



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Automotriz

**Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de
Ingeniero Automotriz**

**Tema: “Análisis de la Autonomía del Prototipo del Vehículo Táctico
Militar”**

Autores:

Guasumba Amagua, Edison Patricio y Martínez Murillo, Jefferson Fabricio

Tutor:

Msc. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

Latacunga, Febrero 2024

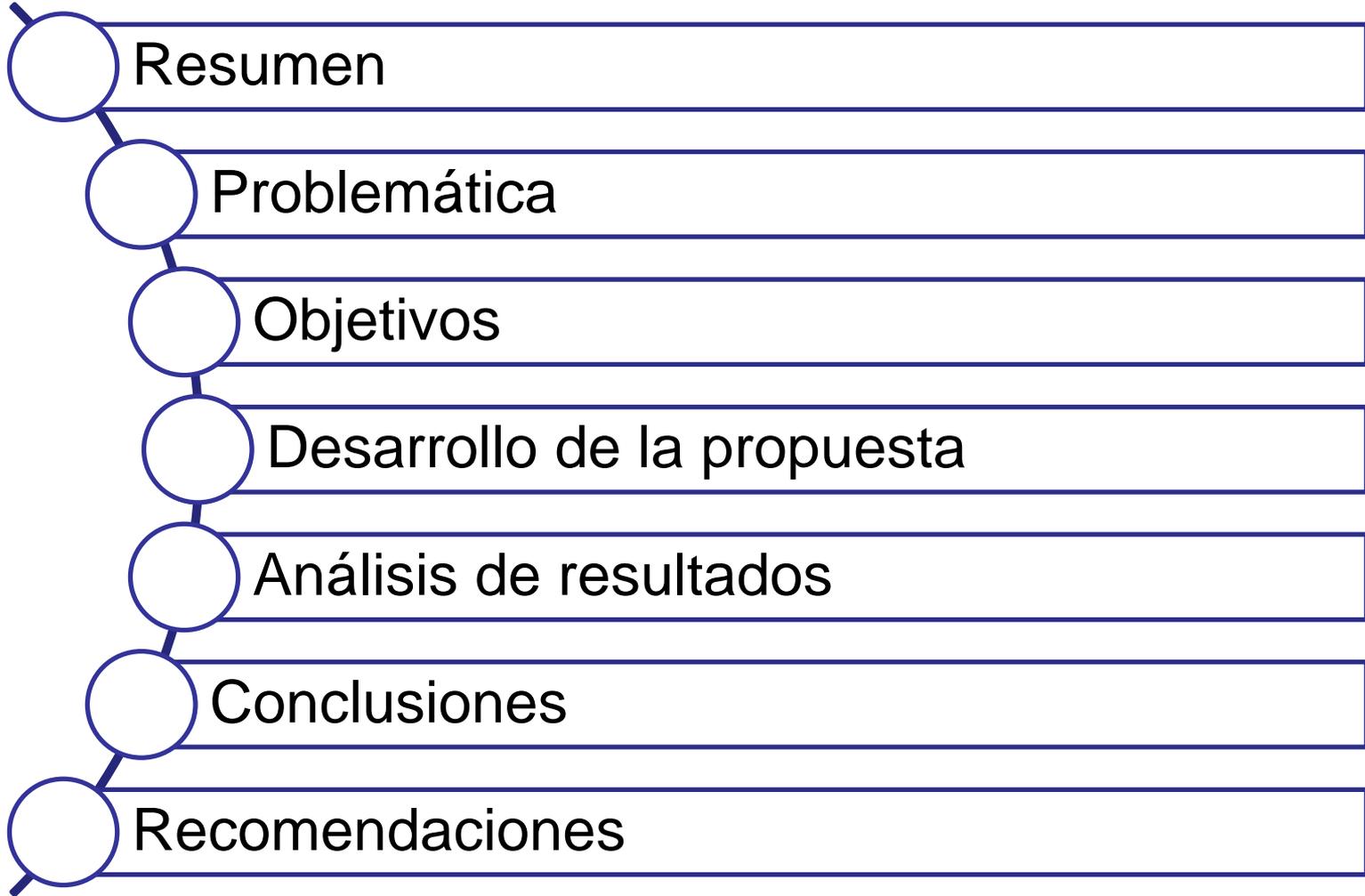


“El talento te da la oportunidad de destacar, pero solo la perseverancia te hace campeón”

Sebastian Vettel



Contenido



Resumen



Se analizó las prestaciones iniciales del motor

- Se obtuvo el rendimiento de combustible.
- Se realizó una prueba dinamométrica.



Se propuso otra fuente de alimentación

- Se implementa un sistema de alimentación de inyección electrónica programable



Se analizó los resultados con la nueva fuente de alimentación

- Se obtuvo el rendimiento de combustible
- Se realizó una prueba dinamométrica.



Antecedentes



Motor con sistema de alimentación a carburador



Alto consumo de combustible del prototipo de vehículo táctico militar



Los sistemas de inyección de combustible siguen en desarrollo.



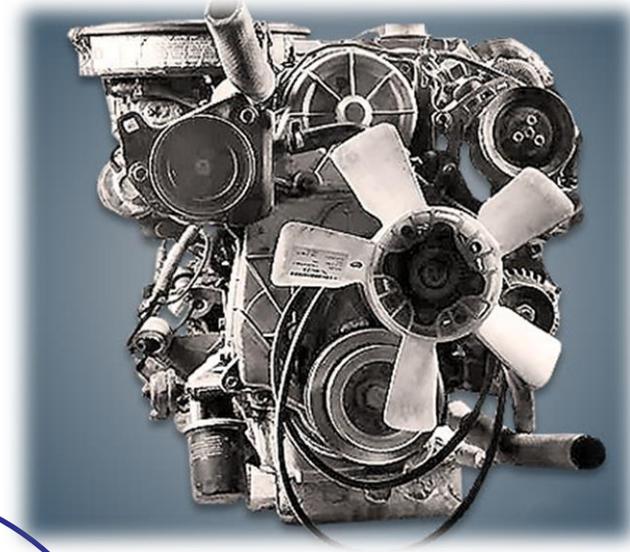
Planteamiento del problema



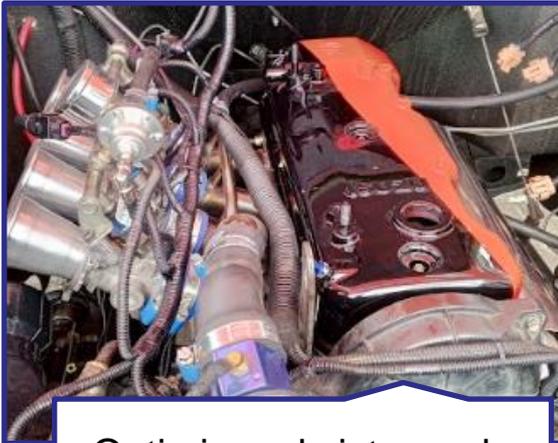
Los costos de los combustibles son cada vez más altos

Pruebas de ruta para evaluar el consumo de combustible

El motor del prototipo posee un alto consumo de combustible



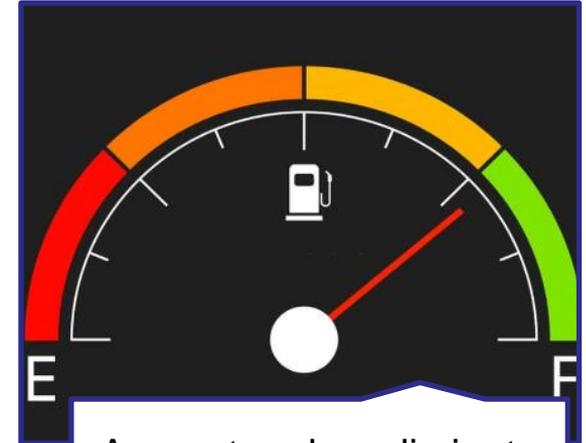
Justificación, importancia y alcance



Optimizar el sistema de alimentación



Contribuir con información para futuras investigaciones.



Aumentar el rendimiento de combustible



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivos del proyecto

Objetivo general

- Analizar el consumo de combustible del prototipo de vehículo táctico militar y la implementación un sistema de alimentación que mejore su autonomía.

Objetivos específicos

- Analizar en consumo de combustible del vehículo táctico con sistema de alimentación de carburador.
- Proponer otra fuente de sistema de alimentación para la propulsión del vehículo táctico.
- Implementar los componentes del sistema de alimentación a inyección en el flujo de aspiración del vehículo táctico.
- Analizar las prestaciones del vehículo táctico con la fuente de sistema de alimentación propuesta.



Hipótesis

“Al sustituir el sistema de alimentación de carburación del vehículo táctico por un sistema de inyección multipunto con cuerpo de aceleración independiente ITB “Intake Throttle Body” gestionado por una computadora programable, se logrará mejorar las prestaciones del vehículo tanto en autonomía, torque y potencia”



DESARROLLO DE LA PROPUESTA



Desarrollo de la propuesta



Prototipo de vehículo táctico militar

Especificación	Dato
Desplazamiento cc	2 255
Sistema de alimentación	carburador
Número de cilindros	4 L
Sistema de encendido	Distribuidor
Capacidad del depósito de combustible	80L

Motor 4ZD1



Sistema de alimentación original



Desarrollo de la propuesta

Preparación del vehículo



Método de medición de consumo



Conexiones de alimentación

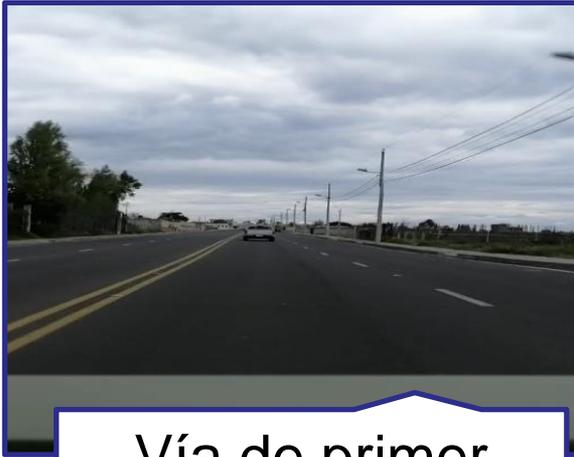


Obtención de datos



Desarrollo de la propuesta

Selección de rutas



Vía de primer
orden



Vía de segundo
orden



Vía de tercer
orden



Desarrollo de la propuesta

Resultados
Previo a la
optimización

Rendimiento

$$R = \frac{D_R}{V_C}$$

R = Rendimiento (km/L)

D_R = Distancia recorrida (km)

V_C = Volumen consumido (L)

$$R_P = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

R_P = Rendimiento promedio (km/L)

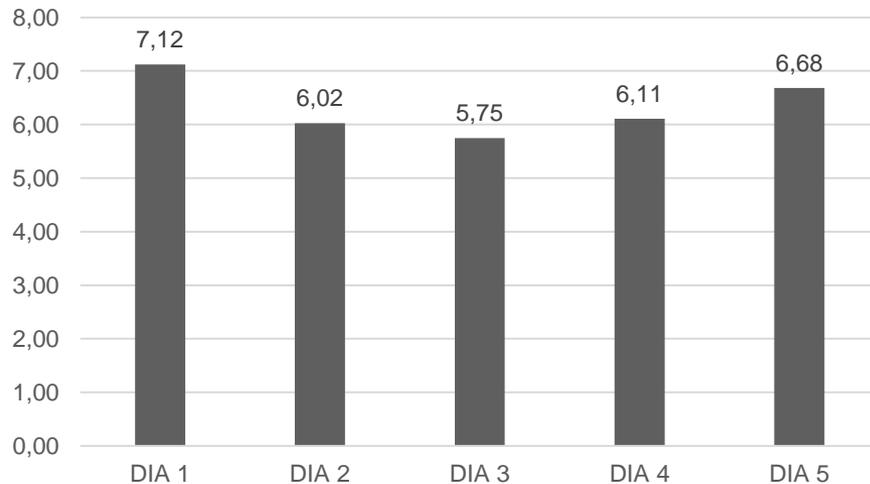


Desarrollo de la propuesta

Resultados Previo a la optimización

RUTA	PARÁMETRO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
RUTA 1	Volumen inicial (L)	2,95	3,5	3,5	3,5	3,6
	Volumen final (L)	0,83	1	0,88	1,55	1,35
	Volumen consumido (L)	2,12	2,50	2,62	1,95	2,25
	Distancia (km)	15,1	15,06	15,06	11,91	15,03
	Tiempo	0:20:30	0:15:26	0:15:39	0:14:14	0:13:40
	Velocidad media (km/h)	45	58	57	50	66
	Rendimiento (km/L)	7,12	6,02	5,75	6,11	6,68
	Rendimiento (km/gal)	26,96	22,80	21,76	23,12	25,28

