 <p>RPM: 600 ignitad: 25.0 Seleccionado deg: 19.5</p>

Análisis comparativo de pruebas dinámicas de desempeño, consumo y emisiones de gases contaminantes

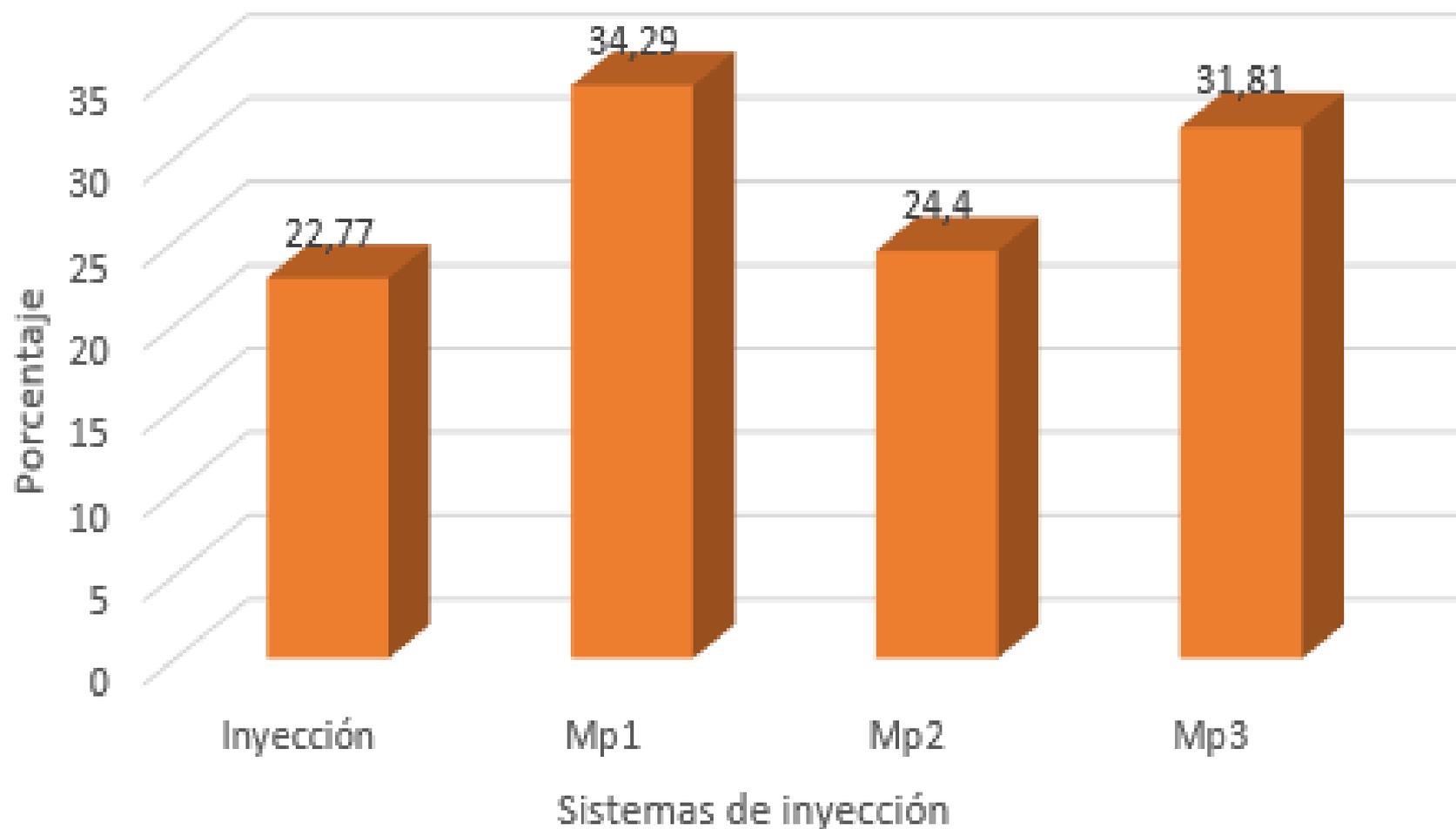


Análisis comparativo del potencia y torque

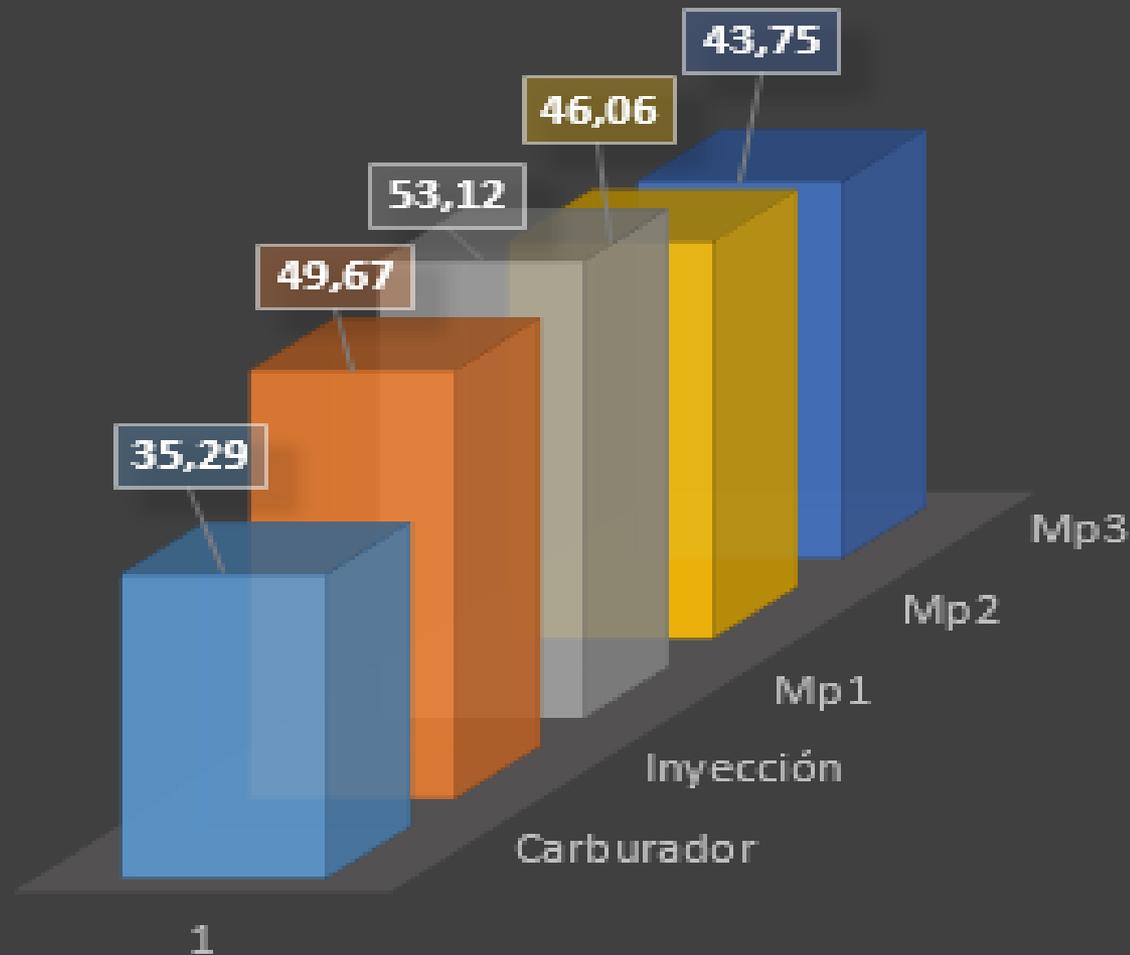