RUTA 1 - Rendimiento (km/L)

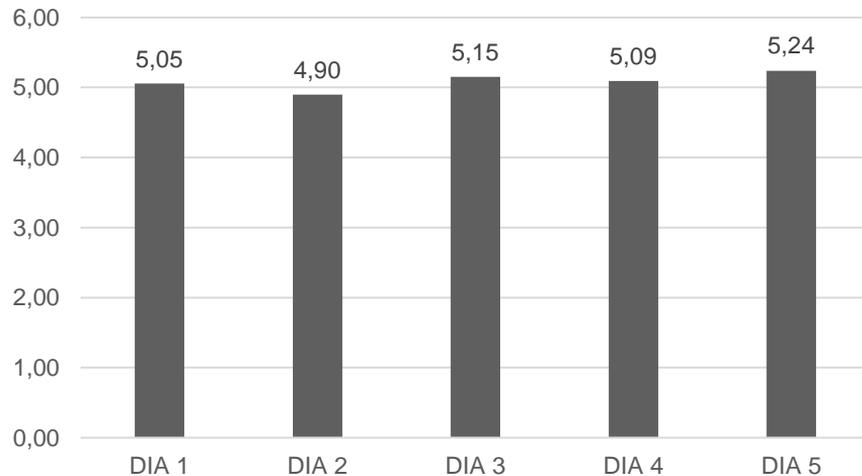


Desarrollo de la propuesta

Resultados Previo a la optimización

RUTA	PARÁMETRO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
RUTA 2	Volumen inicial (L)	3,5	4	4	4	4
	Volumen final (L)	0,38	0,78	0,94	0,9	0,99
	Volumen consumido (L)	3,12	3,22	3,06	3,10	3,01
	Distancia (km)	15,77	15,77	15,76	15,79	15,77
	Tiempo	0:27:15	0:25:53	0:25:44	0:26:03	0:26:00
	Velocidad media (km/h)	34	36	36	36	36
	Rendimiento (km/L)	5,05	4,90	5,15	5,09	5,24
	Rendimiento (km/gal)	19,13	18,54	19,49	19,28	19,83

RUTA 2 - Rendimiento (km/L)

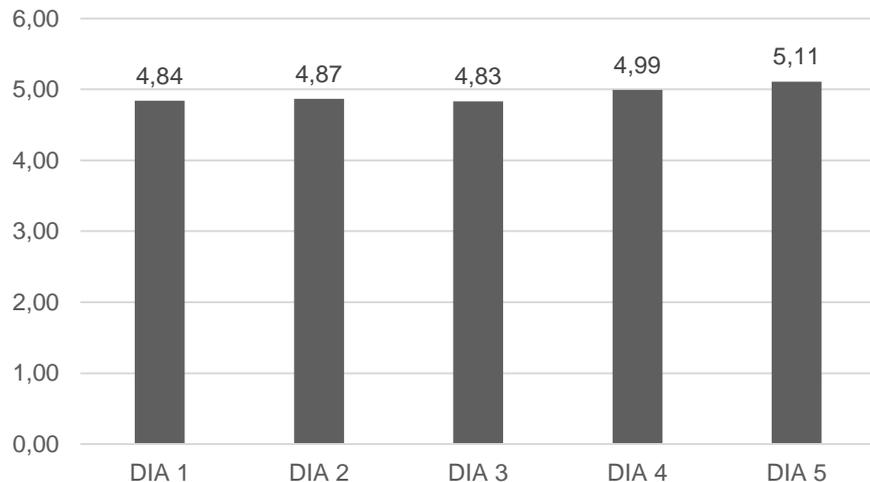


Desarrollo de la propuesta

Resultados Previo a la optimización

RUTA	PARÁMETRO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
RUTA 3	Volumen inicial (L)	4	4	4	4	4
	Volumen final (L)	1,1	1,12	1,1	1,19	0,9
	Volumen consumido (L)	2,90	2,88	2,90	2,81	3,10
	Distancia (km)	14,03	14,02	14,01	14,03	15,84
	Tiempo	0:27:32	0:27:50	0:28:15	0:25:16	0:31:39
	Velocidad media (km/h)	30	30	29	33	30
	Rendimiento (km/L)	4,84	4,87	4,83	4,99	5,11
	Rendimiento (km/gal)	18,31	18,43	18,29	18,90	19,34

RUTA 3 - Rendimiento (km/L)



Desarrollo de la propuesta

Resultados
Previo a la
optimización

Consumo específico

$$C_e = \frac{3.6 \cdot 10^5 \cdot d}{P \cdot t}$$

C_e = Consumo específico ($g/HP h$)

d = Densidad del combustible ($0,72 g/cm^3$)

P = Potencia (hp)

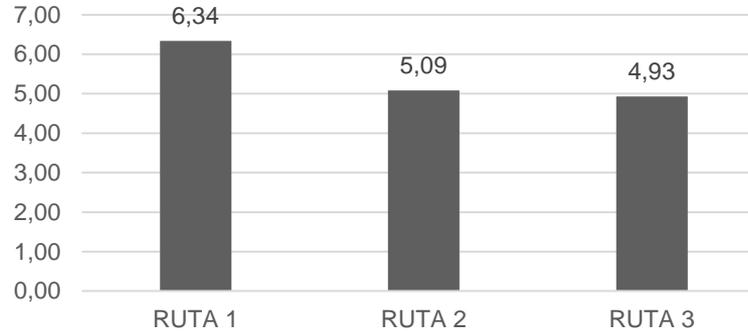
t = Tiempo en consumir $0,1 l$ de combustible (seg)



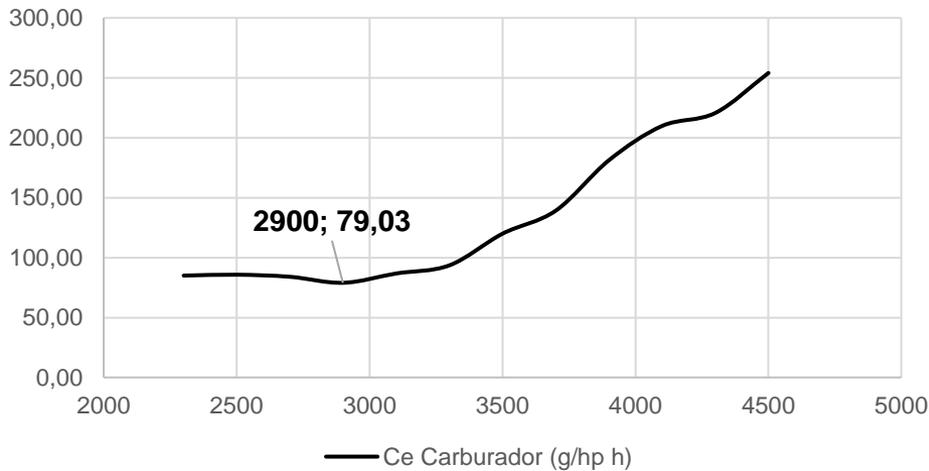
Desarrollo de la propuesta

Resultados Previo a la optimización

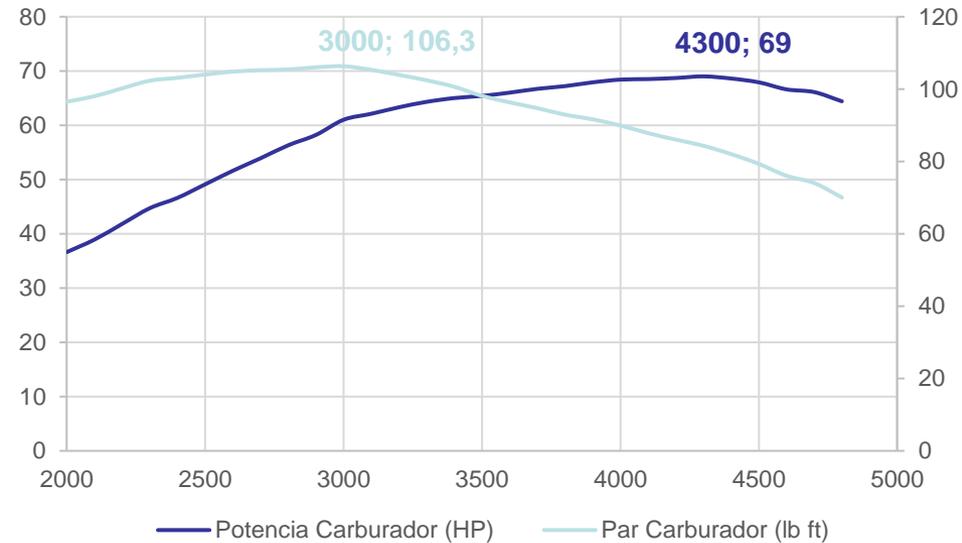
Rendimiento Previo Optimización (km/L)



Consumo específico previo a optimización



Resultados en Banco Dinamométrico



Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación



Computadora MX3 Pro

- Sensor MAP integrado
- Software de control TunerStudio



ITBs

- Mayor velocidad de renovación de carga
- Mejor rendimiento volumétrico



Rueda fónica y CKP

- Rueda dentada de 60 -2 dientes
- Fija a la polea del cigüeñal



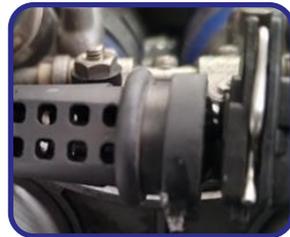
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación



Sensor CLT

- Señal para el cuadro de instrumentos
- Señal para la computadora



Sensor IAT

- Ubicado en el difusor o corneta



Bomba externa de combustible

- Entrega una presión de 6 – 6.5 bar



Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación



Bobina

- Bobina de encendido tipo COP



Regulador de combustible

- Marca Tomei de hasta 8 bar.

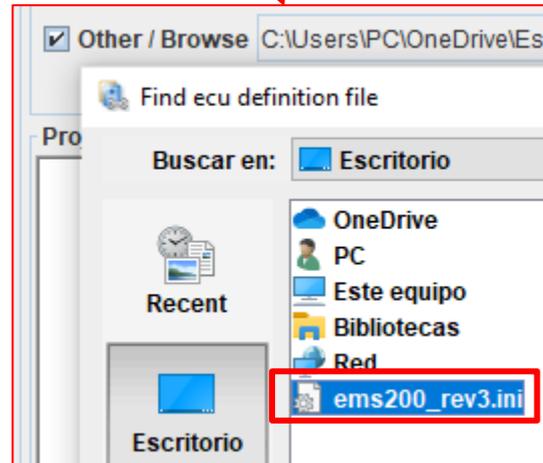
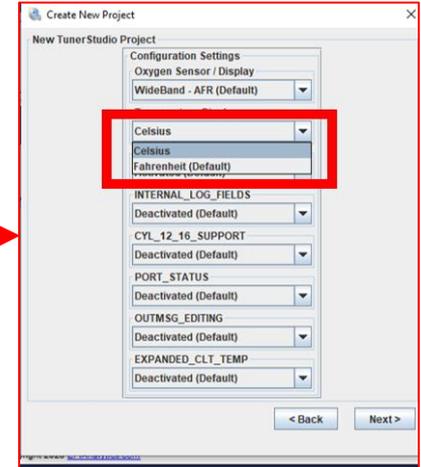
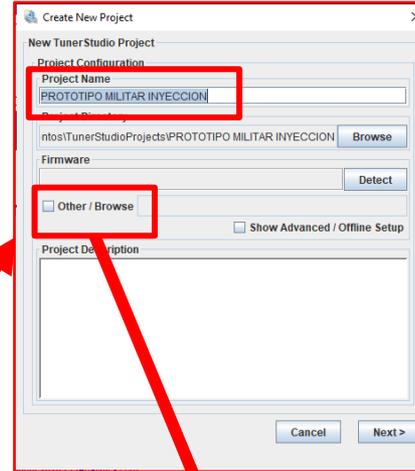
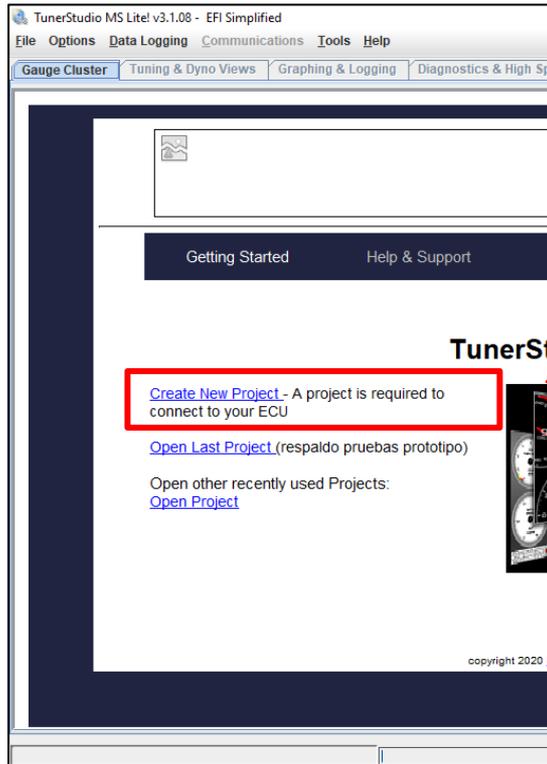


Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

CREAR NUEVO PROYECTO



Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

SELECCIÓN MANOMETROS

AFR Load - afrloadGauge
Barometer - barometerGauge
Battery Voltage - voltMeter
Boost - boostbarGauge
Boost - boostpsigGauge
Coolant Temp - ctGauge
EAL Load - ealloadGauge
Engine MAP - mapGauge
Engine Speed - tachometer
Exhaust Air Temp - extempGauge
Fuel Load - fuelloadGauge
Ign Load - ignloadGauge
Knock Input - knockinGauge
MAF Frequency - maf_freqGauge
MAF Volts - maf_voltsGauge
MAFload - mafloadGauge
Manifold Air Temp - matGauge
Mass Air Flow - mafGauge
PedalGrip Position - appGauge
Secondary Fuel Load - fuelload2Gauge
Secondary Ign Load - ignload2Gauge
Throttle Position - throttleGauge
Vac/Boost - boostvacGauge

Basic/Load Settings Fuel Settings Ignition Settings Startup/Idle Accel Enrich Boost/VVT Table choices Advanced Engine 3D Tuning Maps Testmodes Upgrade!

Gauge Cluster Tuning & Dyno Views Graphing & Logging Diagnostics & High Speed Loggers Tune Analyze Live! - Tune For You Notes

Engine Speed: 1516 RPM
Throttle Position: 4.6%
Manifold Air Temp: 36 °C
Coolant Temp: 70 °C
Ignition Advance: 25.2 degrees
Fuel Load: 70.8 kPa
Engine Speed: 1516
Battery Voltage: 13.20

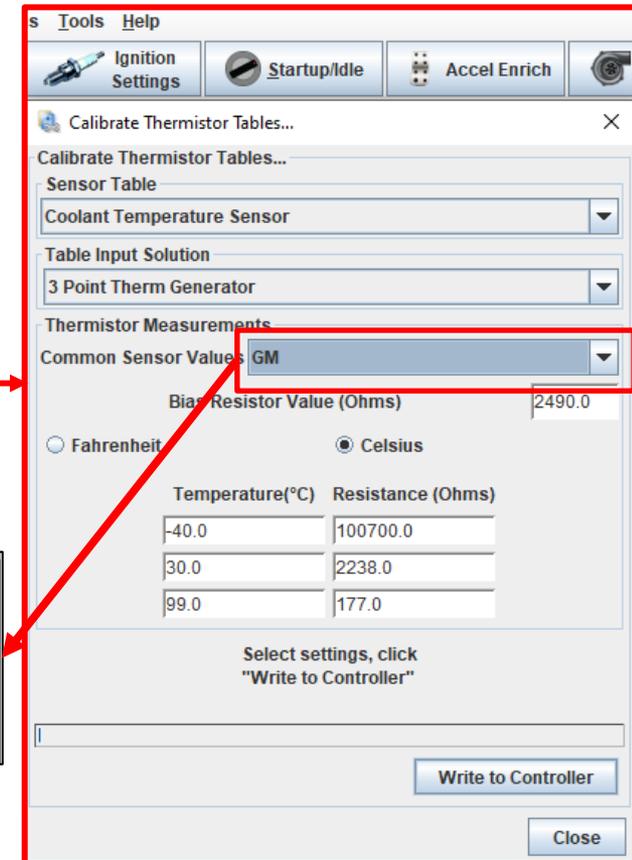
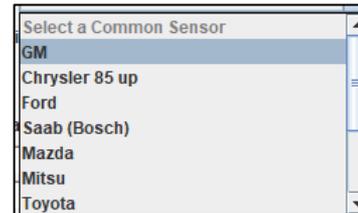
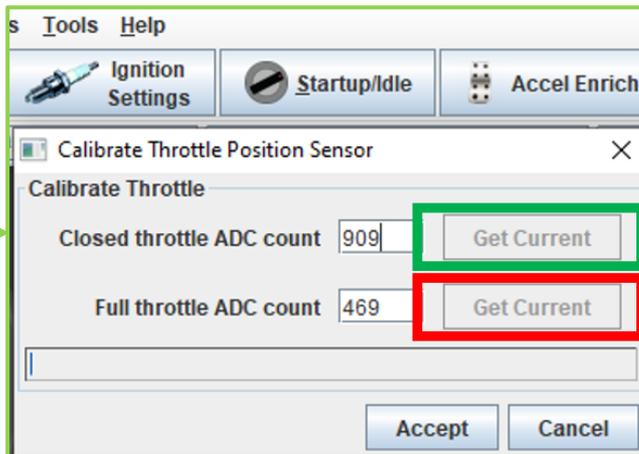
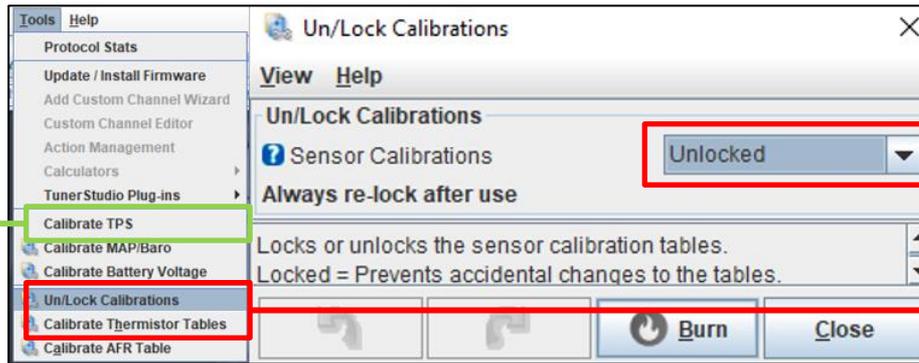


Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

CALIBRACIÓN DE SENSORES

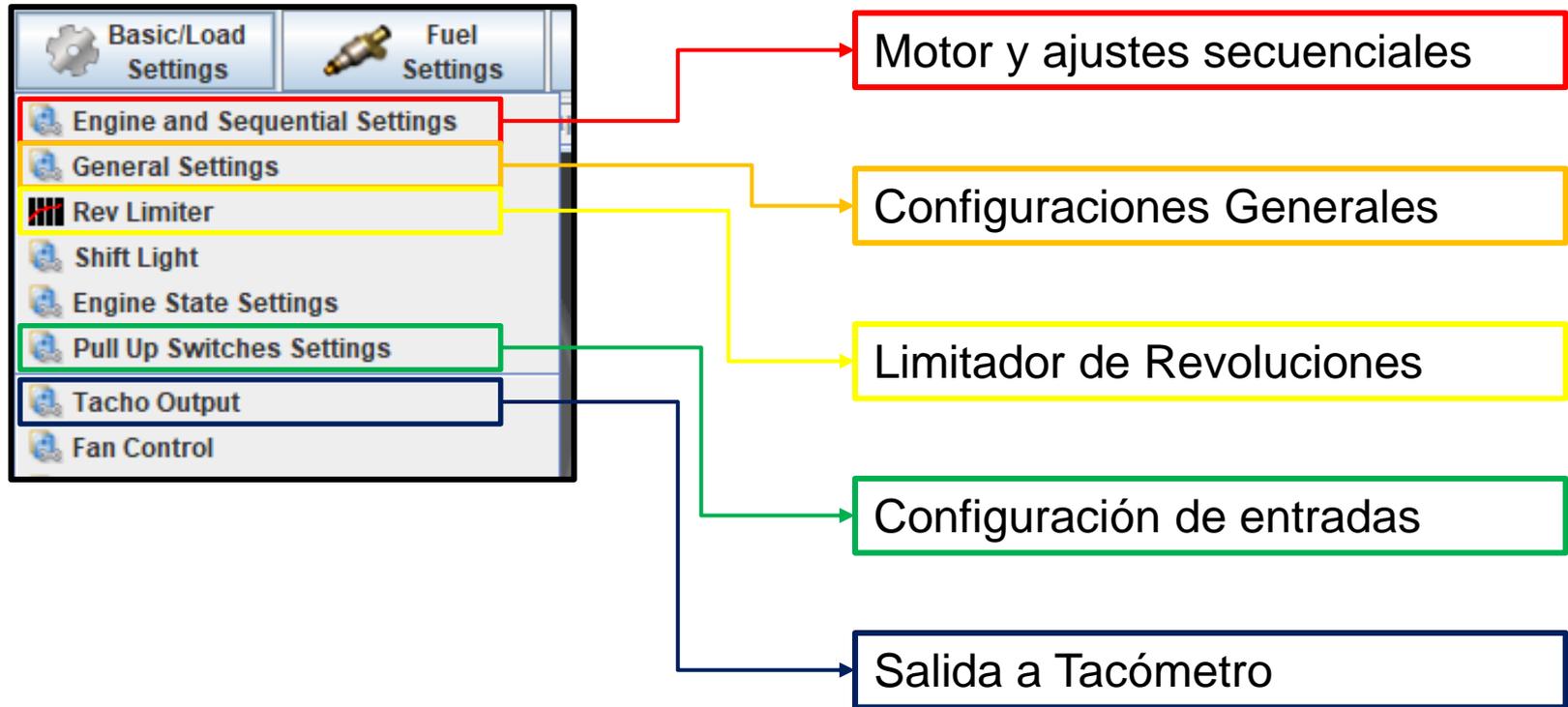


Desarrollo de la propuesta

Optimización
del sistema
de
alimentación

Programación de la computadora

CONFIGURACIONES BÁSICAS Y DE CARGA



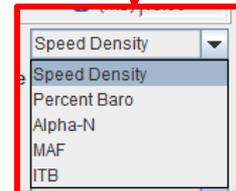
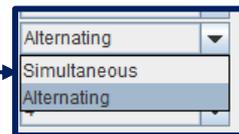
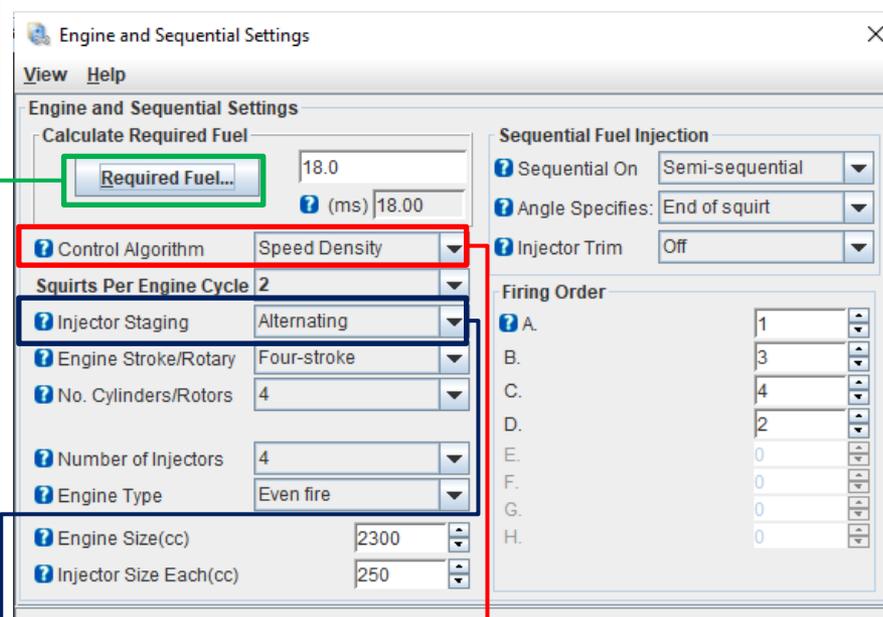
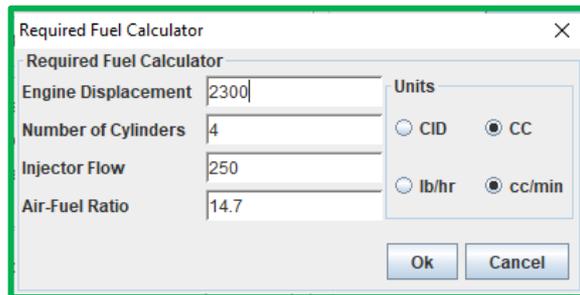
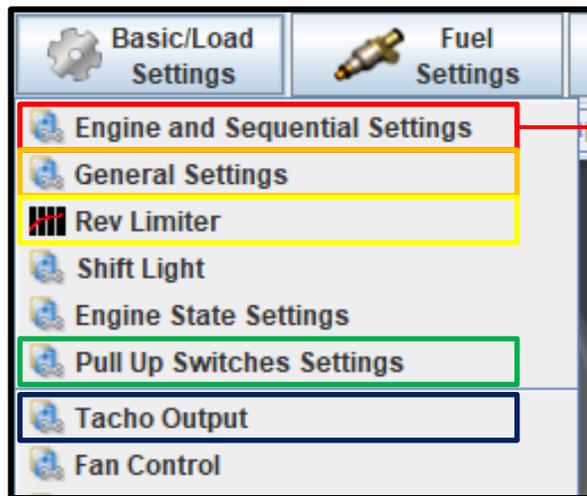
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