Ganancia neta potencia



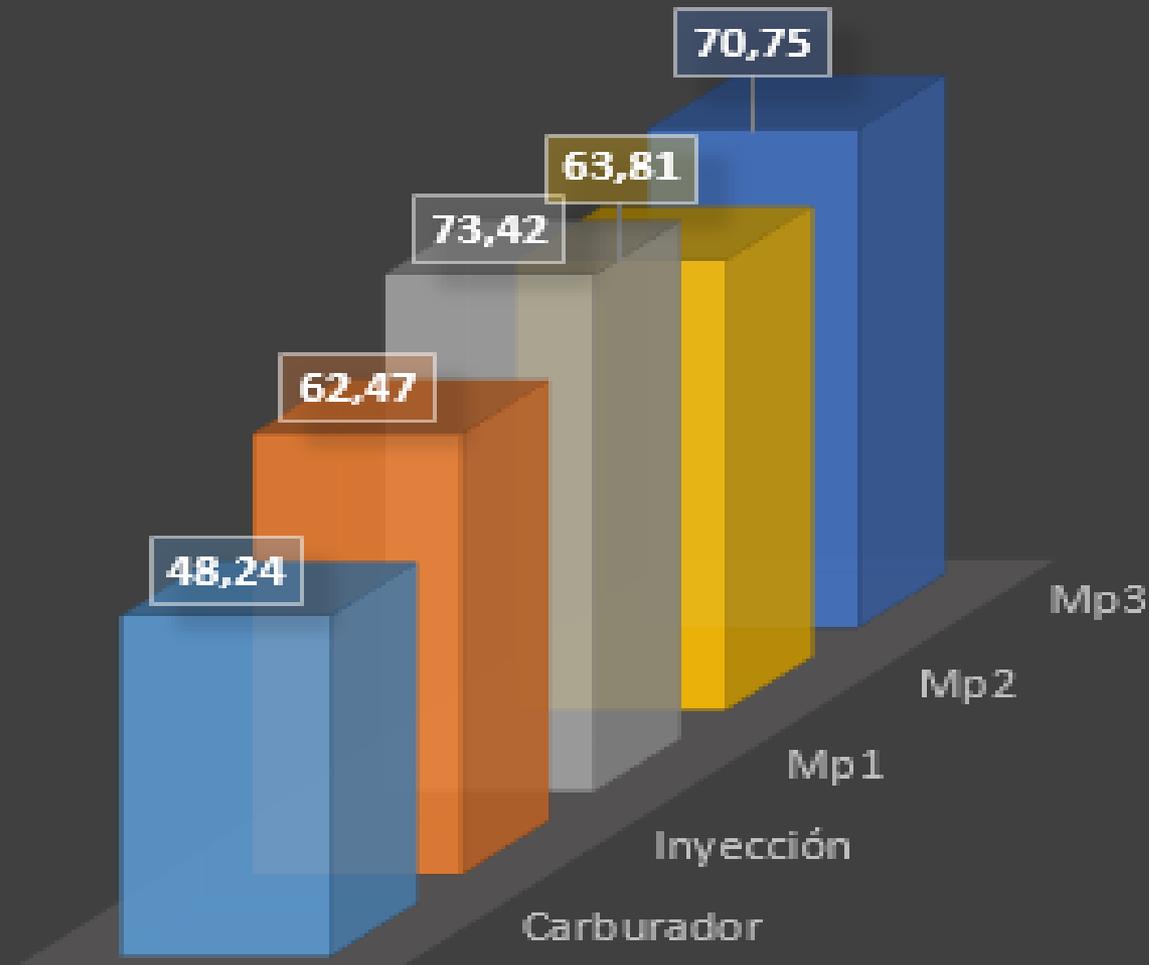
Ganancia neta torque



COMPARACIÓN POTENCIA



COMPARACIÓN TORQUE



Análisis comparativo del consumo de combustible

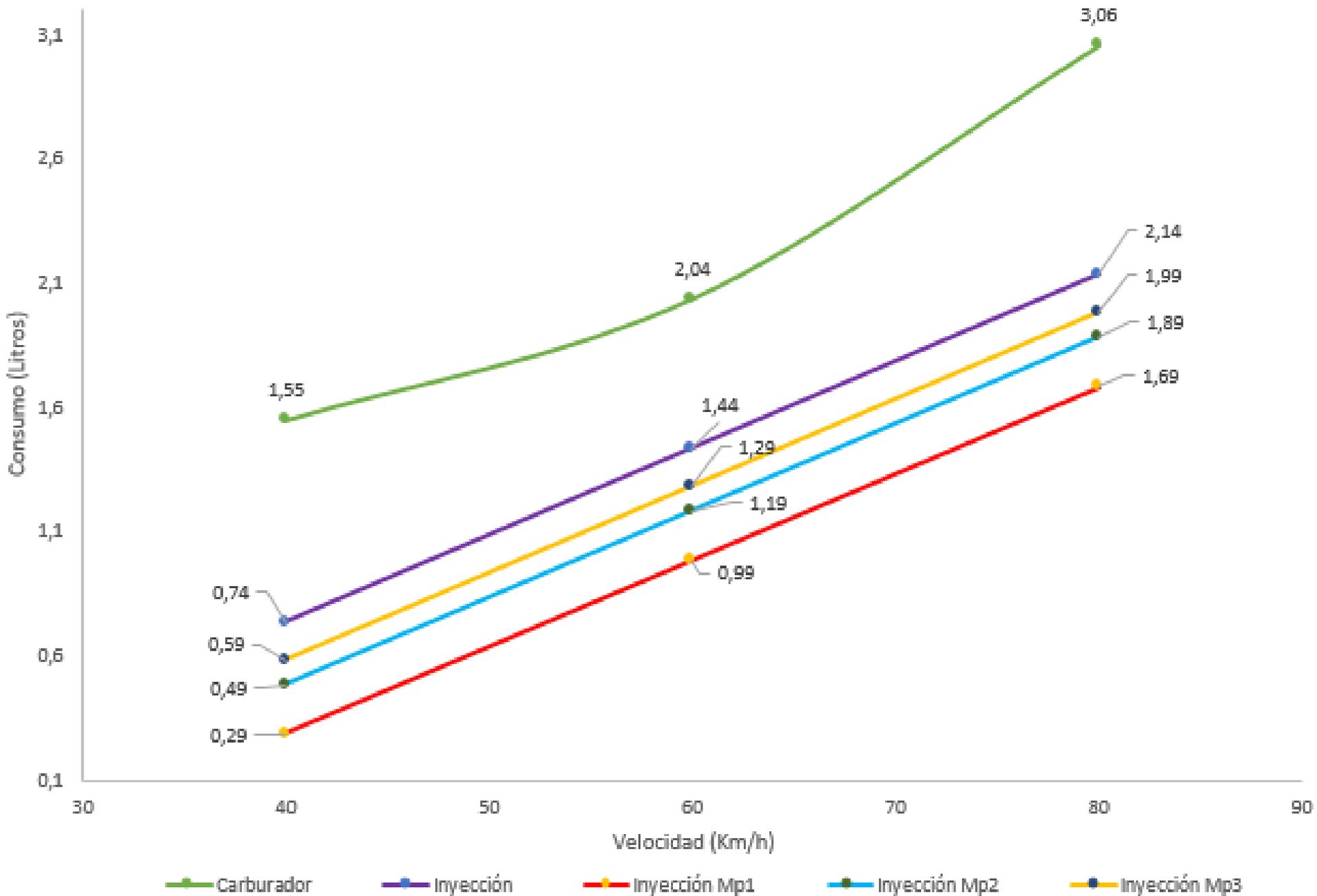


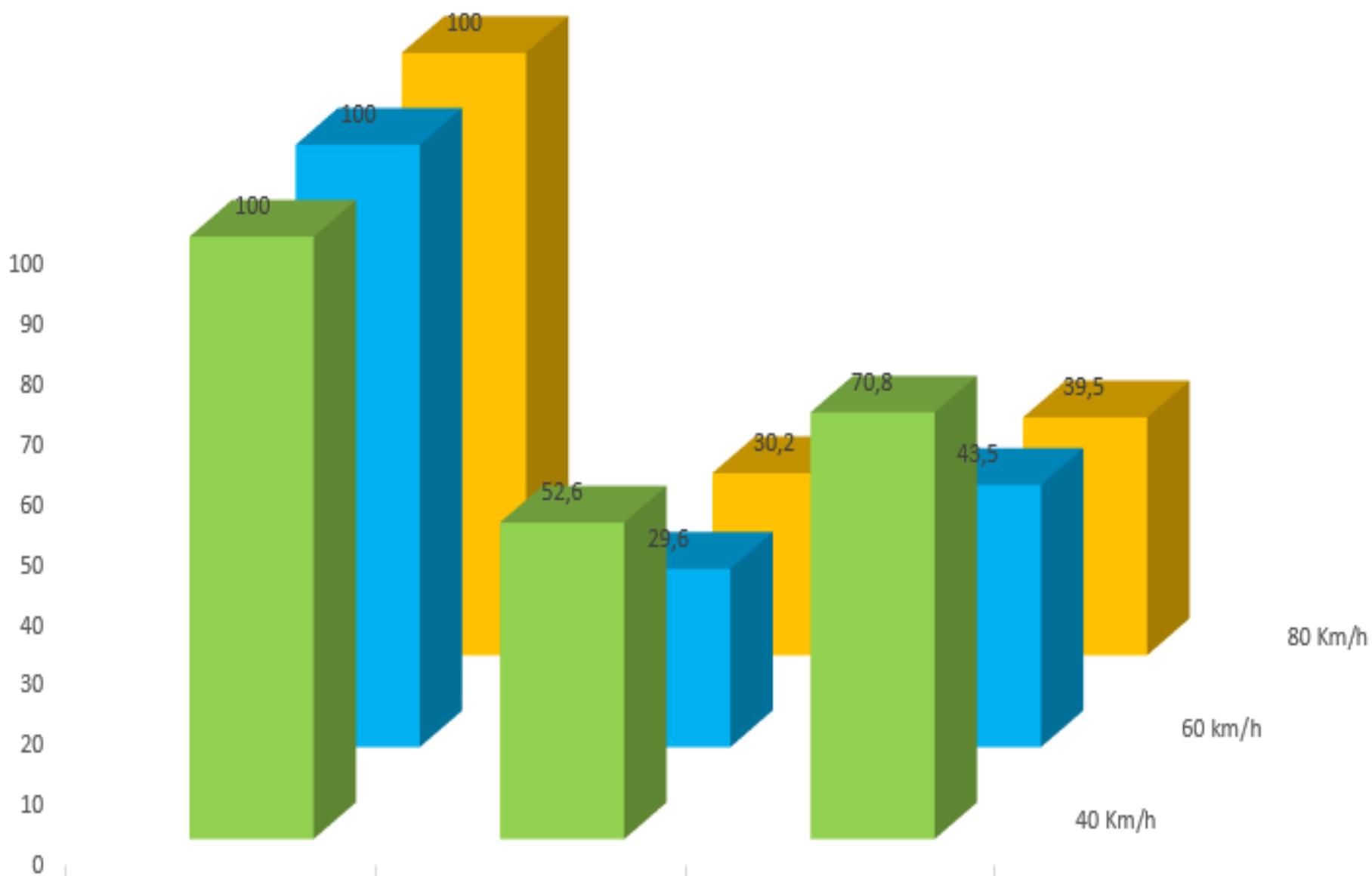
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Consumo (Litros)						
Velocidad (Km/h)	Recorrido (Km)	Carburador	Inyección	Inyección Mp1	Inyección Mp2	Inyección Mp3
40	20	1,55	0,74	0,29	0,49	0,59
60	20	2,04	1,44	0,99	1,19	1,29
80	20	3,06	2,14	1,69	1,89	1,99