CONFIGURACIONES BÁSICAS Y DE CARGA

Motor y ajustes secuenciales



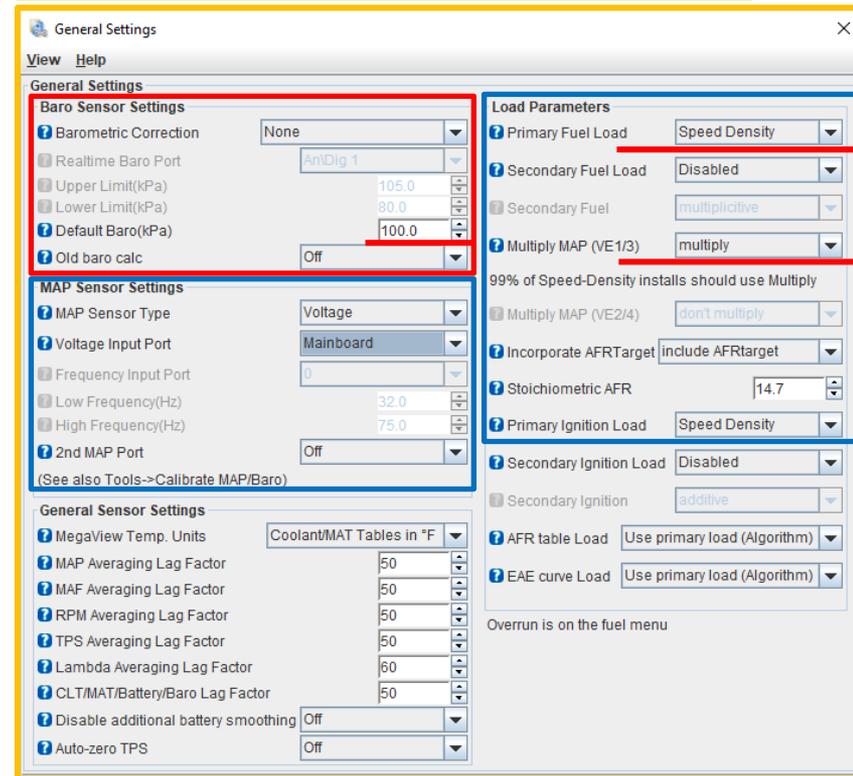
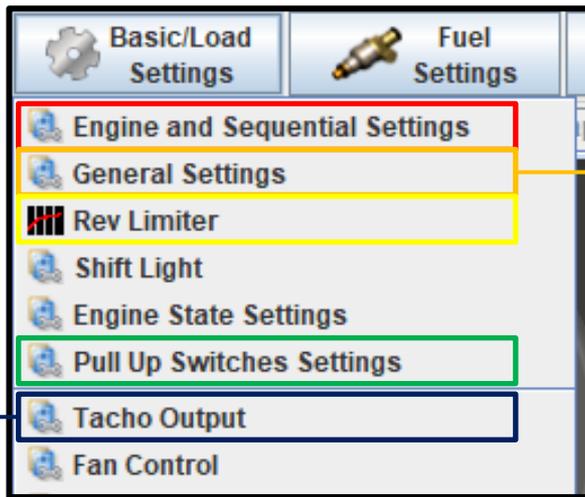
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

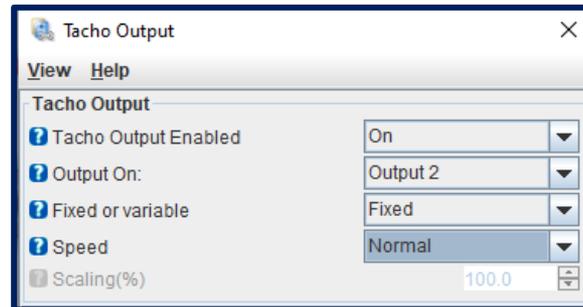
Programación de la computadora

CONFIGURACIONES BÁSICAS Y DE CARGA

Configuraciones Generales



Salida a Tacómetro

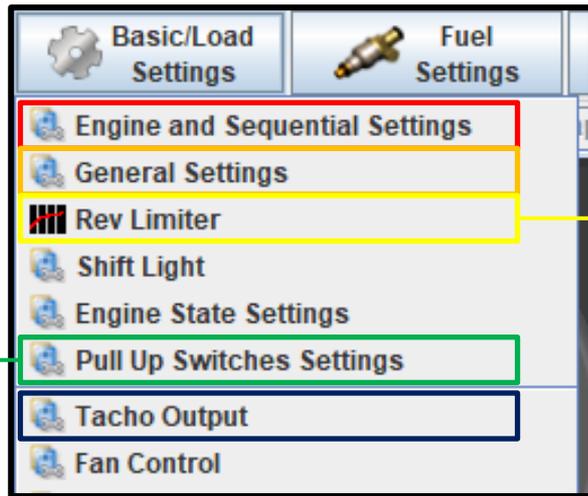


Desarrollo de la propuesta

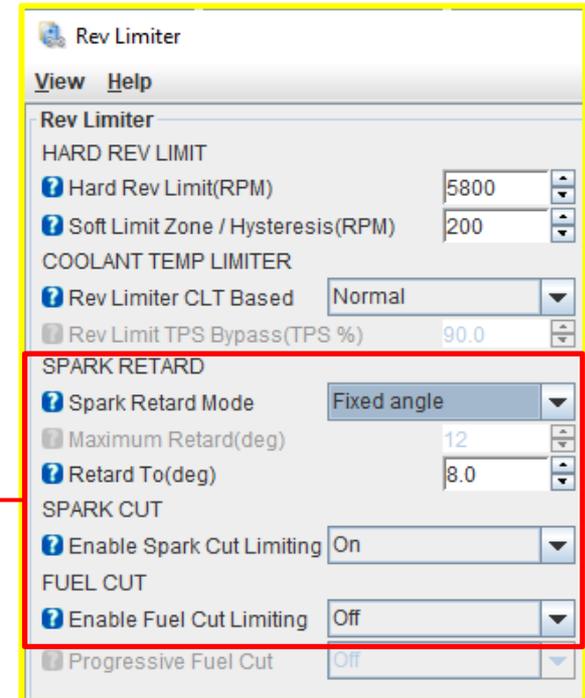
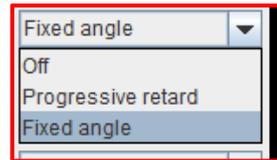
Programación de la computadora

Optimización del sistema de alimentación

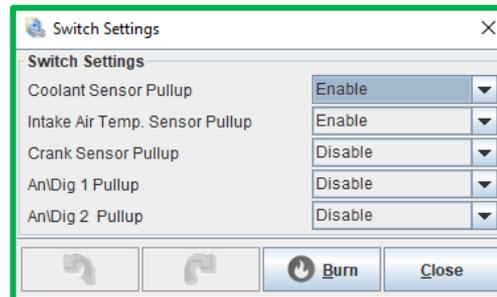
CONFIGURACIONES BASICAS Y DE CARGA



Limitador de Revoluciones



Configuración de entradas

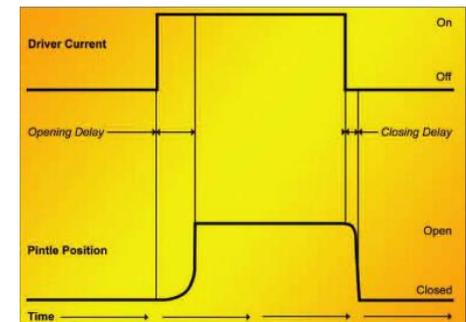
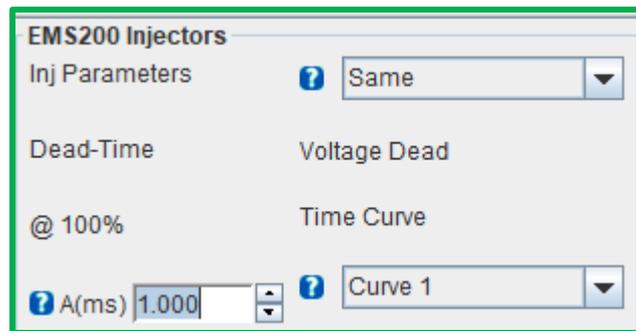
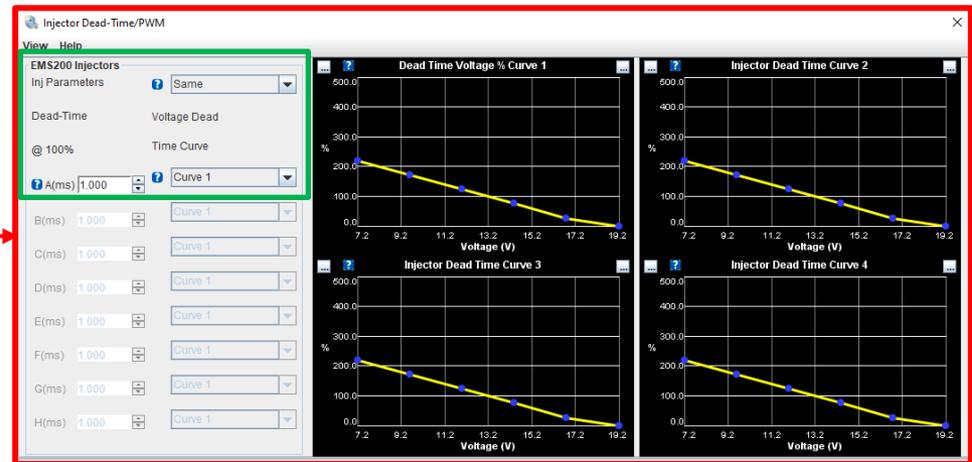
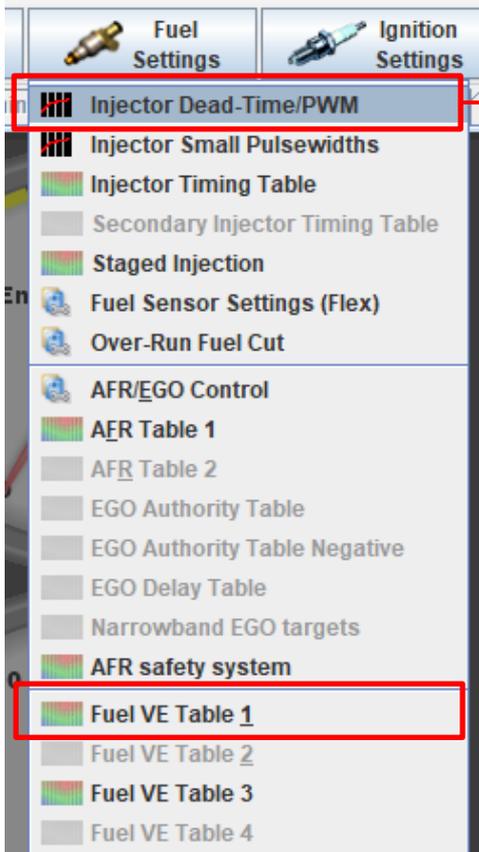


Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

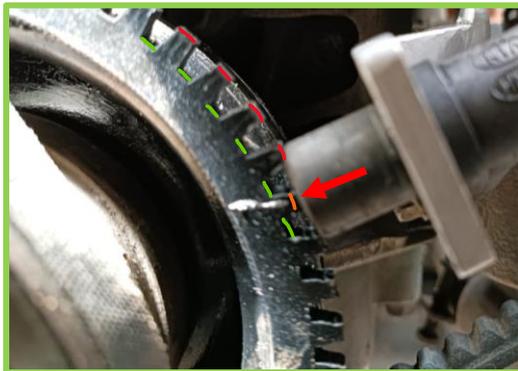
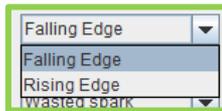
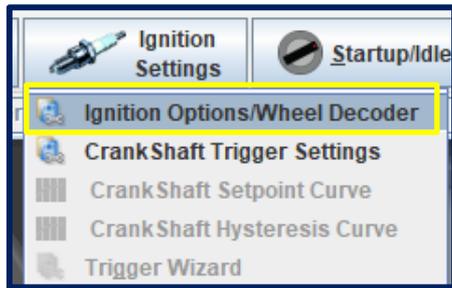
CONFIGURACIÓN DE COMBUSTIBLE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

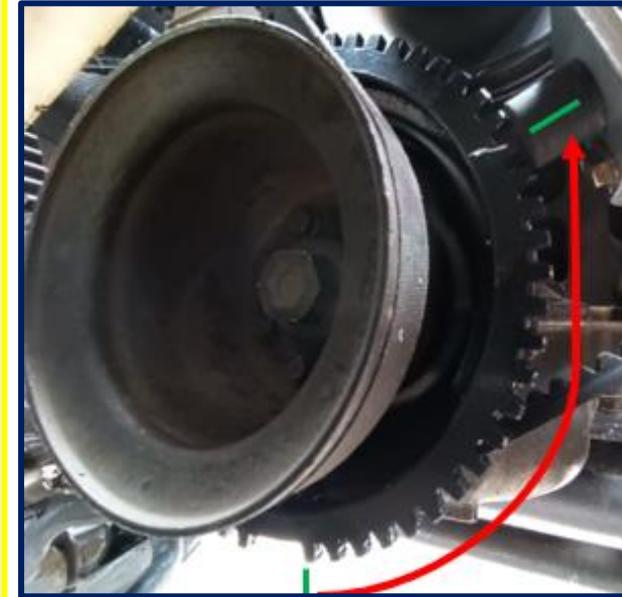
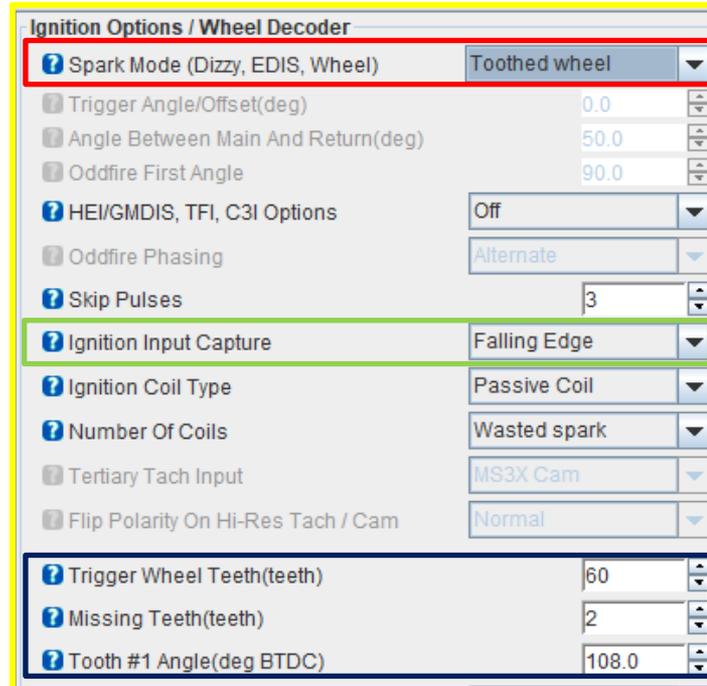
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación



Programación de la computadora

CONFIGURACIÓN DE IGNICION



$$\frac{18 \text{ dientes} \cdot 360^\circ}{62 \text{ dientes}} = 104.5^\circ$$

$$\frac{19 \text{ dientes} \cdot 360^\circ}{62 \text{ dientes}} = 110.3^\circ$$

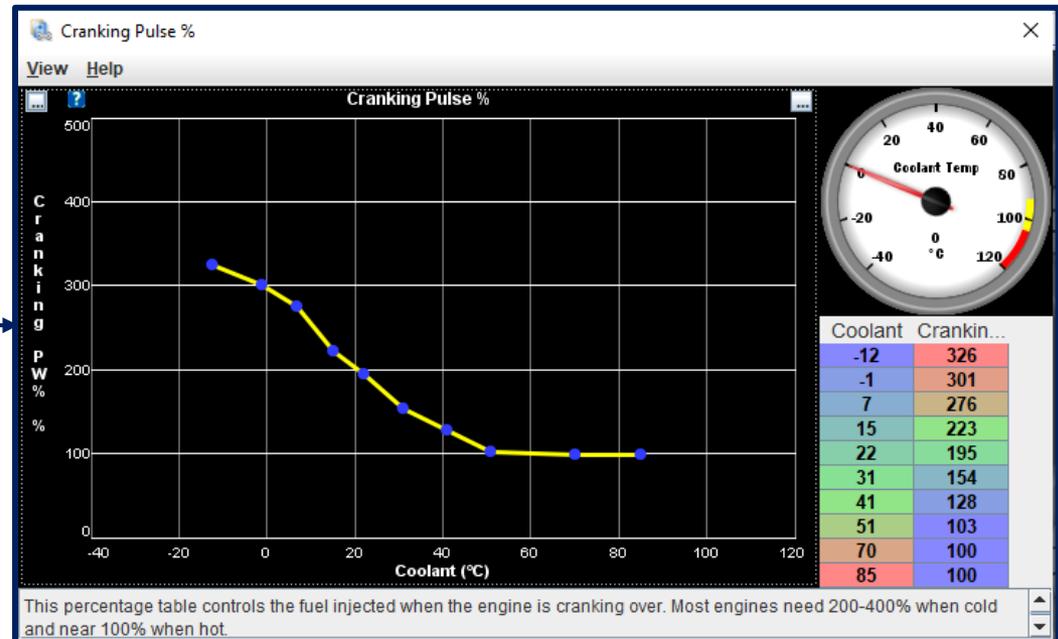
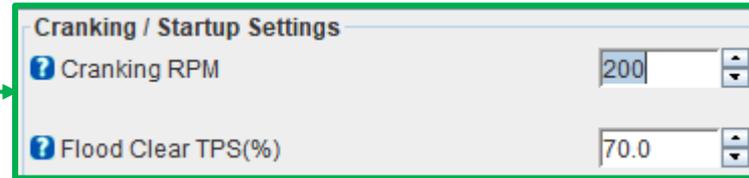
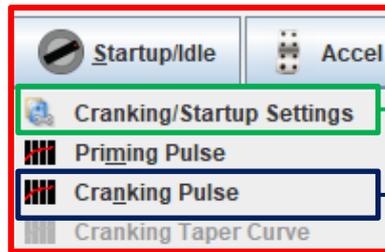


Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ENCENDIDO



Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

PROGRAMACIÓN DEL PORCENTAJE DEL PULSO DE ENCENDIDO

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	57.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



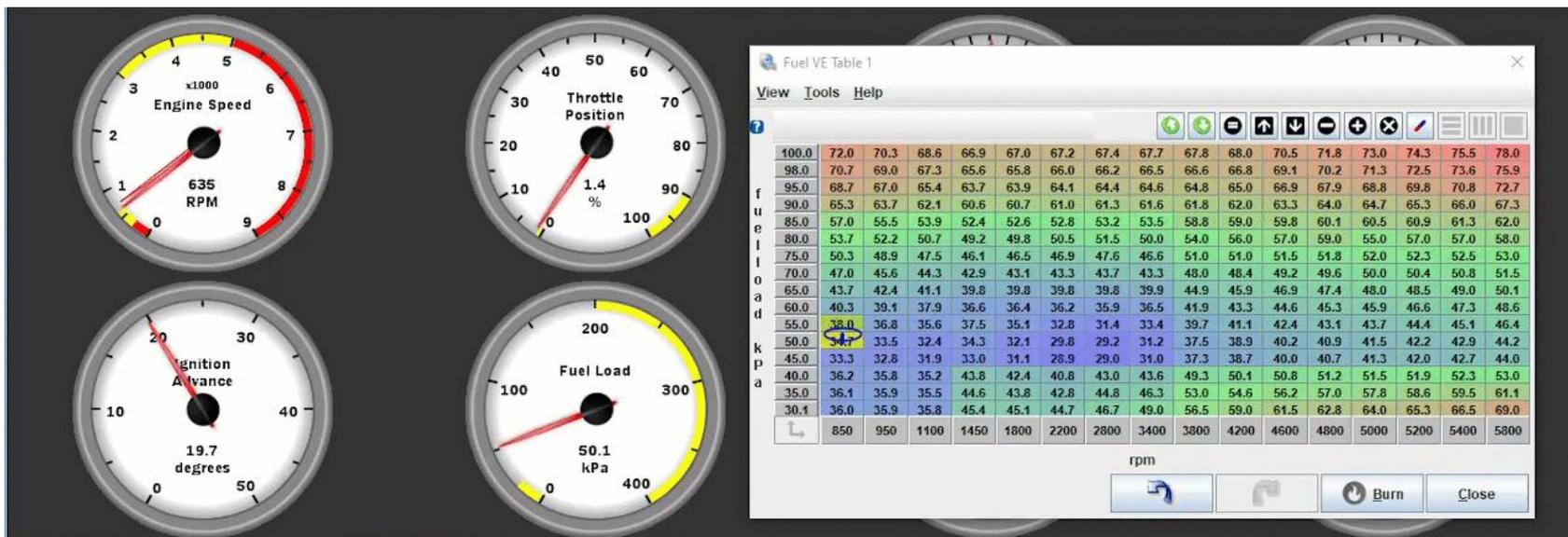
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ZONA 1

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	53.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	34.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	31.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	31.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

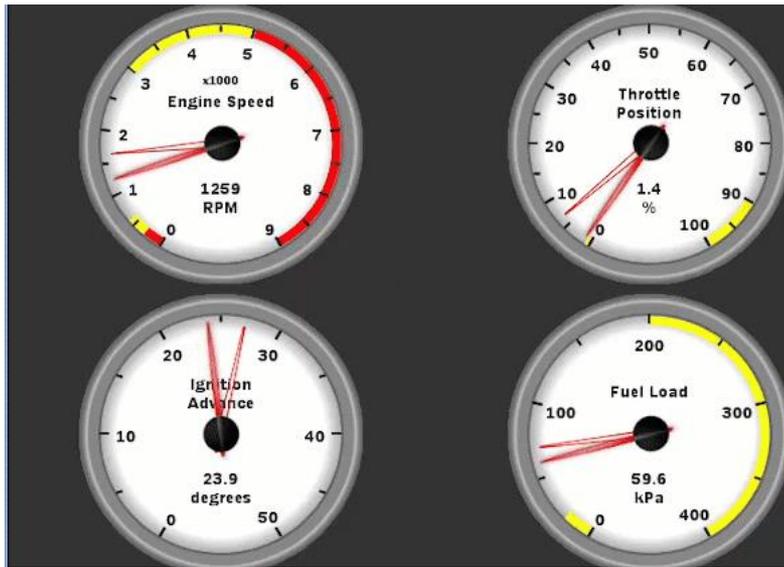
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ZONA 2

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	62.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	53.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	30.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



Fuel VE Table 1

View Tools Help

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	62.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	53.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0

rpm

Burn Close



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Desarrollo de la propuesta

Optimización
del sistema
de
alimentación

Programación de la computadora

ZONA 3

100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	57.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.8	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.1	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.5	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	50.2	50.4	50.8	51.2	51.5	51.8	52.2	52.5
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0
↕	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800



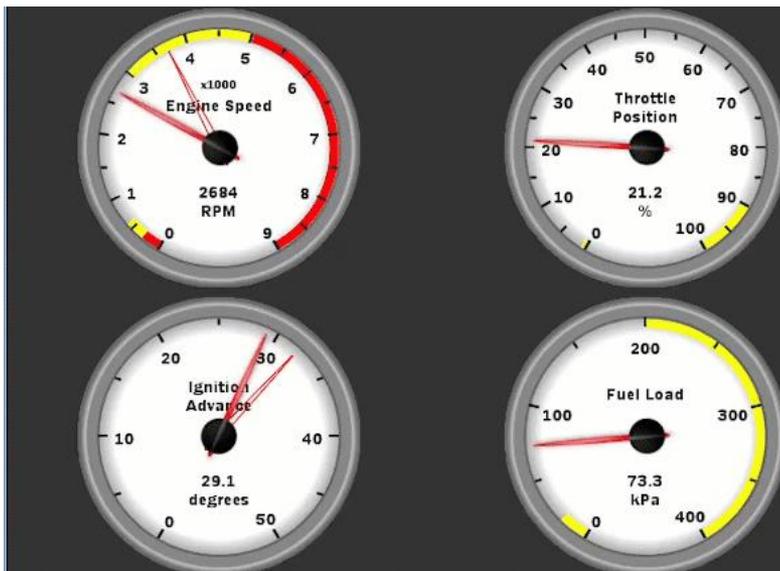
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ZONA 4