Disminución de combustible						
Velocidad (Km/h)	Carburador		Inyección		Reprogramación	
	Litros	%	Litros	%	Litros	%
40	1,55	100	0,81	52,6	1,10	70,8
60	2,04	100	0,60	29,6	0,89	43,5
80	3,06	100	0,92	30,2	1,21	39,5
Promedio	2,22	100	0,78	37,47	1,06	51,28

Carburador vs Inyección





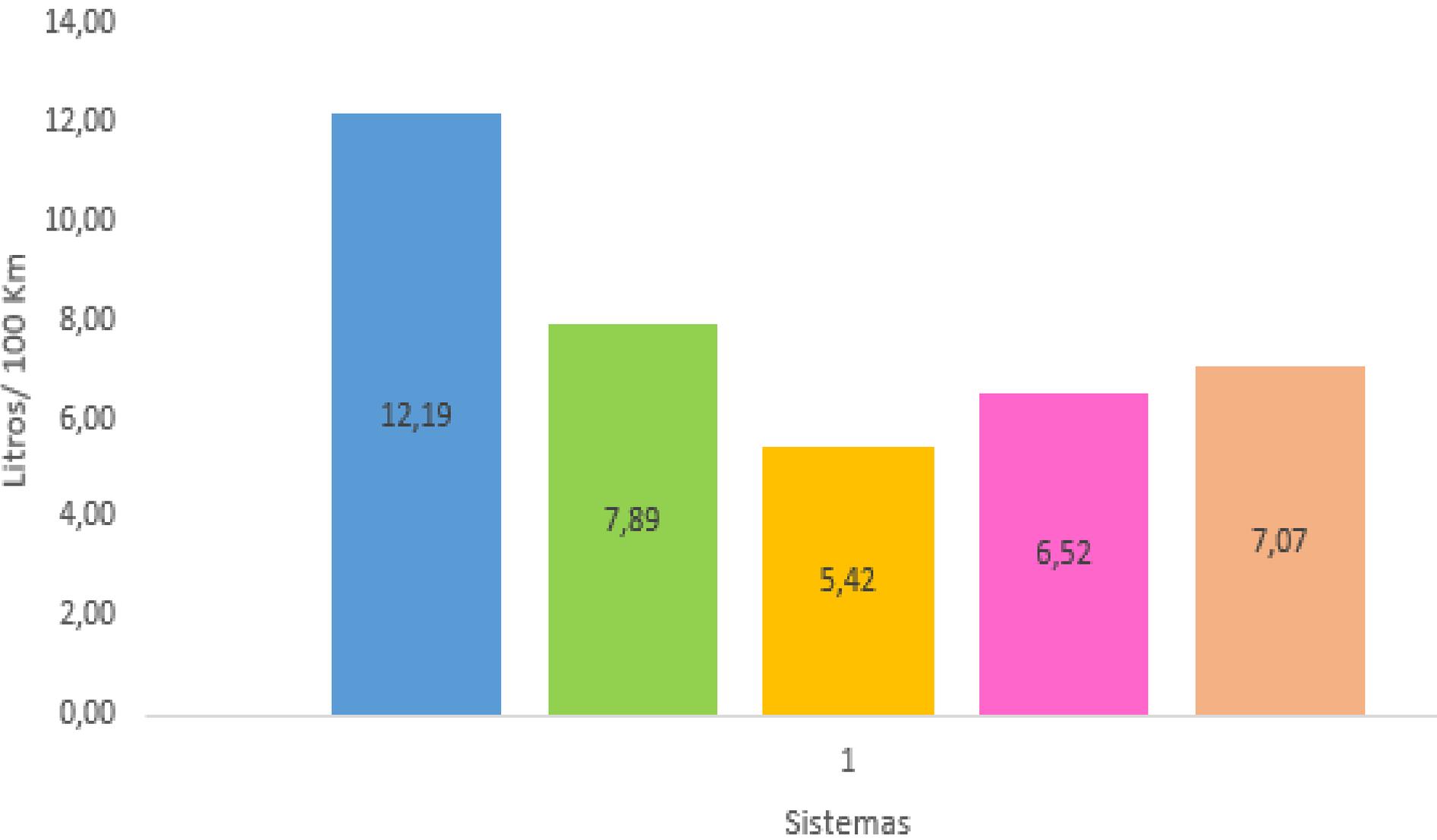
	Carburador	Inyección	Reprogramación
40 Km/h	100	52,6	70,8
60 km/h	100	29,6	43,5
80 Km/h	100	30,2	39,5

El consumo de combustible según la norma DIN 70 030-2 establece que resultado de la prueba se exprese en el volumen de combustible consumido en litros por cada 100 Km.