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800	
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	34.3	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



Fuel VE Table 1

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800	
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	34.3	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

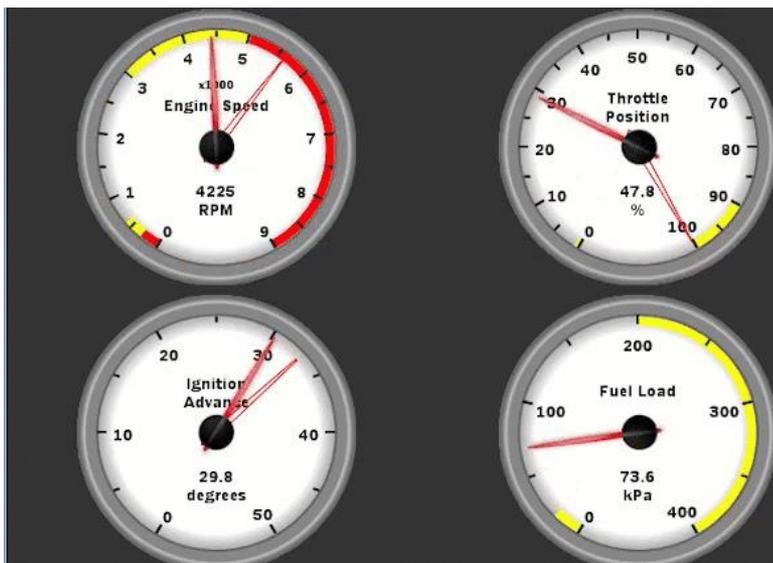
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ZONA 5

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	53.8	54.0	55.9	56.8	57.0	58.0	59.0	61.3
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	57.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	34.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	31.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	31.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	30.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



Fuel VE Table 1

View Tools Help

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	53.8	54.0	55.9	56.8	57.0	58.0	59.0	61.3
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	57.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	34.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	31.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	31.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0

rpm

Burn Close



Desarrollo de la propuesta

Optimización
del sistema
de
alimentación

Programación de la computadora

ZONA 6

100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.2	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	67.9	68.8	69.8	70.8	72.7
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	52.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	57.0	58.0
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.9	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	33.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0
↵	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800



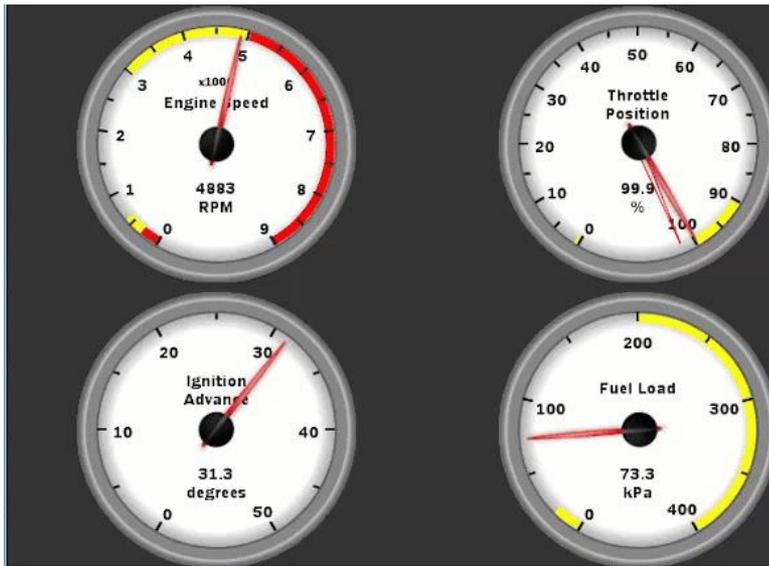
Desarrollo de la propuesta

Optimización del sistema de alimentación

Programación de la computadora

ZONA 7

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	68.8	69.8	70.8	72.7	
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	32.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0



Fuel VE Table 1

	850	950	1100	1450	1800	2200	2800	3400	3800	4200	4600	4800	5000	5200	5400	5800
100.0	72.0	70.3	68.6	66.9	67.0	67.2	67.4	67.7	67.8	68.0	70.5	71.8	73.0	74.3	75.5	78.0
98.0	70.7	69.0	67.3	65.6	65.8	66.0	66.2	66.5	66.6	66.8	69.1	70.2	71.3	72.5	73.6	75.9
95.0	68.7	67.0	65.4	63.7	63.9	64.1	64.4	64.6	64.8	65.0	66.9	68.8	69.8	70.8	72.7	
90.0	65.3	63.7	62.1	60.6	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.0	63.3	64.0	64.7	65.3	66.0	67.3
85.0	57.0	55.5	53.9	52.4	52.6	52.8	53.2	53.5	58.8	59.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	62.0
80.0	53.7	52.2	50.7	49.2	49.8	50.5	51.5	50.0	54.0	56.0	57.0	59.0	55.0	57.0	58.0	
75.0	50.3	48.9	47.5	46.1	46.5	46.9	47.6	46.6	51.0	51.0	51.5	51.8	52.0	52.3	52.5	53.0
70.0	47.0	45.6	44.3	42.9	43.1	43.3	43.7	43.3	48.0	48.4	49.2	49.6	50.0	50.4	50.8	51.5
65.0	43.7	42.4	41.1	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	44.9	45.9	46.9	47.4	48.0	48.5	49.0	50.1
60.0	40.3	39.1	37.9	36.6	36.4	36.2	35.9	36.5	41.9	43.3	44.6	45.3	45.9	46.6	47.3	48.6
55.0	38.0	36.8	35.6	37.5	35.1	32.8	31.4	33.4	39.7	41.1	42.4	43.1	43.7	44.4	45.1	46.4
50.0	34.7	33.5	32.4	34.3	32.1	29.8	29.2	31.2	37.5	38.9	40.2	40.9	41.5	42.2	42.9	44.2
45.0	33.3	32.8	31.9	32.0	31.1	28.9	29.0	31.0	37.3	38.7	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	44.0
40.0	36.2	35.8	35.2	43.8	42.4	40.8	43.0	43.6	49.3	50.1	50.8	51.2	51.5	51.9	52.3	53.0
35.0	36.1	35.9	35.5	44.6	43.8	42.8	44.8	46.3	53.0	54.6	56.2	57.0	57.8	58.6	59.5	61.1
30.1	36.0	35.9	35.8	45.4	45.1	44.7	46.7	49.0	56.5	59.0	61.5	62.8	64.0	65.3	66.5	69.0

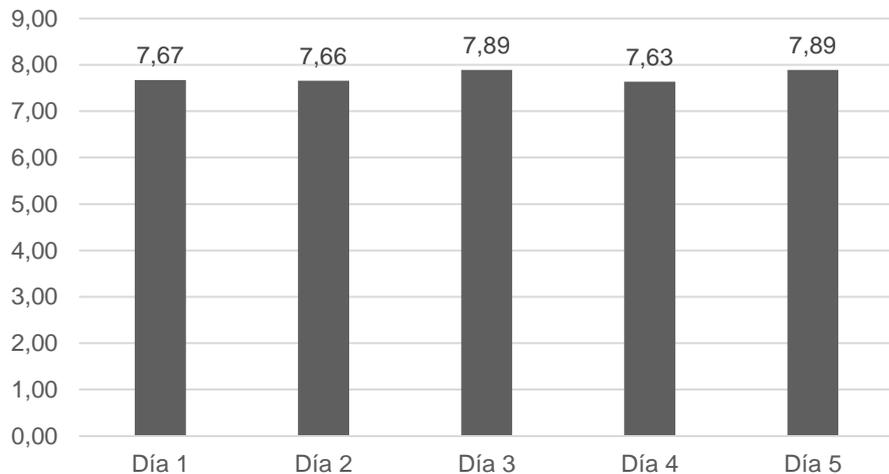


Desarrollo de la propuesta

Resultados con sistema optimizado

Ruta	Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RUTA 1	Volumen inicial (L)	3,37	4	3,9	3,95	3,9
	Volumen final (L)	1,41	2,04	2	1,98	1,99
	Volumen consumido (L)	1,96	1,96	1,90	1,97	1,91
	Distancia (km)	15,03	15,01	14,99	15,04	15,07
	Tiempo	0:14:38	0:13:13	0:14:16	0:13:56	0:19:16
	Velocidad media (km/h)	61	68	63	64	46
	Rendimiento (km/L)	7,67	7,66	7,89	7,63	7,89
	Rendimiento (km/gal)	29,02	28,99	29,86	28,90	29,86

RUTA 1 - Rendimiento (km/L)

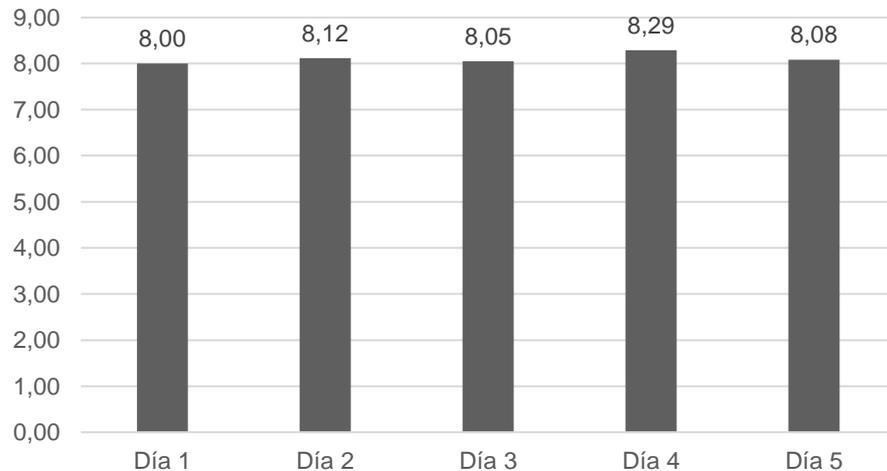


Desarrollo de la propuesta

Resultados con sistema optimizado

Ruta	Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RUTA 2	Volumen inicial (L)	4	4	3,96	3,9	4
	Volumen final (L)	2,03	2,06	2	2	2,05
	Volumen consumido (L)	1,97	1,94	1,96	1,90	1,95
	Distancia (km)	15,76	15,75	15,77	15,75	15,76
	Tiempo	0:24:01	0:24:46	0:24:24	0:23:23	0:24:10
	Velocidad media (km/h)	39	38	38	40	39
	Rendimiento (km/L)	8,00	8,12	8,05	8,29	8,08
	Rendimiento (km/gal)	30,28	30,73	30,45	31,38	30,59

RUTA 2 - Rendimiento (km/L)

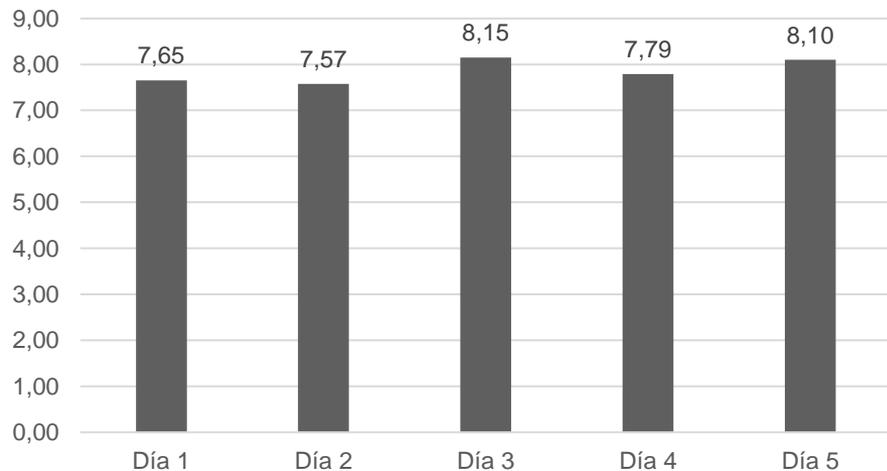


Desarrollo de la propuesta

Resultados con sistema optimizado

Ruta	Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RUTA 3	Volumen inicial (L)	4	4	3,9	4	3,9
	Volumen final (L)	2,17	2,15	2,18	2,2	2,17
	Volumen consumido (L)	1,83	1,85	1,72	1,80	1,73
	Distancia (km)	14	14,01	14,01	14,02	14,01
	Tiempo	0:23:29	0:24:13	0:23:04	0:24:23	0:25:18
	Velocidad media (km/h)	35	34	36	34	33
	Rendimiento (km/L)	7,65	7,57	8,15	7,79	8,10
	Rendimiento (km/gal)	28,96	28,66	30,83	29,48	30,65

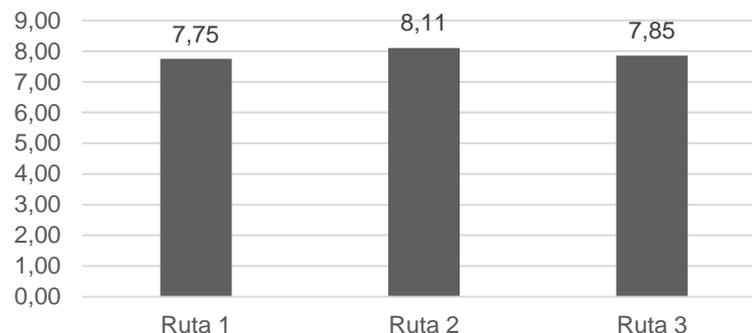
RUTA 3 - Rendimiento (km/L)



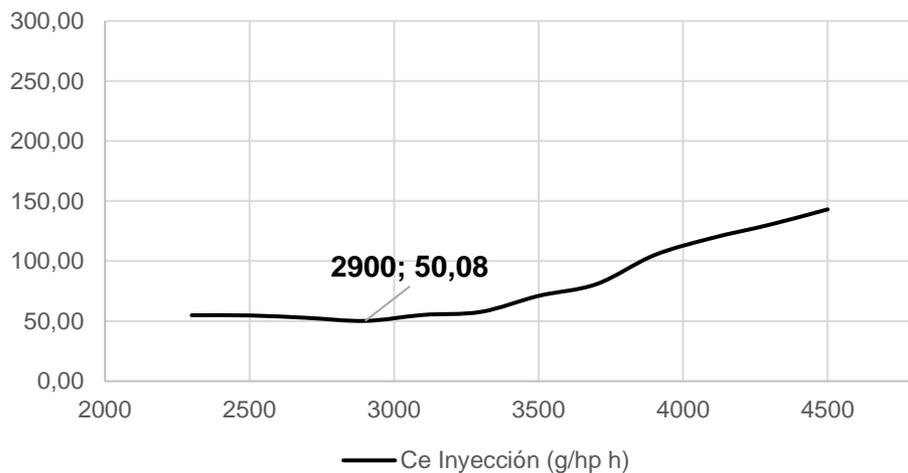
Desarrollo de la propuesta

**Resultados
con sistema
optimizado**

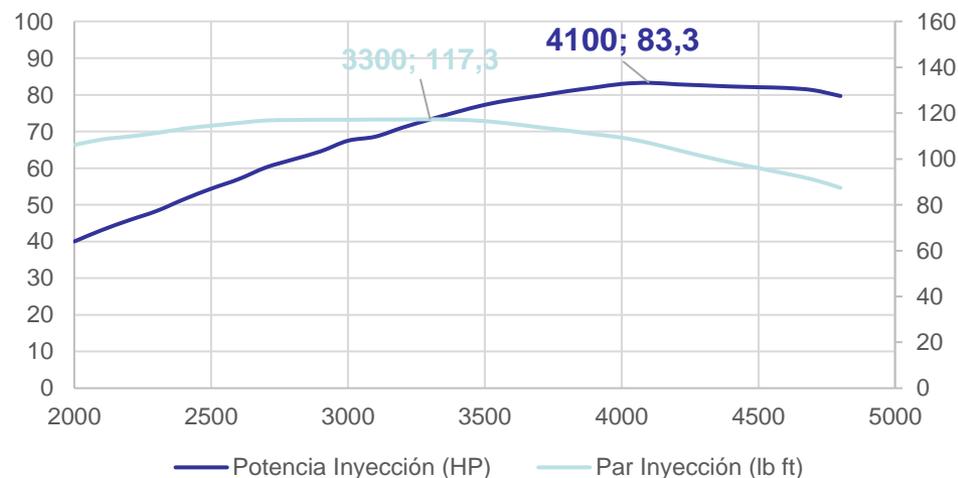
Rendimiento sistema Optimizado
(km/L)