	Litros / 100 Km
Carburador	12,19
Inyección	7,89
Mapeo 1	5,42
Mapeo 2	6,52
Mapeo 3	7,07



Consumo DIN 70 030-2



■ Carburador ■ Inyección ■ Inyección Mp1 ■ Inyección Mp2 ■ Inyección Mp3

Análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes

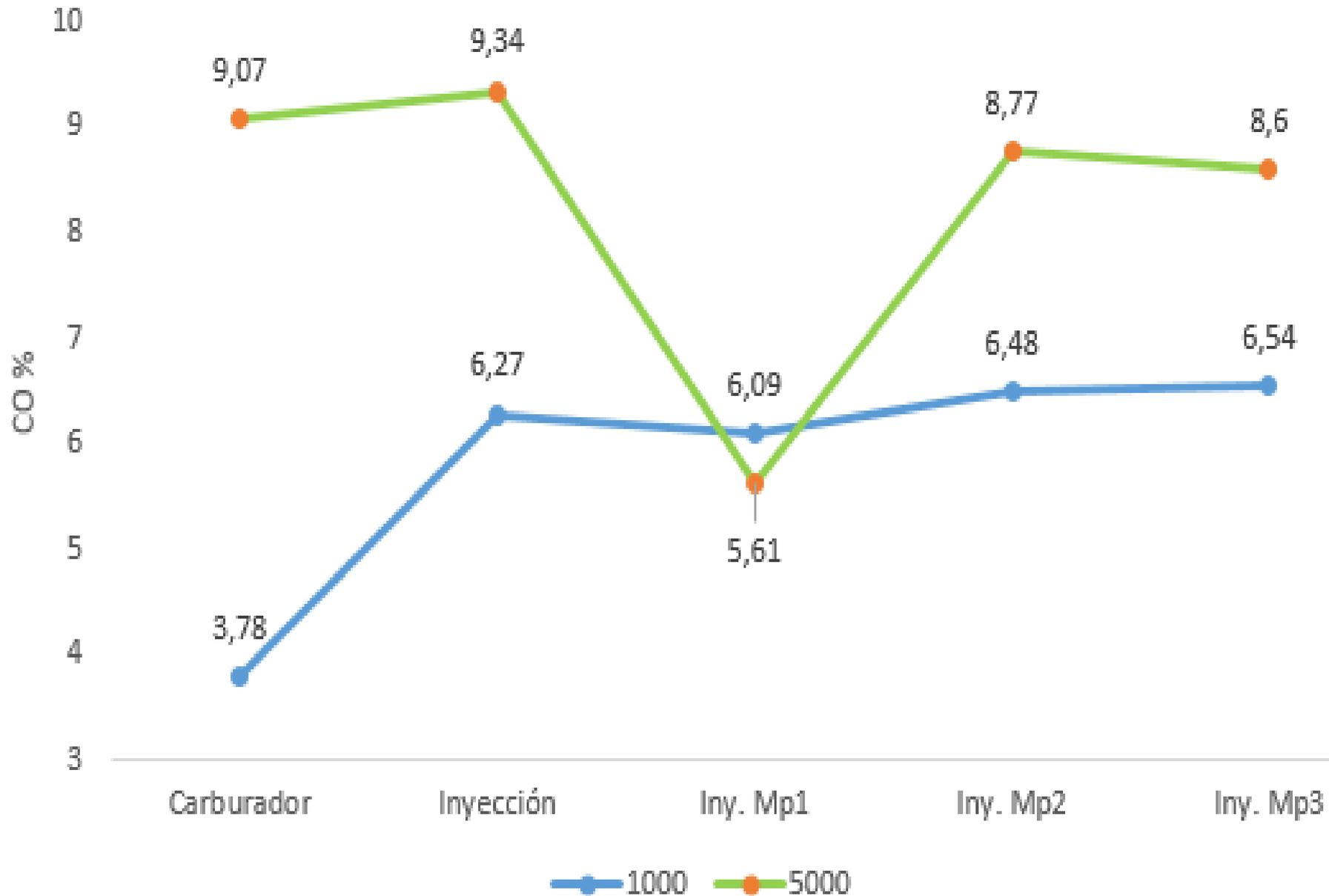


Procedimiento establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2 203:2000, y regidos por los límites máximos de emisiones contaminantes, descritos en la norma NTE INEN 2 204:2002

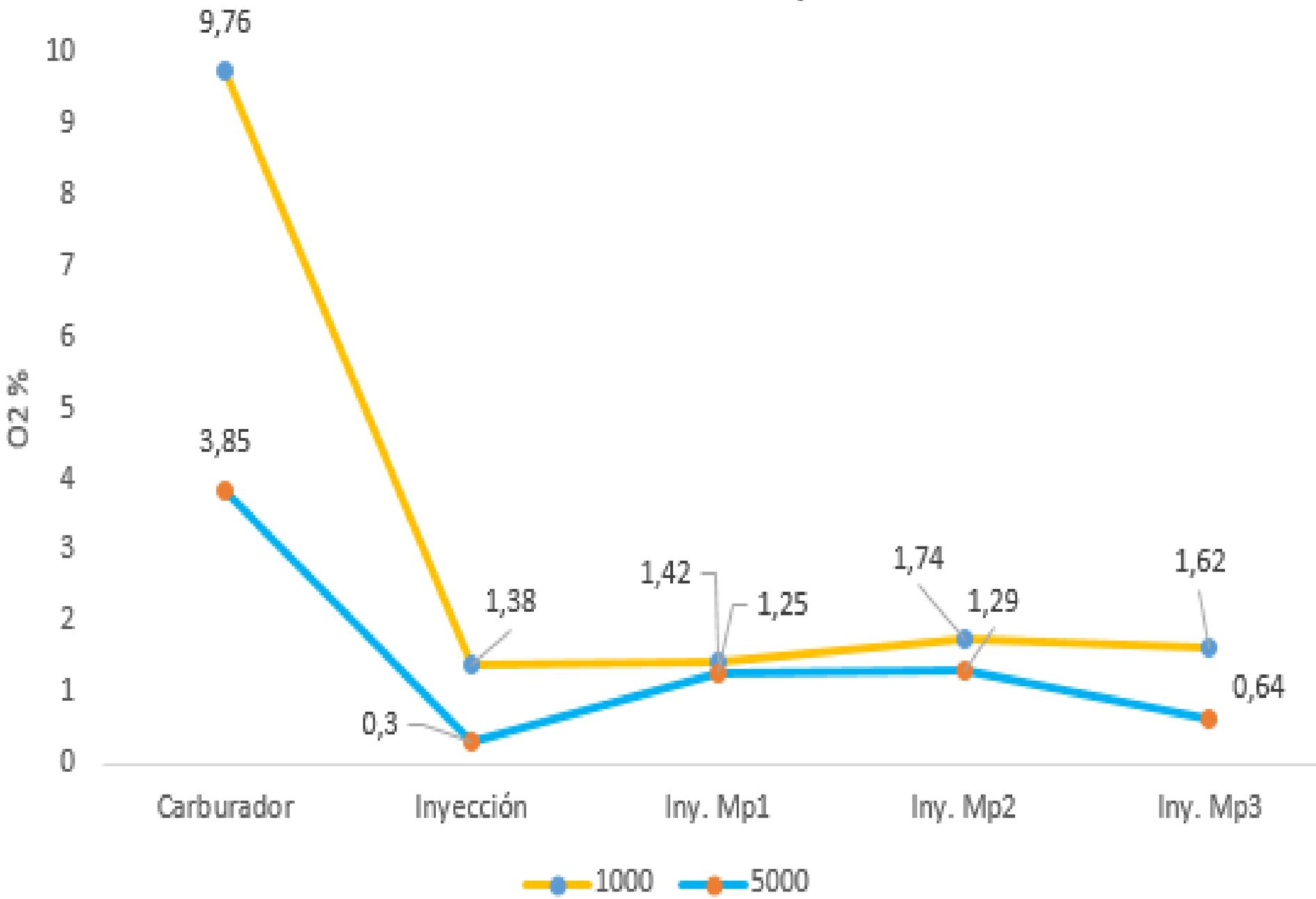
Año modelo		% CO		Ppm HC		% O2	% CO2
		0 – 1500 cc	1500 – 3000 cc	0 – 1500 cc	1500 – 3000 cc	0 – 3000 cc	0 – 3000 cc
2000 posteriores	y	1,0	1,0	200	200	1	7
1990 a 1999		3,5	4,5	650	750	1	7
1989 anteriores	y	5,5	6,5	1000	1200	3	7

Norma: NTE INEN 2 204:2002

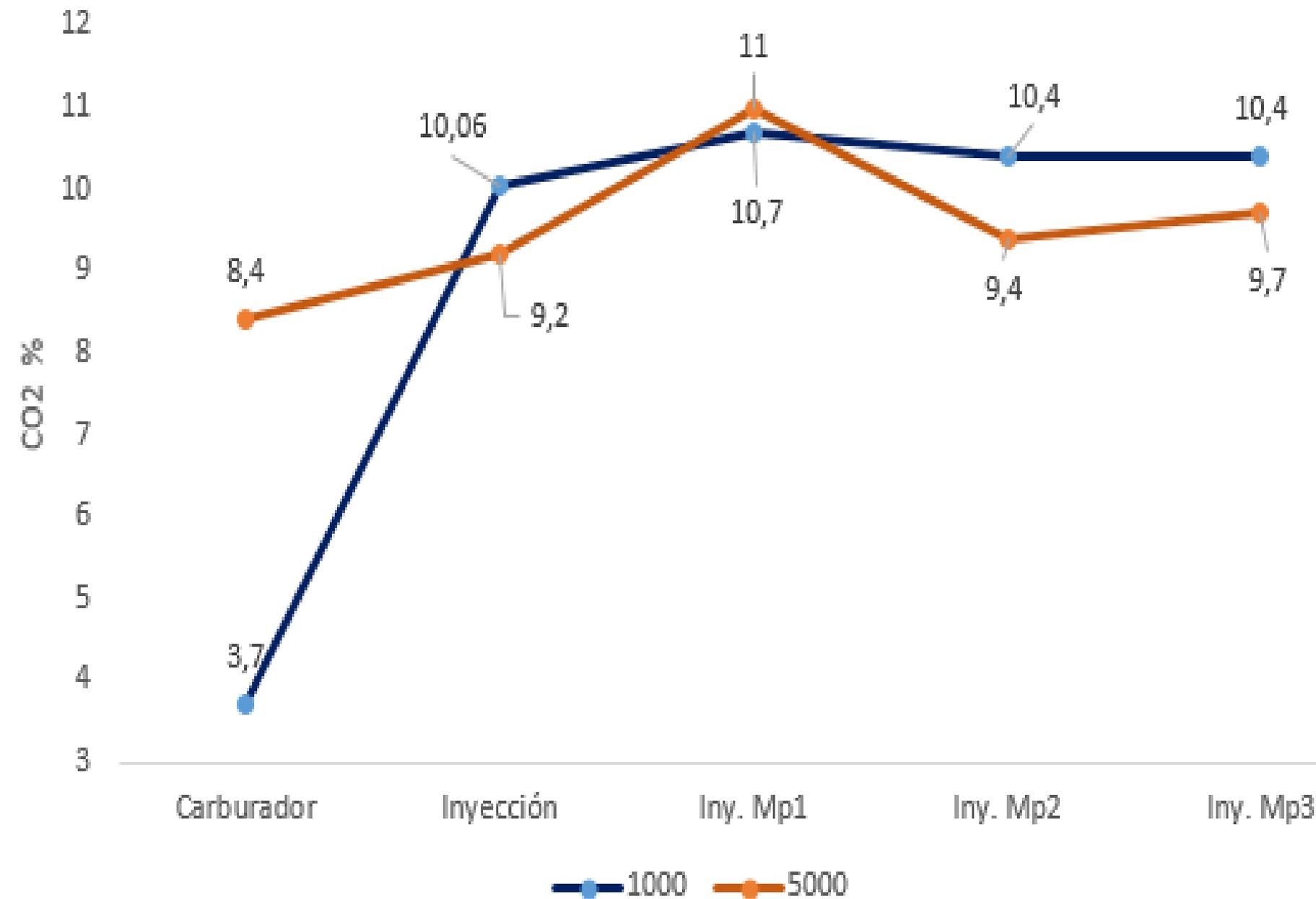
CO % Carburador vs Inyección



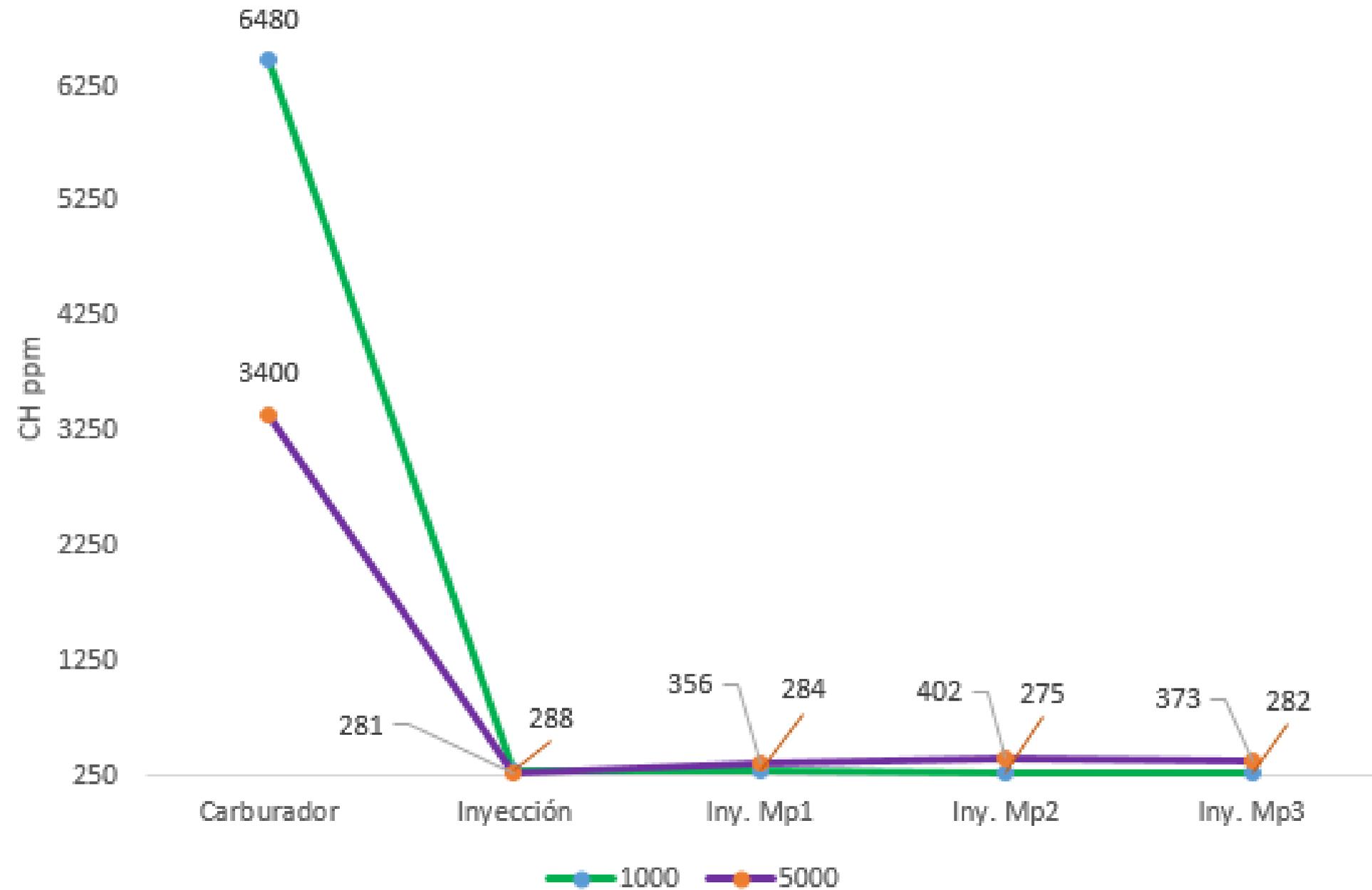
O2% Carburador vs Inyección



CO2% Carburador vs Inyección



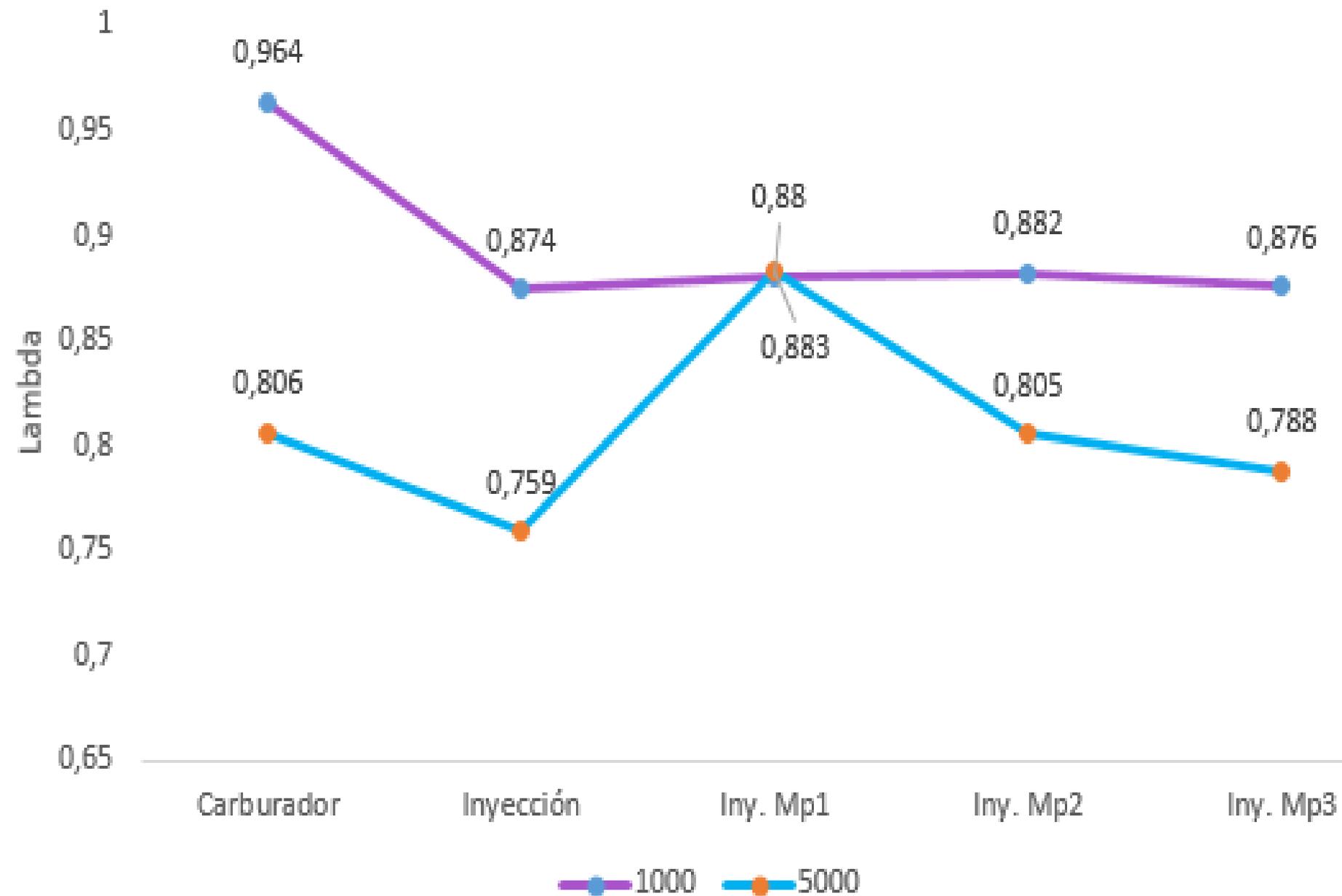
HC ppm Carburador vs Inyección



El factor lambda establece que la mezcla ideal de la relación aire combustible debe ser de 14,7:1, por lo que si el factor lambda es igual a 1 se trata de un valor ideal, si es mayor a 1 se refiere a una mezcla pobre y si el factor es menor a 1 es una mezcla rica



Lambda Carburador vs Inyección



CONCLUSIONES

- Con el sistema de inyección electrónica multipunto y su computadora modificada a través de software, la potencia se incrementó un 27,30 %, en un rango de 35,29 Hp con carburador a 53,13 Hp en inyección. Se incrementó el torque en 28,17 %, habiendo sido en carburador 48,24 ft-lb hasta un rango de 73,42 ft-lb a inyección.
- Luego de la implementación del sistema de inyección multipunto y una vez realizada la reprogramación hubo una reducción de las emisiones de gases contaminantes en un 20,34 %, lo que es un factor importante ya que se encuentra próximo a cumplir con los límites establecidos en la norma NTE INEN 2 204:2002.

- Una vez realizado la conversión de carburador a inyección, y luego de haber reprogramado la ECU se evidenció que el consumo de combustible se redujo en un 44,37 %, según la norma DIN 70 030-2 el consumo de combustible con el sistema a carburador fue de 12,19 litros/100 Km mientras que con la inyección MPFI se redujo a 6,72 litros/100 Km.
- Se obtuvieron tres modelos de reprogramaciones aplicables en el motor J14F003885 a inyección, los que en parámetros de potencia, torque, consumo de combustible y emisión de gases presentan un mejor rendimiento que cuando estuvo a carburador.
- Tras haber reprogramado la ECU en el motor a inyección el rendimiento mecánico, térmico e indicado mejoró en un 11,16 %.



RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del motor, esto ayudará a obtener mejores resultados en futuras pruebas de desempeño del vehículo.
- Dar mantenimiento a los componentes eléctricos del sistema de inyección, ya que al trabajar con voltajes podría producir un cortocircuito en el sistema que afectaría al desempeño de los sensores y actuadores.
- Manipular la unidad de control electrónico con precaución, esta al ser una computadora programable puede llegar a perder los mapeos establecidos para su funcionamiento.



- Antes de realizar alguna modificación al software de la Microsquirt se debe tener la ficha técnica del motor, sus datos son el primer paso para establecer las características de funcionamiento de la computadora.
- Toda reprogramación se la debe realizar en un banco de pruebas, como el dinamómetro, para altas revoluciones; mientras que la prueba de ruta es necesaria para configurar el mejor desempeño del motor en bajas revoluciones.
- Verificar que la mezcla aire combustible sea la adecuada si no se quiere desperdiciar el consumo de combustible, esta debería ser la mezcla ideal de 14,7:1.