Consumo específico con sistema de admisión optimizado



Resultados después de la optimización

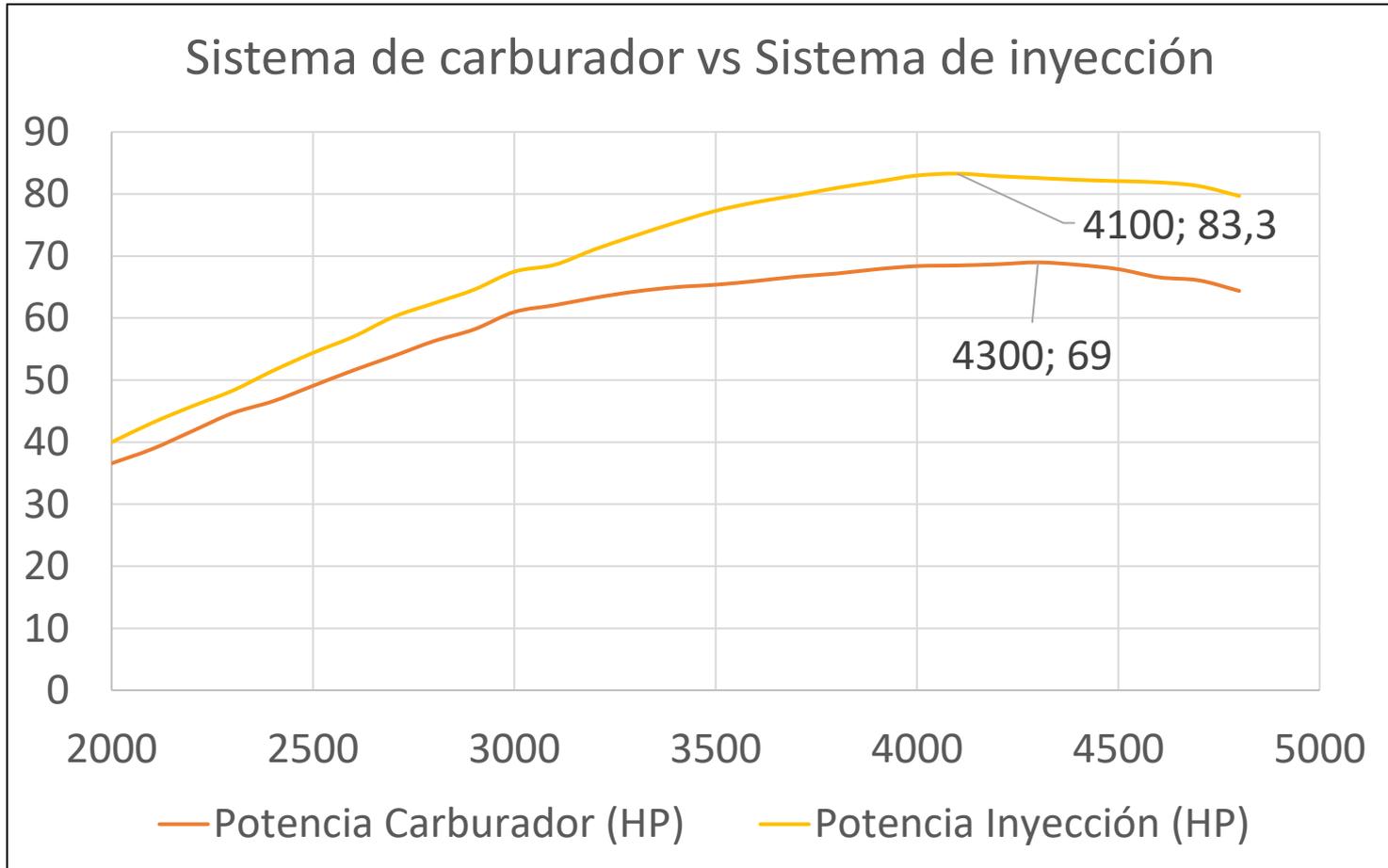


ANÁLISIS DE RESULTADOS



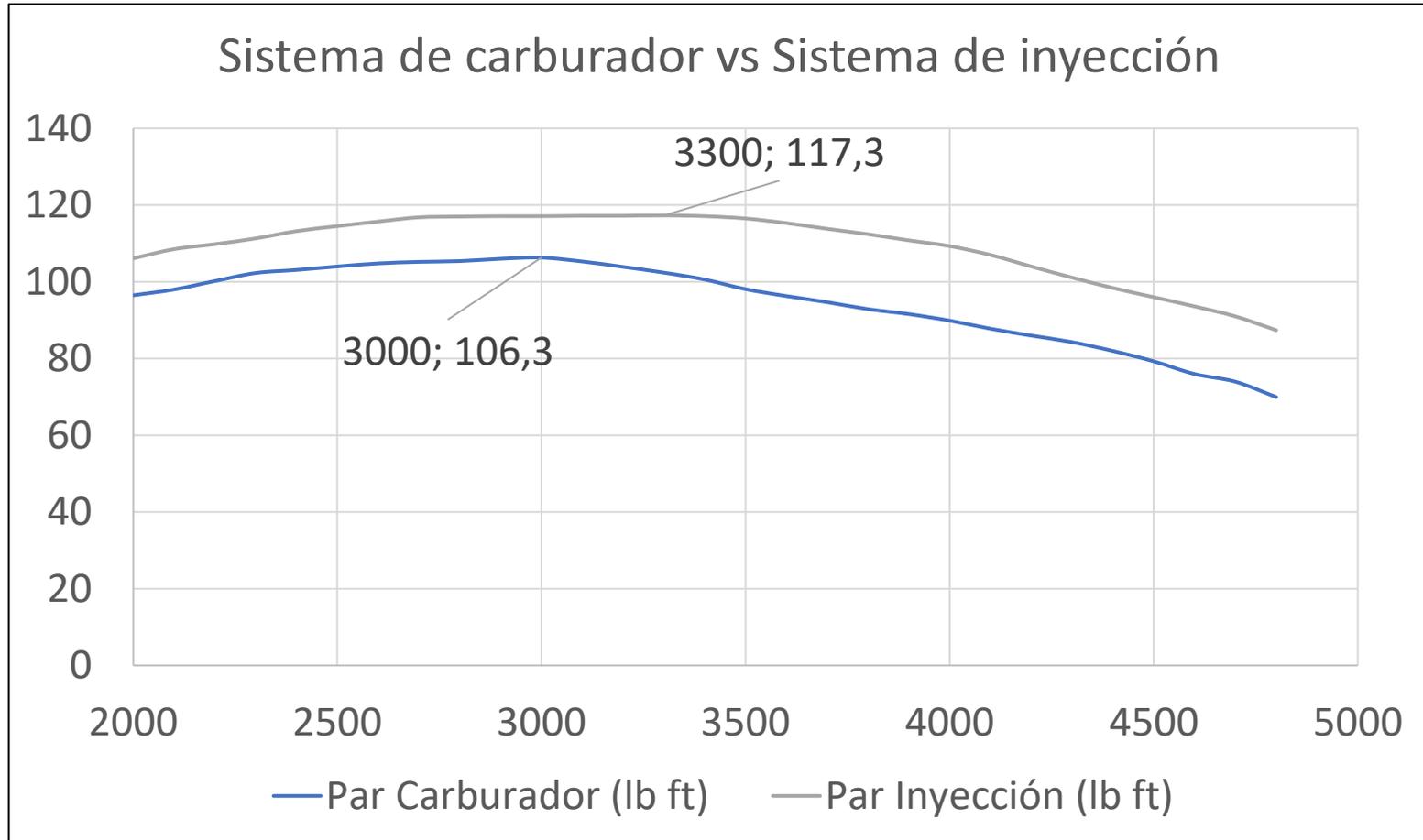
Análisis de resultados

Comparación de potencia obtenida



Análisis de resultados

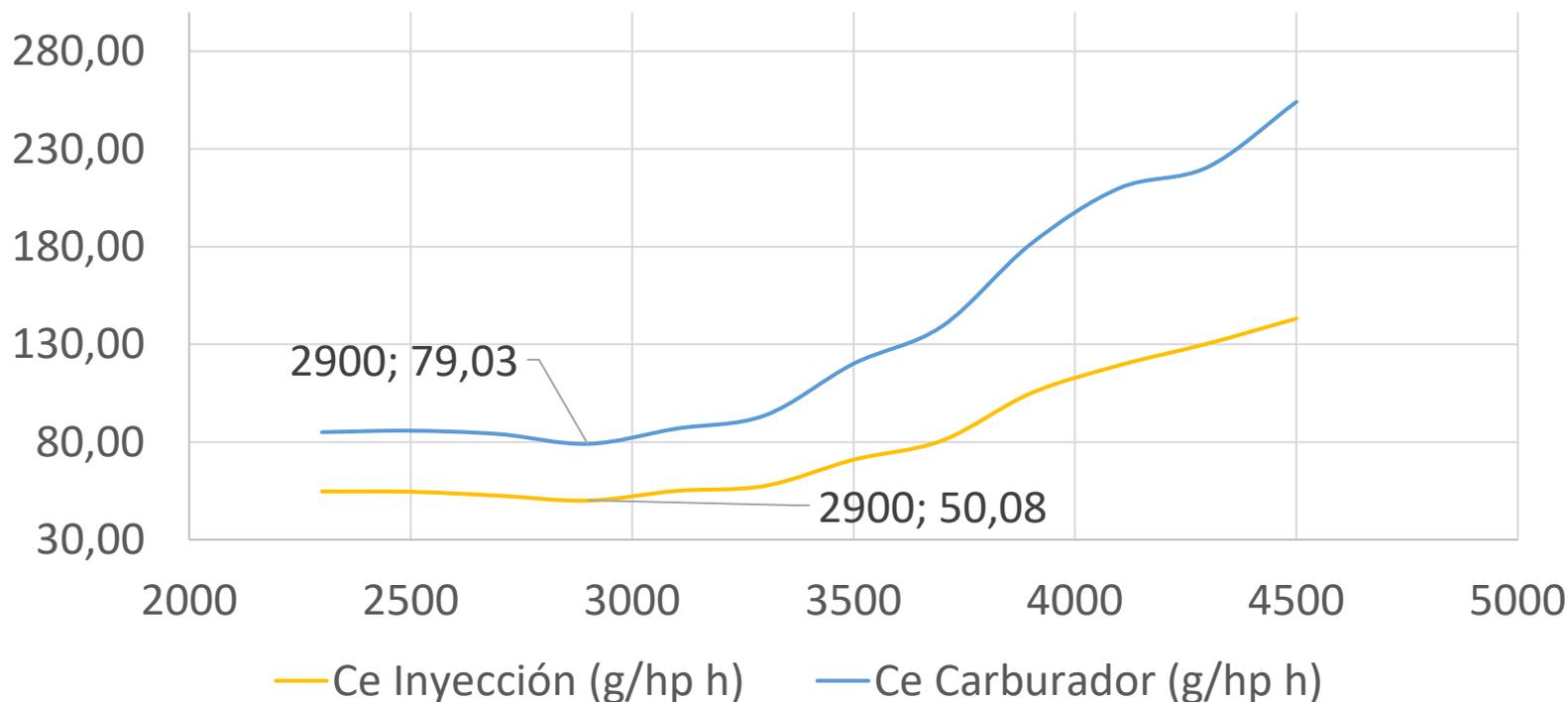
Comparación de par obtenido



Análisis de resultados

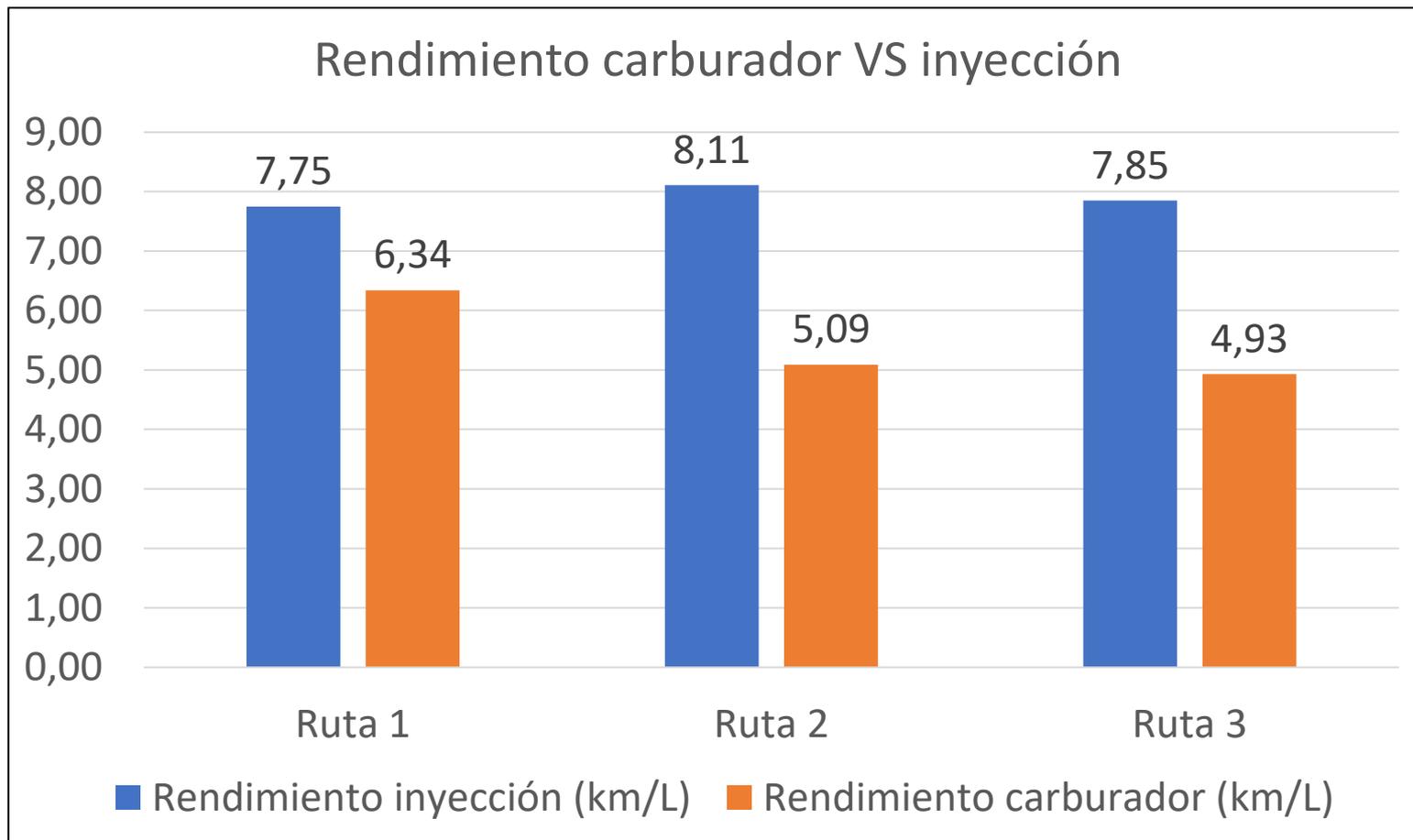
Comparación de consumo específico

Consumo específico sistema de carburador vs sistema de inyección



Análisis de resultados

Comparación de rendimiento



Análisis de resultados

Rendimiento y Autonomía

$$R_P = \frac{R_{ruta1} + R_{ruta2} + R_{ruta3}}{3}$$

$$R_{Pcarab} = 5.45 \frac{km}{L}$$

$$R_{Piny} = 7.9 \frac{km}{L}$$

$$A = Volumen_Depósito \cdot R_P$$

$$Volumen_Depósito = 80 \text{ L}$$

$$A_{carb} = 436.7 \text{ km}$$

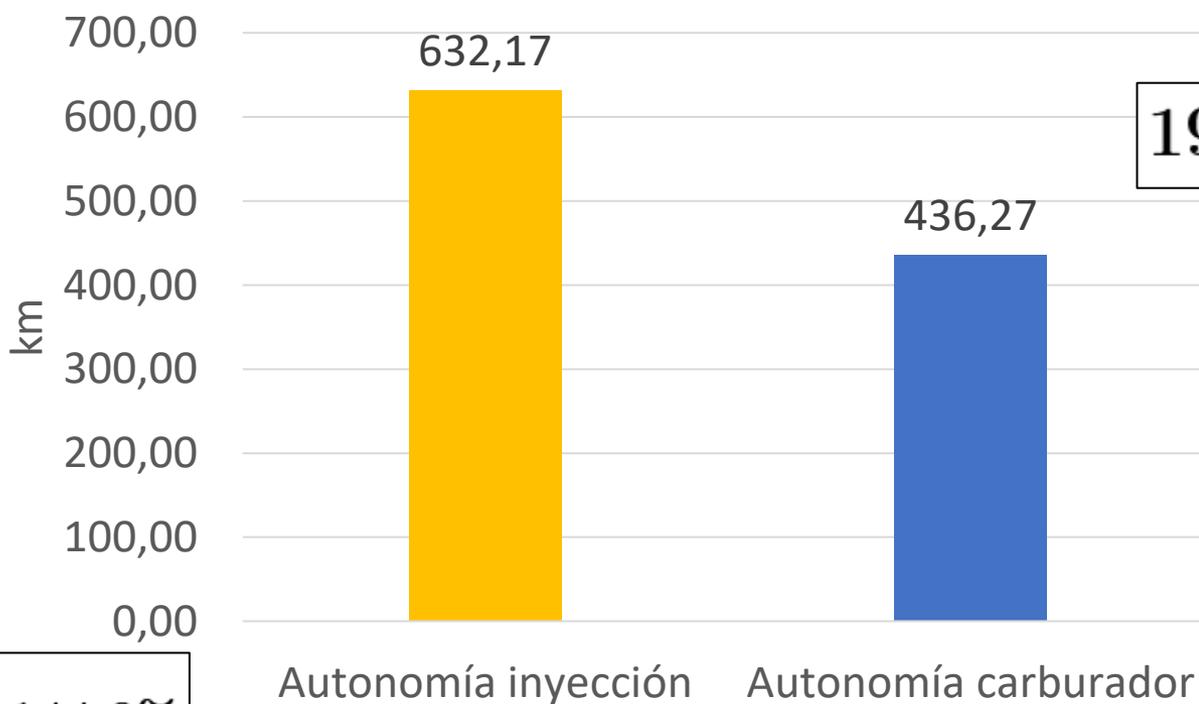
$$A_{iny} = 632.17 \text{ km}$$



Análisis de resultados

Autonomía

Autonomía del vehículo militar táctico
para 80 L de combustible



44.9%

195.9 km

$$\frac{632.17 \cdot 100\%}{436.27} = 144.9\%$$



Conclusiones

- En el estado inicial del prototipo de vehículo táctico militar se evidencio dificultades en el funcionamiento propios del uso del sistema de carburador, como problemas en el arranque en frío, la necesidad de abrir el estrangulador para encender el motor y un consumo elevado de combustible.
- Con base en los resultados de las pruebas de ruta realizadas, se obtuvo un rendimiento promedio de $5,45 \text{ km/L}$, el consumo se originó por la falta de control de aporte de combustible en diferentes situaciones de funcionamiento de motor, la dosificación de combustible se realizaba inclusive en desaceleraciones, además de no tener una mezcla completamente homogénea entre aire-combustible lo que limitó al motor a entregar 69 hp de potencia con par de $106,3 \text{ lb ft}$, lo que determina que el sistema de alimentación no entregaba un rendimiento aceptable.



Conclusiones

- Al seleccionar el sistema de inyección de combustible programable, se evidenció la flexibilidad de trabajo con diferentes sensores, a la vez de una interfaz de visualización de diferentes escenarios de funcionamiento, permitiendo un control avanzado de la dosificación de combustible.
- Se verificó la elevación de las prestaciones del vehículo mediante optimización del sistema de alimentación, aumentado su potencia hasta $83,3 \text{ hp}$ y $117,3 \text{ lb ft}$ de par, asimismo fue con el rendimiento de combustible que ahora es de $7,9 \text{ km/L}$.
- Se concluye que el sistema de inyección permite una respuesta más rápida de aceleración, asimismo un aumento general de su autonomía en un $44,9 \%$, resultados logrados por el mejoramiento del rendimiento volumétrico, rapidez de renovación de la mezcla, control del aporte de combustible y una mezcla más homogénea logrados por la implementación del sistema de inyección.



Recomendaciones

- Se recomienda para futuras investigaciones el diseño de un snorkel, debido a que el vehículo está destinado a recorrer caminos de difícil acceso y será inevitable el ingreso de partículas a la admisión, por lo que la toma de aire exterior deberá ser alta y contar con filtros de aire.
- Se aconseja realizar una revisión visual del sistema de alimentación de combustible periódicamente, este sistema trabaja con alta presión de combustible por lo que es necesario que todas sus conexiones correctamente acopladas y selladas.
- La bomba de alimentación de combustible es de tipo externa, no se encuentra en el depósito de combustible, está ubicada bajo el chasis del vehículo, es aconsejable construir una protección para la misma, a fin de evitar algún golpe que podría comprometer el estado de la bomba.
- Revisar de forma constante las cornetas de los cuerpos de aceleración, antes de cada encendido si es posible, ya que estas permiten el paso directo hacia los cilindros y no hay ningún tipo de depuración de partículas u objetos, porque estos pueden pasar directamente hacia los cilindros si no se revisa constantemente.





Caracas!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA