

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**“INVESTIGACIÓN DEL DESEMPEÑO MECÁNICO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
DEL VEHÍCULO MAZDA 929 AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE INYECCIÓN
SECUENCIAL REPROGRAMABLE MODULADA CON RACETEC R1000”**

Autor: Hidalgo Venegas, Rodrigo Xavier

Director: Ing. Erazo Laverde, Germán Washington



Objetivo general

Investigar el desempeño mecánico del motor de combustión interna del vehículo Mazda 929 al implementar un sistema de inyección secuencial reprogramable modulada con RaceTec R1000.



Objetivos específicos

- *Efectuar la afinación del motor del vehículo Mazda 929 con sistema de alimentación convencional.*
- *Realizar pruebas para obtener curvas de torque, potencia, consumo de combustible y cantidad de emisiones de gases contaminantes del motor a carburador.*
- *Seleccionar elementos mecánicos y electrónicos más adecuados para implementar el sistema de inyección secuencial modulada con RaceTec R1000.*
- *Implementar el sistema de inyección electrónica secuencial en el motor de combustión interna del vehículo Mazda 929.*
- *Modificar los valores de operación del sistema de inyección y de ignición a través de la computadora programable RaceTec R1000.*



Motor de combustión interna del vehículo Mazda 929

MOTOR	
Tipo	4 cilindros en línea, 4 ciclos, S.O.H.C.
Relación de compresión	8.6 : 1
Diámetro	80 mm (3.15")
Carrera	88 mm (3.46")
Desplazamiento del pistón	1769 cc
Orden de encendido	1 – 3 – 4 – 2
Sistema de alimentación	Carburador
Potencia	82 hp @ 5000 rpm
Torque	134 Nm @ 2500 rpm



Módulo de inyección reprogramable RaceTec R1000



RaceTec R1000

Especificaciones técnicas:

Velocidad Máxima 16000 rpm
 Sensor MAP hasta 6 kg positivos, 1 kg para la etapa de depresión
 Datalogger interno
 Inyección y encendido secuencial
 Resolución de encendido de 0.1°
 Resolución de tiempos de inyección de 0.01 ms
 Entrada de TPS

Entradas y salidas:

Entrada Sonda lambda Wide Band / Narrow Band
 Entrada Temperatura de aire, agua
 Entrada Temperatura de escape
 Entrada Sensor de rpm
 Entrada Sensor de fase

Funciones:

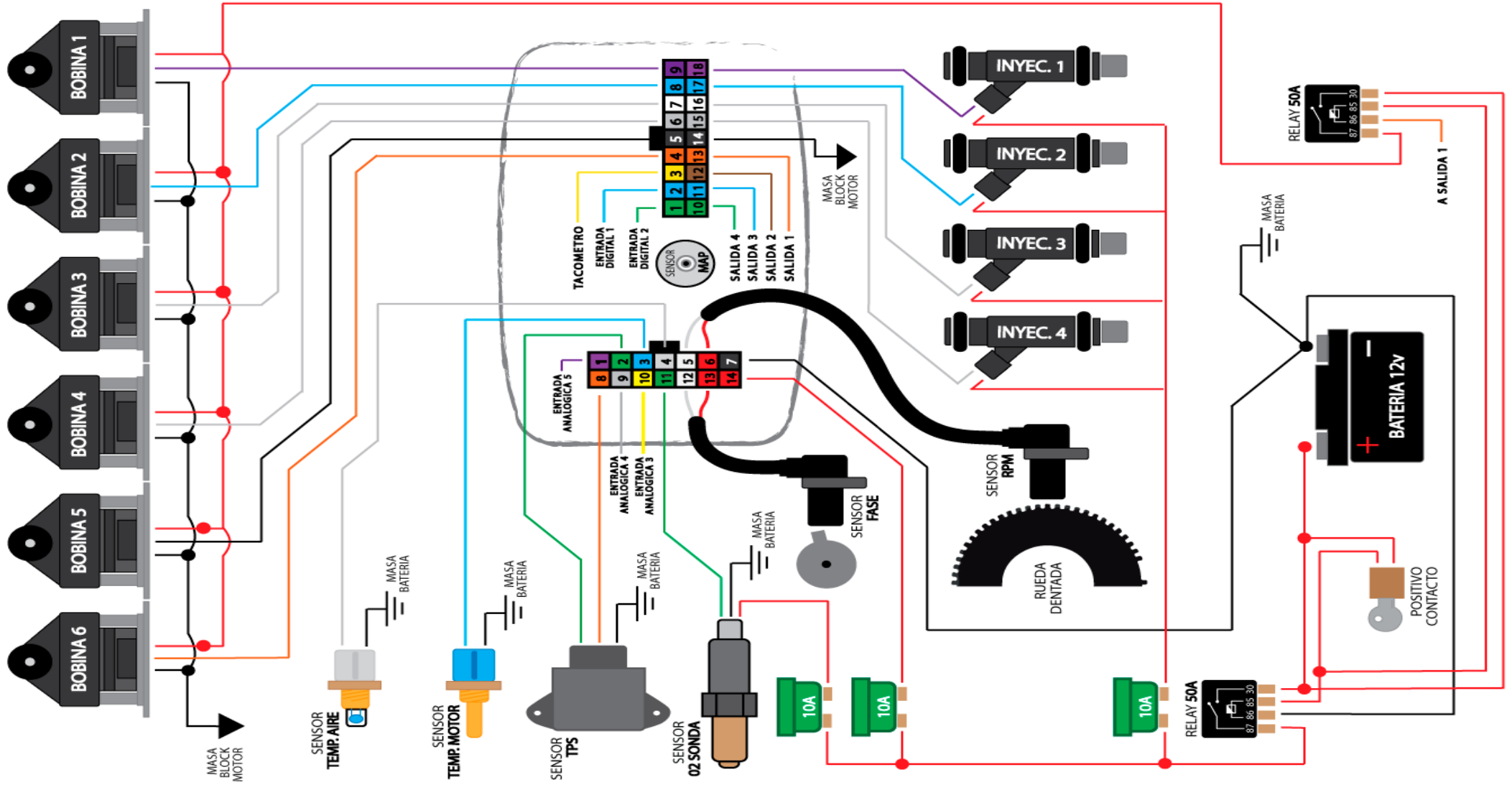
5 Entradas configurables, 3 analógicas y 2 digitales
 4 Salidas auxiliares configurables
 Mapas de inyección e ignición por TPS/MAP vs rotación
 Corrección del ángulo de inyección
 Corrección por temperatura del motor en inyección y encendido
 Control de Inyección secuencial, semi secuencial o simultáneo
 Control de Ignición secuencial, chispa perdida o bobina única
 Lectura de ruedas fónicas o distribuidor
 Limitador de RPM por corte de encendido, combustible o ambos
 Corte por desaceleración
 Protecciones y alertas configurables de todos los sensores disponibles

Dimensiones:

117 mm * 79 mm * 24 mm



Diagrama de instalación



Implementación de sensores y actuadores

Componente

figura

ITB's



Regulador de presión



Sensor TPS



Sensor ECT



Sensor CKP



Inyectores



Bobina de encendido

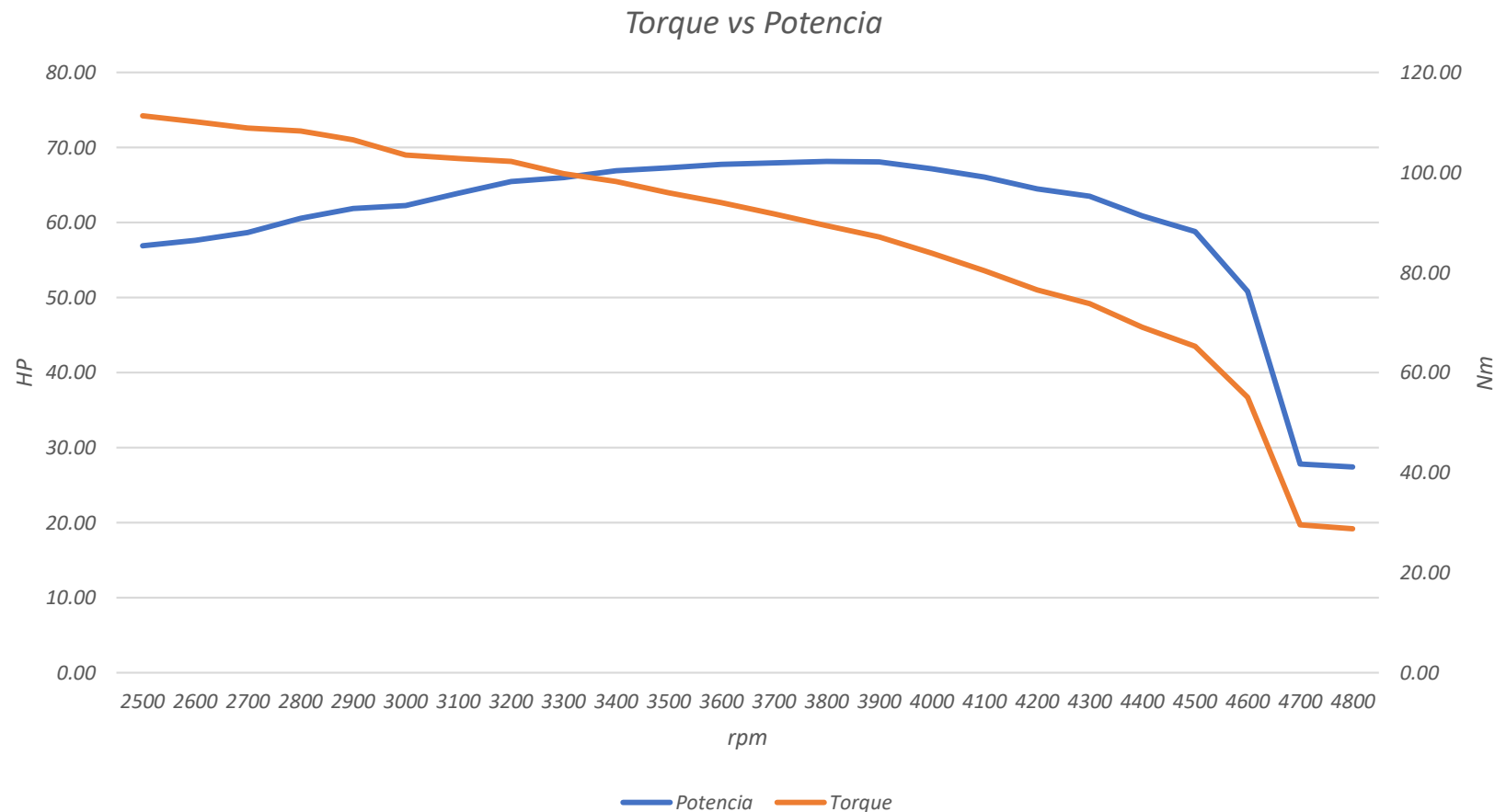


Bomba de combustible



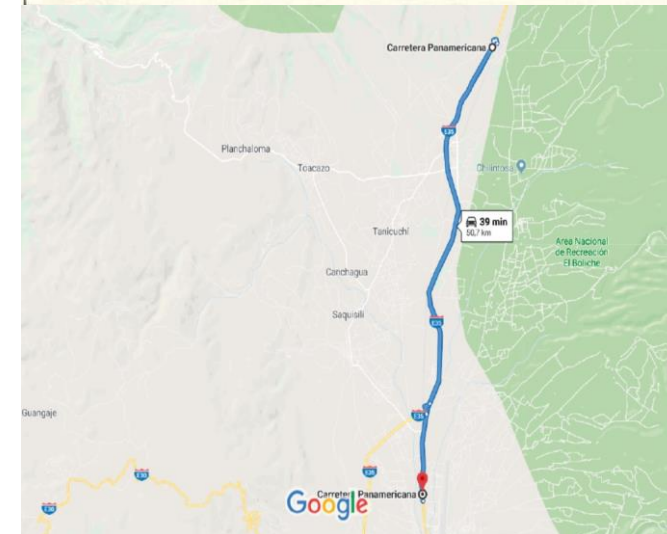
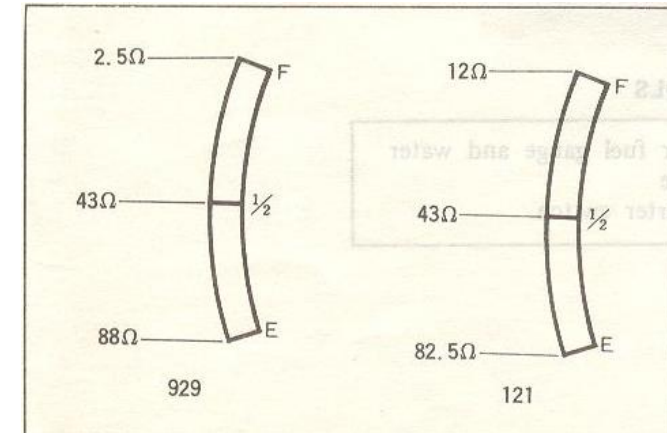
Prueba de potencia standard

RPM	Potencia	Torque
2500	56.91	111.37
2600	57.60	110.14
2700	58.69	108.90
2800	60.56	108.28
2900	61.84	106.57
3000	62.24	103.47
3100	63.91	102.79
3200	65.49	102.24
3300	65.98	99.76
3400	66.87	98.18
3500	67.27	95.92
3600	67.76	93.99
3700	67.96	91.72
3800	68.15	89.39
3900	68.06	87.12
4000	67.17	83.89
4100	66.08	80.32
4200	64.51	76.54
4300	63.52	73.79
4400	60.86	69.05
4500	58.78	65.20
4600	50.80	55.03



Prueba de consumo de combustible standard

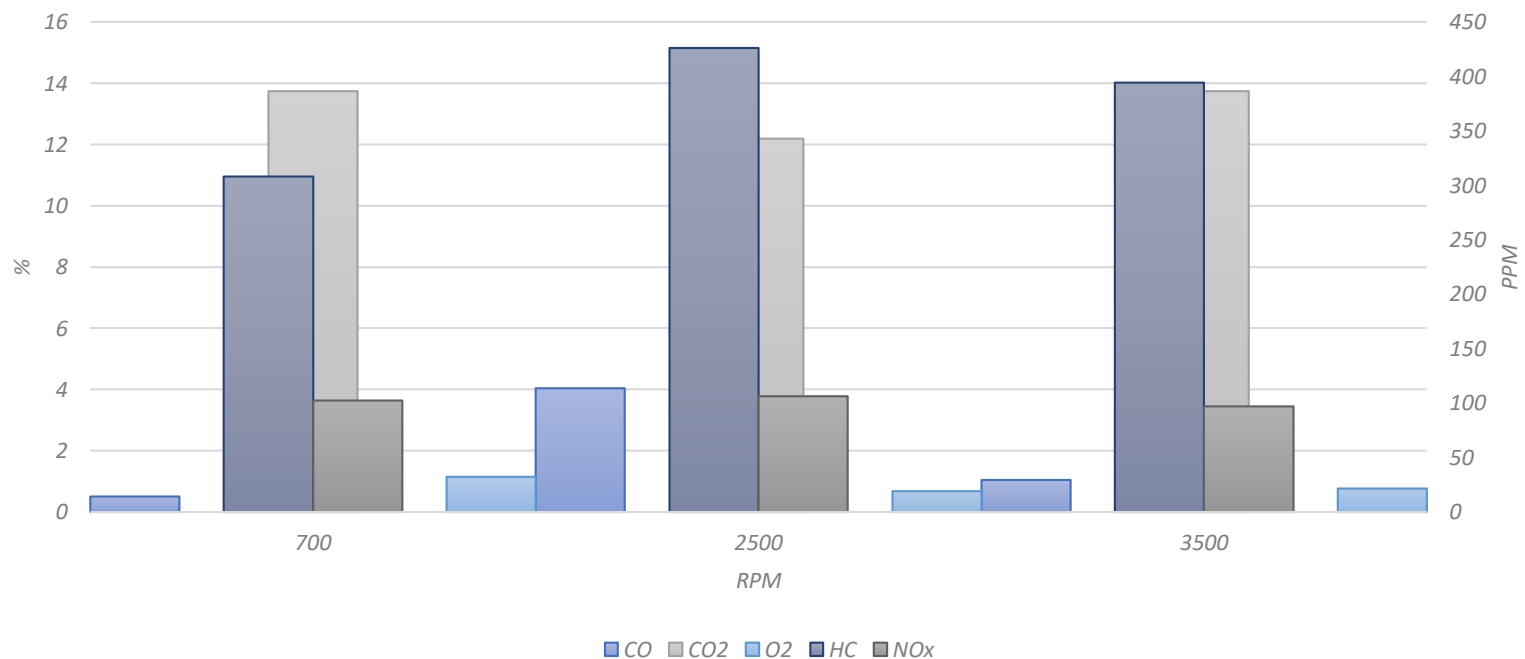
Datos del vehículo			
Marca	Mazda	Modelo	929
Año	1978	Cilindraje	1769 cc
Variables			
Iniciales		Finales	
Hora de inicio	11h55	Hora de finalización	13h21
Temperatura ambiente (°C)	14	Temperatura ambiente (°C)	14
Presión de los neumáticos (psi)	30	Presión de los neumáticos (psi)	30
Kilometraje (km)	96905.9	Kilometraje (km)	97006.0
Altitud (m.s.n.m.)	2832	Altitud (m.s.n.m.)	2832
Humedad %	72	Humedad %	73
Resistencia del indicador Ω	4.7	Resistencia del indicador Ω	15.3
Volumen en el reservorio (gl)	12.11	Volumen en el reservorio (gl)	9.75
Resultados			
Diferencia de resistencia $\Delta\Omega$	10.6	Diferencia del volumen en el reservorio (gl)	2.35



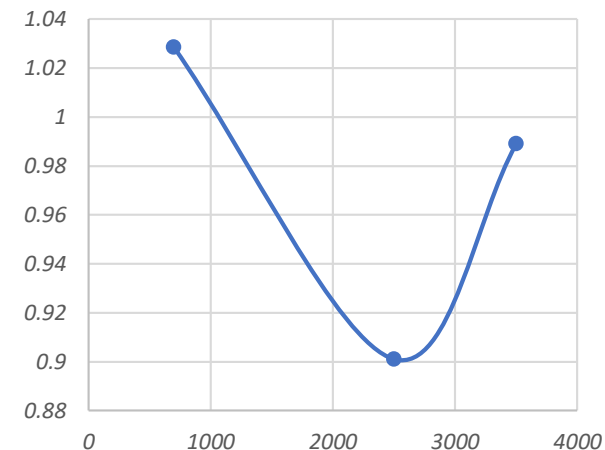
Prueba de emisiones standard

RPM	Lambda	CO	CO2	HC	O2	NOx
700	1.0285	0.495	13.75	308	1.14	102.5
2500	0.901	4.045	12.2	426	0.67	106
3500	0.989	1.035	13.75	394.5	0.755	97

Emisiones



Lambda





CONFIGURACIONES INICIALES

TELÉFONO:
MPL:
MOTIVO DE ENVÍO:
PRODUCTOS ENVIADOS CON SUS RESPECTIVOS NUMERO DE SEGUIMIENTO

DESCARGAS

SOFTWARE MANAGER B1000 Y B601
CONFIGURACION Y DATA LOGGING

SOFTWARE MANAGER THROTTLE
CONTROL Y CALIBRACION

MANUAL EFI MANAGEMENT B1000
CONFIGURACIONES, DIAGRAMAS Y PRIMEROS PASOS

MANUAL SPINCONTROL B601
CONFIGURACIONES, DIAGRAMAS Y PRIMEROS PASOS

MANUAL BOOSTCONTROL B601
CONFIGURACIONES Y DIAGRAMA ELECTRICIDAD

MANUAL Sonda WIDEBAND DE B601
INSTALACION Y DIAGRAMA ELECTRICIDAD

Programa de instalación de RaceTec Manager

Bienvenido

Bienvenido al programa de instalación de RaceTec Manager 1.0.

Se recomienda que cierre todos los programas en ejecución antes de continuar con la instalación.

Si Ud. tiene algún otro programa en ejecución, por favor haga clic en Cancelar, cierre los programas y ejecute la instalación de nuevo.

De no ser así, haga clic en Siguiente.

Botones: < Atras, Siguiente >, Cancelar

Windows Explorer showing the RaceTec Manager installation directory.

Projectos

Detalle

Sección de configuración de un proyecto.

Asistente de nuevo proyecto

Nuevo Proyecto: Proyecto

Señal de Rpm: Numero: [] Puerto asignado: []

Ubicación: [] Botón: []

Ignición: []

Tabla: []

Botón: []

Asistente de nuevo proyecto

Nuevo Proyecto: Rueda térmica

Señal de Rpm: Filtro: []

Ignición: []

Tabla: []

Botón: []

Asistente de nuevo proyecto

Nuevo Proyecto: General

Señal de Rpm: []

Ignición: []

Tabla: []

Botón: []

Asistente de nuevo proyecto

Nuevo Proyecto: General

Señal de Rpm: []

Ignición: []

Tabla: []

Botón: []

Asistente de nuevo proyecto

Nuevo Proyecto: General

Señal de Rpm: []

Ignición: []

Tabla: []

Botón: []

Mapa Rampa 1 <Aspirado Map>

Gráfico de calorimetría de la rampa.

Panel de instrumentos con lecturas de RPM, Torque, etc.



RaceTec Manager

Proyectos Edición de mapas Dataloguer Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Guardar en proyecto

Ajustes de Inyección

Mapa Rampa 1 <Aspirado ...

Corrección por <TPS>

Ajuste General de Inyección

Aceleración Rápida

Corrección por Sonda Lambda

Corrección por Cilindro

Corrección Barométrica

Ángulo de Inyección

Corrección por Temp. de Motor

Corrección por Temp. de Aire

Pulso Primario

Pulso de Arranque

Enriquecimiento Post Arranque

Corrección por Batería

Mapa Rampa 1 <Aspirado Map>

Rampa 1

Kg	Rpm	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500	3850	4200	4550	4900	5250	5600
0.40		33.1	33.1	33.1	51.7	70.3	88.9	94.8	100.7	105.8	110.9	116.0	112.2	108.3	104.4	100.6	96.7
0.35		32.7	32.5	32.8	50.6	68.4	86.2	92.9	97.9	103.1	108.2	113.4	109.9	106.4	102.9	99.5	96.0
0.30		32.3	31.9	32.4	49.5	66.5	83.6	91.1	95.2	100.4	105.6	110.8	107.7	104.5	101.4	98.3	95.2
0.25		31.8	31.3	32.1	48.4	64.6	80.9	88.1	92.4	97.7	102.9	108.1	105.4	102.7	99.9	97.2	94.5
0.20		31.4	30.6	31.7	47.2	62.7	78.2	85.2	89.7	94.9	100.2	105.5	103.2	100.8	98.4	96.1	93.7
0.15		31.0	30.0	31.4	46.1	60.8	75.6	82.3	86.9	92.2	97.6	102.9	100.9	98.9	96.9	95.0	93.0
0.10		30.6	29.4	31.1	45.0	58.9	72.9	79.4	84.1	89.5	94.9	100.3	98.7	97.1	95.4	93.8	92.2
0.05		30.1	28.8	30.7	43.9	57.0	70.2	76.4	81.4	86.8	92.2	97.6	96.4	95.2	94.0	92.7	91.5
0.00		29.7	28.2	30.4	42.8	55.1	67.5	73.5	78.6	84.1	89.5	95.0	93.5	92.0	90.5	90.1	90.1
-0.10		28.8	26.9	29.7	40.5	51.3	62.2	67.7	73.2	78.6	84.1	89.4	88.0	86.6	85.2	84.8	84.8
-0.20		28.0	25.7	29.0	40.5	52.1	56.0	61.8	67.7	73.5	79.4	78.3	77.0	75.8	74.5	74.2	74.2
-0.30		27.1	24.4	28.3	36.5	44.6	47.1	52.9	55.7	68.9	68.1	67.1	66.0	65.0	63.9	63.6	63.6
-0.40		26.3	23.2	27.6	32.4	37.1	38.2	44.7	46.7	57.4	56.7	55.9	55.0	54.1	53.2	53.0	53.0
-0.50		25.4	21.9	26.9	27.7	28.5	29.3	36.5	37.7	31.8	32.6	33.4	34.2	35.0	35.8	36.6	37.4
-0.60		24.6	20.7	26.2	26.7	27.2	27.7	28.2	28.7	29.2	29.7	30.2	30.7	31.2	31.7	32.2	32.7
-0.70		23.7	19.4	25.5	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7	26.9	27.1	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0

0.00 RPM 0.00 KG 0.0 °C

-Rotación- -Map- -Temp. motor-

0.0 0.0 ° 0.0 °C

-AFR- -Avance- -Temp. aire-

0.00 V 0.00 -Bateria- 0.00 -Lambda- 0.00 mSEG -DWell-

0.00 mSEG -T. iny. 1- 0.00 mSEG -T. iny. 2-

0.00 -Sinc.-

0.00 -Duty 1- 0.00 -Duty 2-

0.00 -Aceite- 0.00 -Comb.- 0.00 -Escape-

0.00 -Sinc. error-

Desconectado Tracción Nitro Et. Tiempo Ralenti C. presión C. desac. Anti-Lag Burn-Out C. Chispa Sincronizado C. nafta

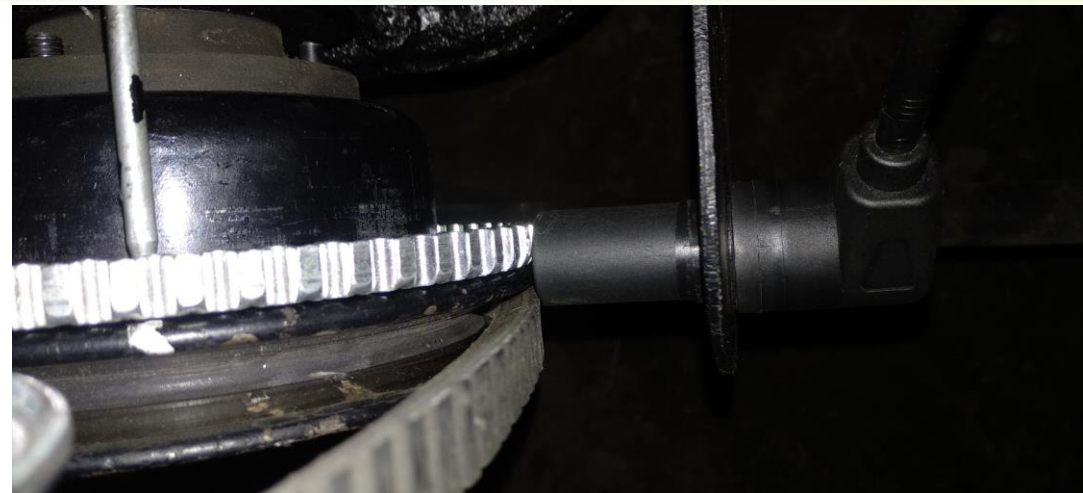
DATALOGGER Memori 0.0%



Motor de combustión interna del vehículo Mazda 929



Reluctor del cigüeñal



Reluctor del árbol de levas

Calibración de sensores

Proyectos Edición de mapas Datalogger Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Sensores y Calibración

- Sensor de Rpm
- Sensor de Fase
- Calibrar TPS**
- Sensor de Pres. Comb.
- Sensor de Pres. Aceite
- Sensor de Temp. Escape
- Sensor de MAP Externo
- Sensor de Velocidad
- Sensor de Temperatura
- Sonda Lambda
- Corrección Barométrica
- Filtros

Calibrar TPS

Calibración

Mínimo Máximo

9.2%

Proyectos Edición de mapas Datalogger Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Sensores y Calibración

- Sensor de Rpm
- Sensor de Fase
- Calibrar TPS**
- Sensor de Pres. Comb.
- Sensor de Pres. Aceite
- Sensor de Temp. Escape
- Sensor de MAP Externo
- Sensor de Velocidad
- Sensor de Temperatura
- Sonda Lambda
- Corrección Barométrica
- Filtros

Calibrar TPS

Calibración

Mínimo Máximo

89.2%

Proyectos Edición de mapas Datalogger Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Sensores y Calibración

- Sensor de Rpm
- Sensor de Fase
- Calibrar TPS
- Sensor de Pres. Comb.
- Sensor de Pres. Aceite
- Sensor de Temp. Escape
- Sensor de MAP Externo
- Sensor de Velocidad
- Sensor de Temperatura**
- Sonda Lambda
- Corrección Barométrica

Sensor de Temperatura

Sensor de Motor

Estado: Tabla:

Resistencia	Temperatura
<input type="text" value="180"/> Ω	<input type="text" value="100"/> °C
<input type="text" value="400"/> Ω	<input type="text" value="75"/> °C
<input type="text" value="5728"/> Ω	<input type="text" value="10"/> °C



Mapa base de inyección

Proyectos Edición de mapas Datalogger Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Guardar en proyecto

Ajustes de Inyección

Mapa Rampa 1 <TPS>

Mapa Rampa 1 <TPS>

Corrección por <MAP>

Ajuste General de Inyección

Aceleración Rápida

Corrección por Sonda Lambda

Corrección por Cilindro

Corrección Barométrica

Ángulo de Inyección

Corrección por Temp. de Motor

Corrección por Temp. de Aire

Pulso Primario

Pulso de Arranque

Enriquecimiento Post Arranque

Corrección por Batería

		Rampa 1															
Tps	Rpm	450	900	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500	4950	5400	5850	6300	6750	7200
100.0		100.0	100.0	100.1	102.0	105.5	111.8	114.8	113.0	110.8	108.5	106.3	104.0	101.8	98.5	96.3	95.0
90.0		98.0	98.0	98.1	100.0	103.4	109.6	112.5	110.7	108.6	106.3	104.2	101.9	99.8	96.6	94.4	93.1
80.0		95.0	95.0	95.1	96.9	100.2	106.2	109.1	107.4	105.3	103.1	101.0	98.8	96.7	93.6	91.5	90.3
70.0		90.0	90.0	90.1	91.8	95.0	100.8	103.3	101.7	99.7	97.7	95.7	93.6	91.6	88.7	86.5	85.5
60.0		85.0	85.0	85.1	86.7	89.7	95.0	97.6	96.1	94.2	92.2	90.4	88.4	86.5	83.8	81.9	80.8
50.0		75.0	75.0	75.1	76.5	79.1	83.9	86.1	84.8	83.1	81.4	79.7	78.0	76.4	73.9	72.3	71.3
40.0		70.0	70.0	70.1	71.4	73.9	78.3	80.4	79.1	77.6	76.0	74.4	72.8	71.3	69.0	67.5	66.5
35.0		68.5	68.5	68.6	69.9	72.3	76.6	78.6	77.4	75.9	74.3	72.8	71.2	69.7	67.5	66.0	65.1
30.0		67.0	67.0	67.1	68.3	70.7	74.9	76.9	75.7	74.2	72.7	71.2	69.7	68.2	66.0	64.6	63.7
25.0		60.0	60.0	60.1	61.2	63.3	67.1	68.9	67.8	66.5	65.1	63.8	62.4	61.1	59.1	57.8	57.0
20.0		50.0	50.0	50.1	51.0	52.8	55.9	57.4	56.5	55.4	54.3	53.2	52.0	50.9	49.3	48.2	47.5
15.0		40.0	40.0	40.0	40.8	42.2	44.7	45.9	45.2	44.3	43.4	42.5	41.6	40.7	39.4	38.6	38.0
10.0		37.0	37.0	37.0	37.7	39.0	41.4	42.5	41.8	41.0	40.1	39.3	38.5	37.7	36.5	35.7	35.2
6.0		37.0	37.0	37.0	37.7	39.0	41.4	42.5	41.8	41.0	40.1	39.3	38.5	37.7	36.5	35.7	35.2
3.0		37.0	37.0	37.0	37.7	39.0	41.4	42.5	41.8	41.0	40.1	39.3	38.5	37.7	36.5	35.7	35.2
0.0		25.0	25.0	25.0	25.5	26.4	28.0	28.7	28.3	27.7	27.1	26.6	26.0	25.5	24.7	24.1	23.6

0.00

0 RPM	-0.31 HG	15.0 C	11.88 V	0.60	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC	0.00 mSEC
-Rotación-	-Map-	-Temp. motor-	-Bateria-	-Lambda-	-DWell-	-T. iny. 1-	-T. iny. 2-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-	-Sinc.-
8.9	0.0	8.3 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-AFR-	-Avance-	-Temp. aire-	-Tps-	-Duty 1-	-Duty 2-	-Aceite-	-Comb.-	-Escape-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-	-Sinc. error-

Conectado

Largada Tracción Power Shift Nitro Captor de Leva Et. Tiempo Ralenti C. presión C. desac. Anti-Lag Burn-Out C. Chispa C. nafta Sincronizado

DATALOGGER Memori 0.0%





Mapa base de ignición

Proyectos Edición de mapas Datalogger Conexión Actualizar

Ajustes de Inyección Ajustes de Ignición Funciones Adicionales Entradas/Salidas de Pines Sensores y Calibración Protecciones y Alertas Configuración de Motor Datalogger

Guardar en proyecto

Ajustes de Ignición

Mapa Principal

Mapa Principal

Ajuste General de Ignición

Corrección por Cilindro

Corrección por Temp. de Motor

Corrección por Temp. de Aire

Carga de Bobina

Corrección por Batería

		Avance(Rpm;Tps)															
Tps	Rpm	450	900	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500	4950	5400	5850	6300	6750	7200
100.0	100.0	22.0	12.5	19.8	25.0	27.3	28.3	28.9	28.0	26.9	27.0	27.0	28.0	28.6	29.8	30.9	31.5
90.0	90.0	22.0	12.5	19.8	25.0	27.3	28.3	28.9	28.0	26.9	27.0	27.0	28.0	28.6	29.8	30.9	31.5
80.0	80.0	22.0	12.5	19.8	25.0	27.3	28.3	28.9	28.0	26.9	27.0	27.0	28.0	28.6	29.8	30.9	31.5
70.0	70.0	22.0	12.5	19.8	25.0	27.3	28.3	28.9	28.0	26.9	27.0	27.0	28.0	28.6	29.8	30.9	31.5
60.0	60.0	21.0	11.5	18.8	24.0	26.3	27.3	27.9	27.0	25.9	26.0	26.0	27.0	27.6	28.8	29.9	30.5
50.0	50.0	20.0	10.5	17.8	23.0	25.3	26.3	26.9	26.0	24.9	25.0	25.0	26.0	26.6	27.8	28.9	29.5
40.0	40.0	19.0	9.5	16.8	22.0	24.3	25.3	25.9	25.0	23.9	24.0	24.0	25.0	25.6	26.8	27.9	28.5
35.0	35.0	18.5	9.0	16.3	21.5	23.8	24.8	25.4	24.5	23.4	23.5	23.5	24.5	25.1	26.3	27.4	28.0
30.0	30.0	18.0	8.5	15.8	21.0	23.3	24.3	24.9	24.0	22.9	23.0	23.0	24.0	24.6	25.8	26.9	27.5
25.0	25.0	17.5	8.0	15.3	20.5	22.8	23.8	24.4	23.5	22.4	22.5	22.5	23.5	24.1	25.3	26.4	27.0
20.0	20.0	17.0	7.5	14.8	20.0	22.3	23.3	23.9	23.0	21.9	22.0	22.0	23.0	23.6	24.8	25.9	26.5
15.0	15.0	17.0	7.0	14.8	20.0	22.3	23.3	23.9	23.0	21.9	22.0	22.0	23.0	23.6	24.8	25.9	26.5
10.0	10.0	17.0	6.5	14.8	20.0	22.3	23.3	23.9	23.0	21.9	22.0	22.0	23.0	23.6	24.8	25.9	26.5
6.0	6.0	18.2	8.7	16.0	21.2	23.5	24.5	25.1	24.2	23.1	23.2	23.2	24.2	24.8	26.0	27.1	27.7
3.0	3.0	19.1	9.6	16.9	22.1	24.4	25.4	26.0	25.1	24.0	24.1	24.1	25.1	25.7	26.9	28.0	28.6
0.0	0.0	20.0	10.5	17.8	23.0	25.3	26.3	26.9	26.0	24.9	25.0	25.0	26.0	26.6	27.8	28.9	29.5

0.00

0 RPM -0.31 HG 15.0 C

-Rotación- -Map- -Temp. motor-

8.9 0.0 8.3 C

-AFR- -Avance- -Temp. aire-

11.88 V 0.60

-Batería- -Lambda-

0.00 mSEG 0.00 mSEG

-T. iny. 1- -T. iny. 2-

0.00 0.00

-Duty 1- -Duty 2-

0.00 0.00

0.00 0.00 0.00

-Aceite- -Comb.- -Escape-

0.00 mSEG

-Sinc.-

0.00

-Sinc. error-

- Conectado
- Largada
- Power Shift
- Captor de Leva
- B. Comb.
- Sincronizado
- Tracción
- Nitro
- Et. Tiempo
- Ralenti
- C. presión
- C. desac.
- Anti-Lag
- Burn-Out
- C. Chispa
- C. nafta

DATALOGGER
Memori 0.0%





Mapa de inyección 1

Mapa Rampa 1 <TPS>

		Rampa 1															
Tps	Rpm	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800
100.0		24.9	29.3	31.3	32.2	33.2	34.1	35.1	36.0	39.7	40.2	40.9	41.4	41.1	40.2	38.0	35.7
90.0		24.6	28.8	30.0	30.9	31.7	32.6	33.4	34.3	38.0	38.8	39.7	40.0	39.2	38.4	36.3	34.5
80.0		24.4	28.3	28.8	29.5	30.3	31.0	31.8	32.5	36.4	37.4	38.4	38.7	37.2	36.6	34.9	33.2
70.0		22.0	22.7	27.5	28.2	28.8	29.5	30.1	30.8	34.7	36.0	37.2	37.4	36.9	35.5	34.1	32.5
60.0		21.8	21.3	25.1	26.3	27.4	28.4	27.8	28.3	31.8	32.9	34.4	36.0	36.8	34.9	33.1	31.4
50.0		21.5	19.7	22.8	25.1	26.1	27.0	28.0	29.0	30.1	31.2	32.4	33.5	35.0	33.4	31.7	30.1
40.0		21.3	18.9	21.4	22.8	27.9	25.0	26.2	27.4	28.6	29.8	30.9	32.0	34.0	32.1	30.2	28.3
35.0		20.4	18.3	21.1	22.6	26.6	23.9	25.3	26.6	27.9	29.0	30.2	31.3	33.5	31.5	29.4	27.4
30.0		19.6	17.7	20.5	22.2	22.1	22.9	24.3	25.8	27.2	28.3	29.5	30.6	33.0	30.8	28.7	26.5
25.0		18.5	16.6	19.7	21.6	20.9	21.9	23.4	24.9	26.5	27.6	28.7	29.9	32.5	30.2	27.9	25.6
20.0		17.6	15.8	18.9	21.2	19.8	20.9	22.5	24.1	25.8	26.9	28.0	29.1	32.0	29.6	27.1	24.7
15.0		16.7	14.8	17.1	19.4	19.6	19.8	21.6	23.3	25.0	26.2	27.3	28.4	31.5	28.9	26.4	23.8
10.0		15.8	13.7	16.4	18.9	18.4	18.8	20.7	22.5	24.3	25.4	26.6	27.7	31.0	28.3	25.6	22.9
6.0		15.1	13.0	15.8	18.5	17.4	18.0	19.9	21.8	23.8	24.9	26.0	27.1	26.8	21.5	21.7	22.0
3.0		14.6	12.5	13.3	14.0	14.8	15.6	16.3	17.1	17.8	18.6	19.4	20.1	20.9	20.5	20.9	21.4
0.0		14.0	12.1	12.7	13.3	13.9	14.6	15.2	15.8	16.4	17.0	17.6	18.2	18.9	19.5	20.1	20.7





Mapa de ignición 1

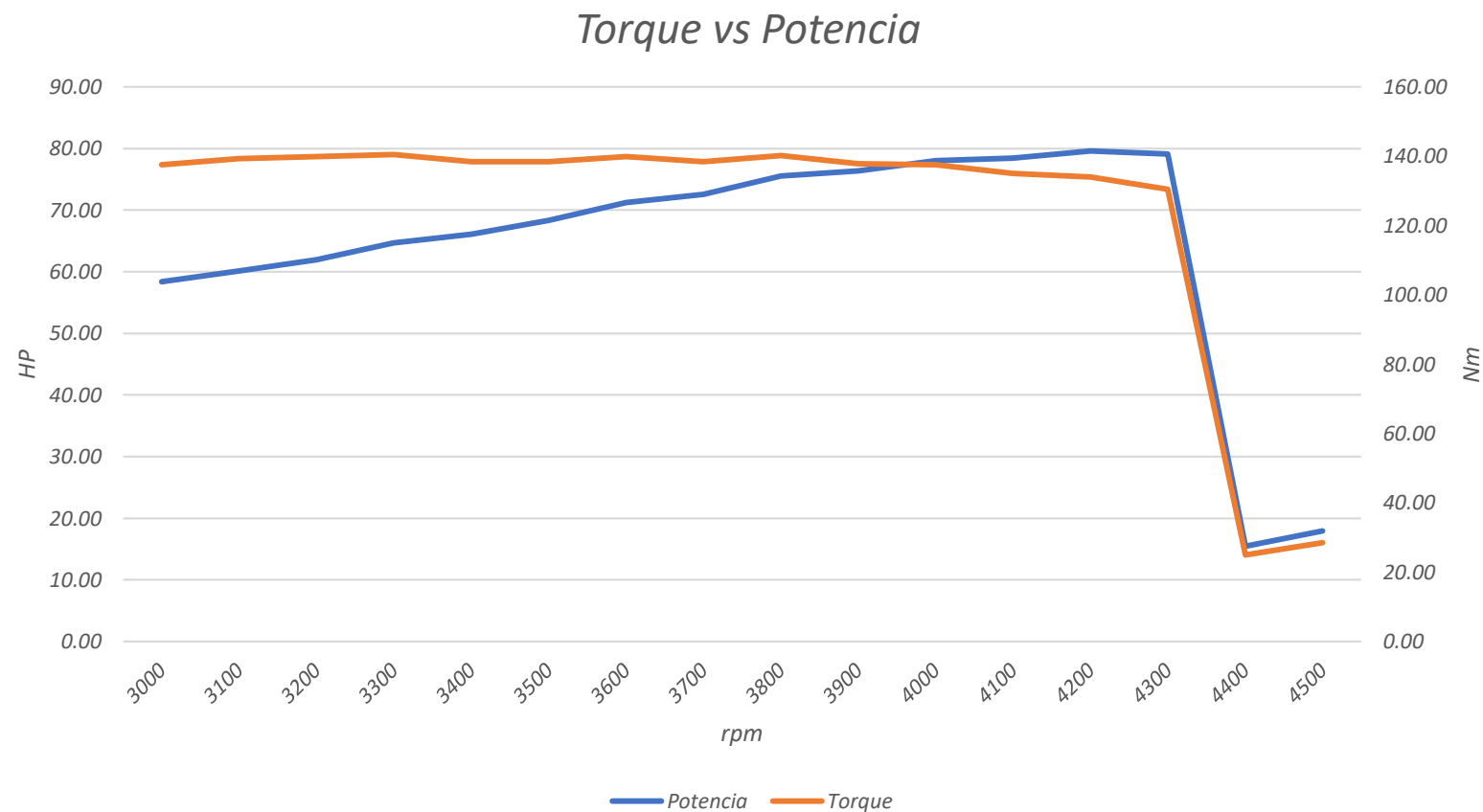
Mapa Principal

		Avance(Rpm;Tps)														
Tps \ Rpm	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800
100.0	18.1	15.8	12.2	14.2	16.2	17.6	18.0	18.5	19.0	19.4	19.9	20.4	21.0	20.6	20.2	19.8
90.0	18.3	16.0	11.9	13.9	15.8	17.5	18.0	18.6	19.2	19.8	20.4	20.8	21.3	20.9	20.4	20.0
80.0	18.6	16.2	11.6	13.5	15.5	17.3	18.0	18.7	19.4	20.2	20.9	21.3	21.7	21.2	20.7	20.2
70.0	18.8	16.4	11.4	13.2	15.1	17.2	18.0	18.8	19.7	20.5	21.4	21.7	22.1	21.5	20.9	20.4
60.0	19.0	16.6	11.1	12.9	14.8	17.0	17.9	18.9	19.9	20.9	21.9	22.1	22.4	21.8	21.1	20.5
50.0	19.2	16.8	10.8	12.5	14.4	16.9	17.9	19.0	20.1	21.3	22.4	22.7	22.8	22.1	21.4	20.7
40.0	19.3	16.9	10.4	12.2	14.0	16.7	17.9	19.1	20.4	21.7	22.9	23.1	23.2	22.4	21.7	20.9
35.0	19.6	17.2	10.3	12.1	13.9	16.6	17.8	19.2	20.5	21.8	23.1	23.3	23.4	22.6	21.7	21.0
30.0	19.7	17.3	10.1	11.9	13.7	15.9	17.8	19.2	20.6	22.1	23.4	23.5	23.6	22.7	21.9	21.0
25.0	20.5	18.1	10.1	11.8	13.5	15.9	17.8	19.3	20.7	22.2	23.7	23.8	23.8	22.9	22.0	21.1
20.0	21.1	17.8	9.9	11.6	13.3	15.8	17.8	19.3	20.9	22.4	23.9	23.9	24.0	23.1	22.1	21.3
15.0	21.7	17.5	9.7	11.5	13.2	15.7	17.8	19.3	21.0	22.6	24.1	24.1	24.1	23.2	22.3	21.4
10.0	22.4	17.2	9.6	11.3	13.0	15.6	17.7	19.4	21.1	22.7	24.4	24.4	24.4	23.4	22.4	21.4
6.0	22.9	16.9	9.4	11.1	12.8	15.6	17.7	19.5	21.2	22.9	24.6	24.5	24.5	23.5	22.4	21.5
3.0	23.3	16.7	9.4	11.1	12.7	15.5	17.7	19.5	21.3	23.1	24.8	24.7	24.6	23.6	22.6	21.6
0.0	23.7	16.6	9.3	11.0	12.6	16.0	17.7	19.5	21.4	23.1	24.9	24.8	24.7	23.7	22.7	21.6



Prueba de potencia mapa 1

RPM	Potencia	Torque
3000	58.39	137.59
3100	60.17	139.25
3200	61.94	139.94
3300	64.70	140.53
3400	66.08	138.47
3500	68.35	138.47
3600	71.21	139.94
3700	72.59	138.47
3800	75.55	140.14
3900	76.34	137.88
4000	78.02	137.49
4100	78.41	135.04
4200	79.60	134.06
4300	79.10	130.53
4400	15.49	25.01
4500	17.95	28.54

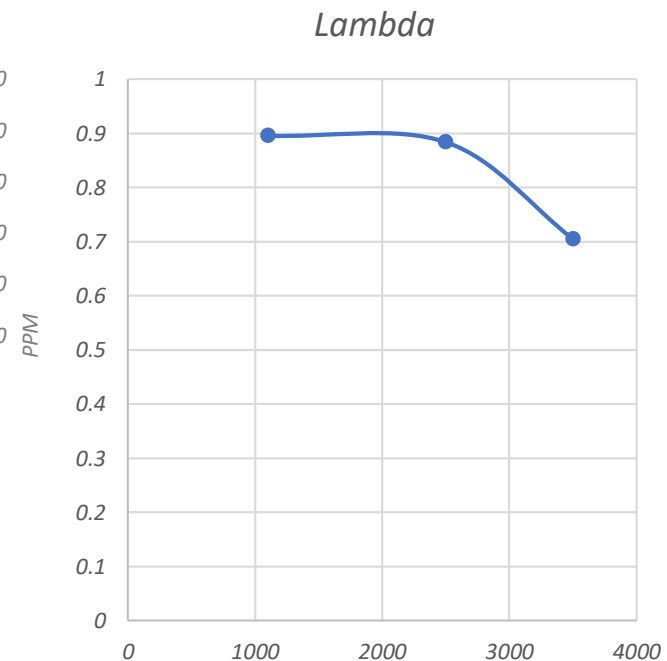
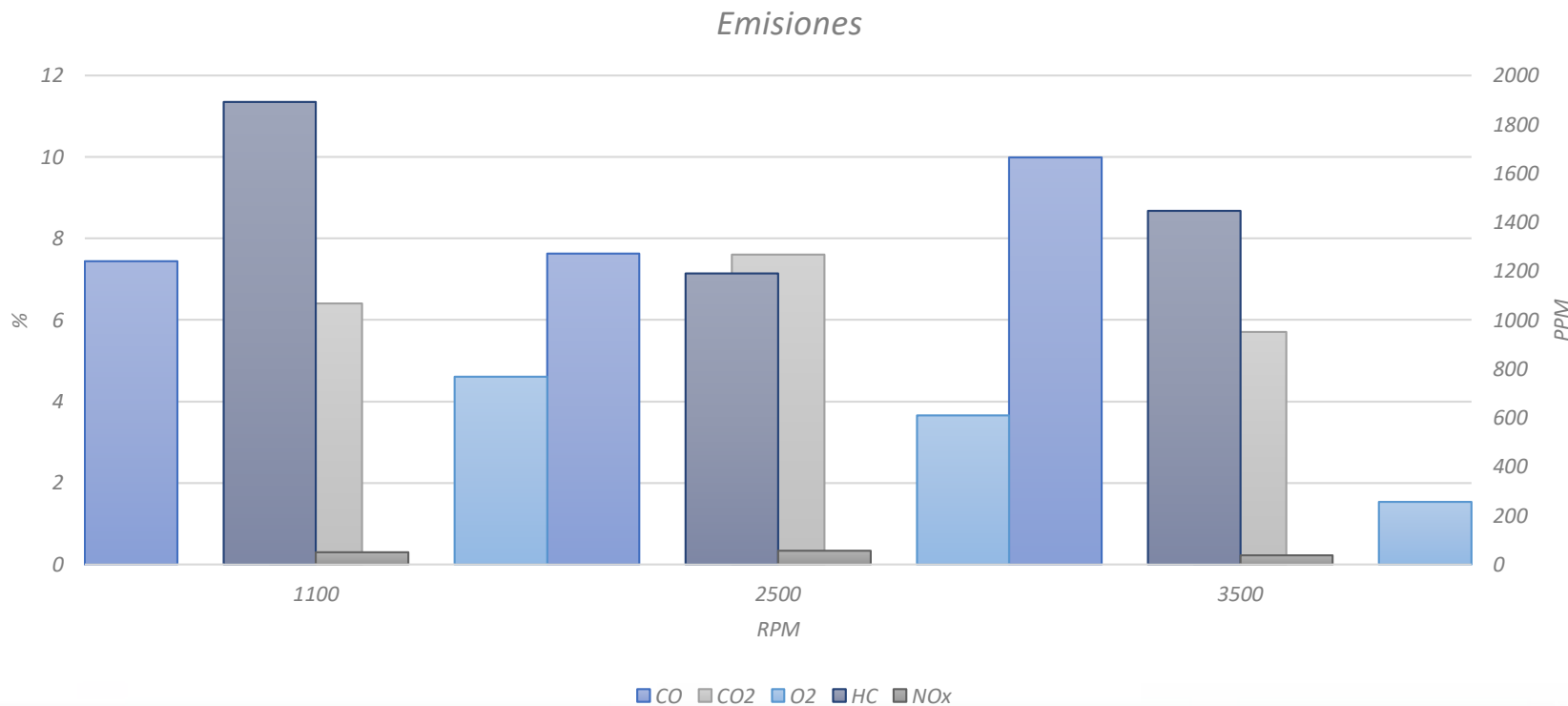


Prueba de consumo de combustible mapa 1

Datos del vehículo			
Marca	Mazda	Modelo	929
Año	1978	Cilindraje	1769 cc
Variables			
Iniciales		Finales	
Hora de inicio	07h45	Hora de finalización	09h07
Temperatura ambiente (°C)	10	Temperatura ambiente (°C)	12
Presión de los neumáticos (psi)	30	Presión de los neumáticos (psi)	30
Kilometraje (km)	97295.2	Kilometraje (km)	97395.2
Altitud (m.s.n.m.)	2832	Altitud (m.s.n.m.)	2833
Humedad %	89	Humedad %	80
Resistencia del indicador Ω	2.5	Resistencia del indicador Ω	17.7
Volumen en el reservorio	16.9	Volumen en el reservorio	13.72
Resultados			
Diferencia de resistencia $\Delta\Omega$	15.2	Diferencia del volumen en el reservorio	3.18

Prueba de emisiones mapa 1

RPM	Lambda	CO	CO2	HC	O2	NOx
1100	0.896	7.44	6.4	1893	4.61	50
2500	0.884	7.63	7.6	1191	3.66	56
3500	0.705	9.99	5.7	1447	1.53	37



Mapa de inyección 2

Mapa Rampa 1 <TPS>

		Rampa 1															
Tps	Rpm	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800
100.0		24.9	29.3	31.3	32.7	34.1	35.5	36.9	38.3	39.7	40.2	40.9	41.4	41.1	40.2	38.0	35.7
90.0		24.6	28.8	30.5	31.8	33.0	34.3	35.6	36.8	38.1	38.8	39.8	40.5	40.1	39.3	37.3	35.2
80.0		24.4	28.3	29.9	31.1	32.5	32.7	33.1	33.5	36.6	37.5	38.7	39.5	39.1	38.3	36.7	34.7
70.0		22.0	22.7	27.5	28.7	29.8	31.1	30.4	30.8	34.7	36.2	37.6	38.6	38.1	37.4	36.0	34.2
60.0		21.8	21.3	25.1	27.0	27.8	28.4	27.8	28.3	31.8	34.8	36.6	37.6	37.0	36.5	35.3	33.8
50.0		21.5	19.7	22.8	24.3	25.8	27.0	26.3	28.4	30.4	32.5	35.5	36.7	36.0	35.5	34.7	33.3
40.0		21.3	18.9	21.5	22.6	23.8	26.8	26.5	28.1	29.7	31.4	34.4	35.7	35.0	34.6	34.0	32.8
35.0		20.4	18.3	20.8	21.8	22.8	26.7	26.6	28.0	29.4	30.8	33.8	35.3	34.5	34.1	33.7	32.5
30.0		19.6	17.7	20.2	21.0	21.8	26.7	26.7	27.9	29.1	30.2	31.4	34.8	34.0	33.7	33.3	32.3
25.0		18.5	16.6	19.6	20.2	20.8	26.6	26.8	27.8	28.7	29.7	30.6	34.3	33.5	33.2	33.0	31.2
20.0		17.6	15.8	18.9	19.4	19.8	26.5	26.9	27.6	28.4	29.1	29.8	33.8	32.7	31.8	31.0	30.1
15.0		16.7	14.8	17.1	19.4	19.6	26.4	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	33.4	31.8	30.5	29.0	29.0
10.0		15.8	13.7	16.4	18.9	18.4	22.3	27.1	27.4	27.7	28.0	28.2	32.9	31.0	29.0	27.0	27.9
6.0		15.1	13.0	15.8	18.5	17.4	18.0	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.1	26.8	26.4	24.6	27.0
3.0		14.6	12.5	15.3	15.5	15.8	16.0	16.2	16.5	16.7	16.9	17.2	17.4	17.7	17.9	18.1	18.4
0.0		14.0	12.1	14.9	15.1	15.3	15.5	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	17.1	17.3	17.5	17.7

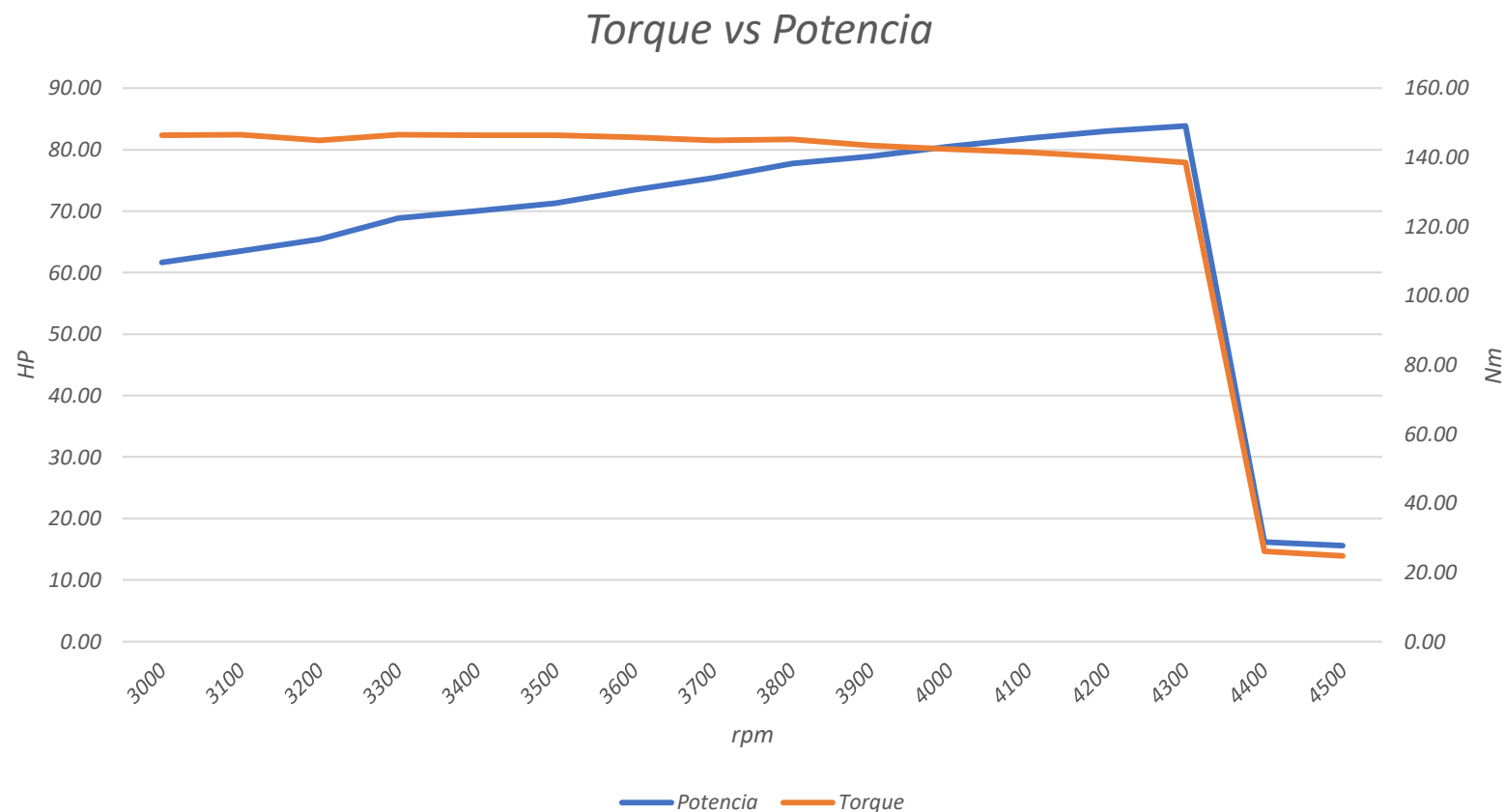
Mapa de ignición 2

Mapa Principal

		Avance(Rpm;Tps)														
Tps \ Rpm	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800
100.0	28.4	25.4	20.8	22.3	25.9	27.8	28.3	29.0	29.5	30.1	30.7	31.4	32.1	31.6	31.1	30.6
90.0	28.7	25.5	20.8	22.3	25.4	27.6	28.3	29.1	29.8	30.5	31.4	31.9	32.5	32.0	31.4	30.8
80.0	29.0	25.6	20.9	22.3	25.0	27.4	28.3	29.3	30.1	31.0	32.0	32.5	33.0	32.4	31.7	31.1
70.0	29.3	25.7	20.9	22.3	24.5	27.2	28.2	29.4	30.4	31.5	32.6	33.1	33.5	32.8	32.0	31.3
60.0	29.5	25.8	21.0	22.3	24.1	27.0	28.2	29.5	30.8	32.0	33.3	33.6	34.0	33.2	32.3	31.5
50.0	29.8	25.9	21.0	22.3	23.6	26.8	28.2	29.7	31.1	32.5	33.9	34.3	34.5	33.6	32.7	31.8
40.0	30.0	26.0	21.1	22.3	23.1	26.6	28.1	29.8	31.4	33.0	34.6	34.8	35.0	33.9	33.0	32.0
35.0	30.3	26.0	21.1	22.3	22.9	26.4	28.1	29.9	31.5	33.2	34.9	35.1	35.3	34.2	33.1	32.1
30.0	30.5	26.1	20.5	21.3	22.7	25.6	27.3	29.9	31.7	33.4	35.3	35.4	35.5	34.4	33.3	32.2
25.0	31.5	26.2	20.2	20.7	22.4	25.5	27.3	30.0	31.8	33.7	35.6	35.7	35.7	34.6	33.4	32.3
20.0	32.5	26.2	19.6	19.6	22.2	25.4	27.2	30.1	32.0	33.9	35.9	35.9	36.0	34.8	33.6	32.5
15.0	33.5	26.2	18.9	18.5	22.0	25.3	27.2	30.1	32.1	34.2	36.2	36.2	36.2	35.0	33.8	32.6
10.0	34.6	26.3	18.2	17.5	21.8	25.2	27.2	30.2	32.3	34.4	36.5	36.5	36.5	35.2	33.9	32.7
6.0	35.1	26.3	17.7	16.6	21.6	25.1	27.2	30.2	32.4	34.6	36.8	36.7	36.7	35.4	34.0	32.8
3.0	35.6	26.4	17.4	16.0	21.4	25.0	27.2	30.3	32.5	34.8	37.0	36.9	36.8	35.5	34.2	32.9
0.0	35.6	26.4	17.0	15.4	21.3	25.7	27.9	30.3	32.6	34.9	37.2	37.1	36.9	35.6	34.3	32.9

Prueba de potencia mapa 2

RPM	Potencia	Torque
3000	61.65	146.38
3100	63.52	146.61
3200	65.39	144.84
3300	68.85	146.51
3400	70.03	146.41
3500	71.31	146.41
3600	73.48	145.82
3700	75.35	144.94
3800	77.72	145.14
3900	78.91	143.37
4000	80.48	142.39
4100	81.86	141.41
4200	83.05	140.14
4300	83.84	138.47
4400	16.18	26.09
4500	15.58	24.71



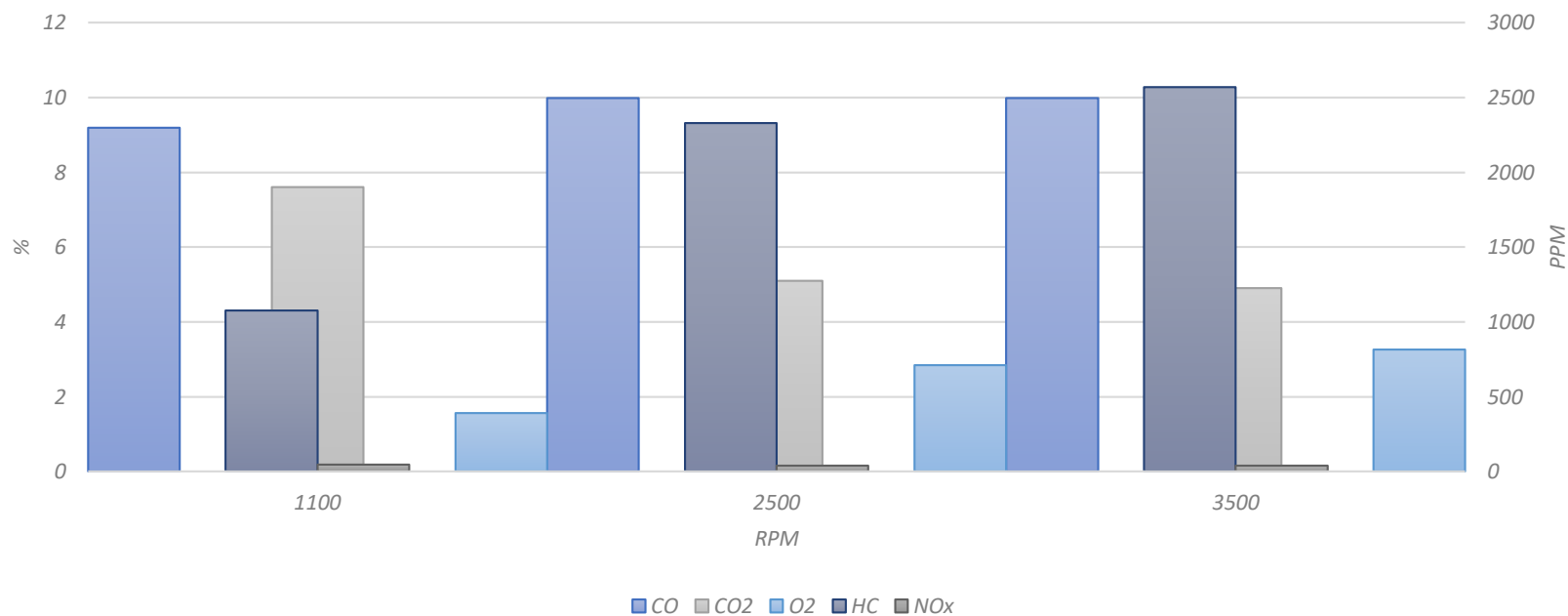
Prueba de consumo de combustible mapa 1

Datos del vehículo			
Marca	Mazda	Modelo	929
Año	1978	Cilindraje	1769 cc
Variables			
Iniciales	Finales		
Hora de inicio	9h15	Hora de finalización	10h28
Temperatura ambiente (°C)	11	Temperatura ambiente (°C)	12
Presión de los neumáticos (psi)	30	Presión de los neumáticos (psi)	30
Kilometraje (km)	97416.7	Kilometraje (km)	98416.8
Altitud (m.s.n.m.)	2832	Altitud (m.s.n.m.)	2833
Humedad %	85	Humedad %	81
Resistencia del indicador Ω	2.5	Resistencia del indicador Ω	17.3
Volumen en el reservorio	16.9	Volumen en el reservorio	13.81
Resultados			
Diferencia de resistencia $\Delta\Omega$	14.8	Diferencia del volumen en el reservorio	3.09

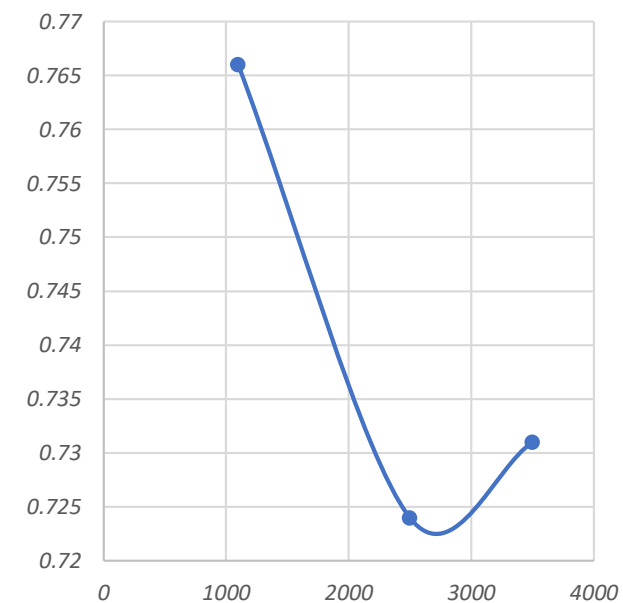
Prueba de emisiones mapa 2

RPM	Lambda	CO	CO2	HC	O2	NOx
1100	0.766	9.19	7.6	1075	1.56	47
2500	0.724	9.99	5.1	2330	2.84	38
3500	0.731	9.99	4.9	2570	3.26	40

Emisiones



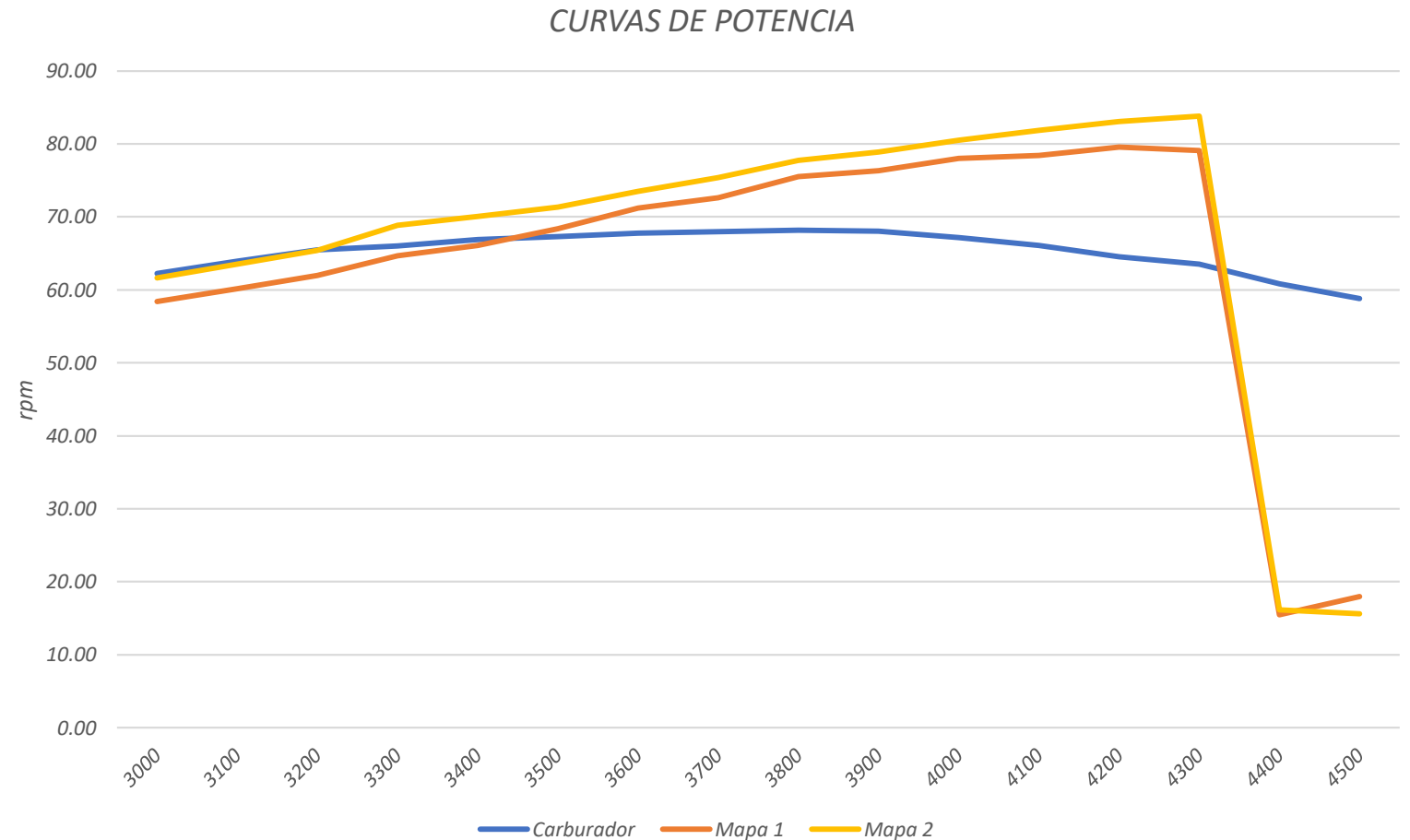
Lambda





Análisis de potencia

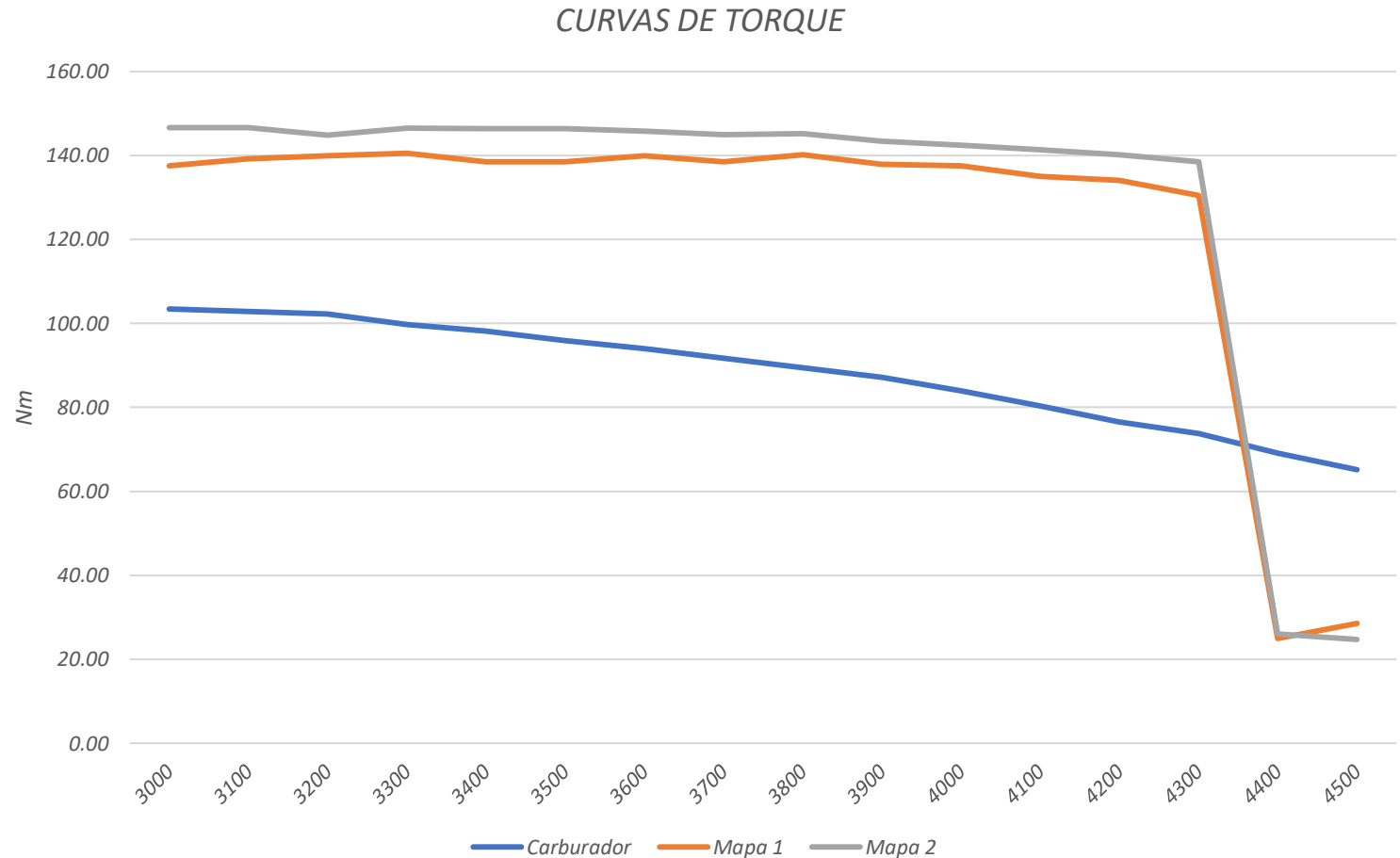
RPM	POTENCIA (HP)		
	Carburador	Mapa 1	Mapa 2
3000	62.24	58.39	61.65
3100	63.91	60.17	63.52
3200	65.49	61.94	65.39
3300	65.98	64.70	68.85
3400	66.87	66.08	70.03
3500	67.27	68.35	71.31
3600	67.76	71.21	73.48
3700	67.96	72.59	75.35
3800	68.15	75.55	77.72
3900	68.06	76.34	78.91
4000	67.17	78.02	80.48
4100	66.08	78.41	81.86
4200	64.51	79.60	83.05
4300	63.52	79.10	83.84
4400	60.86	15.49	16.18
4500	58.78	17.95	15.58





Análisis de torque

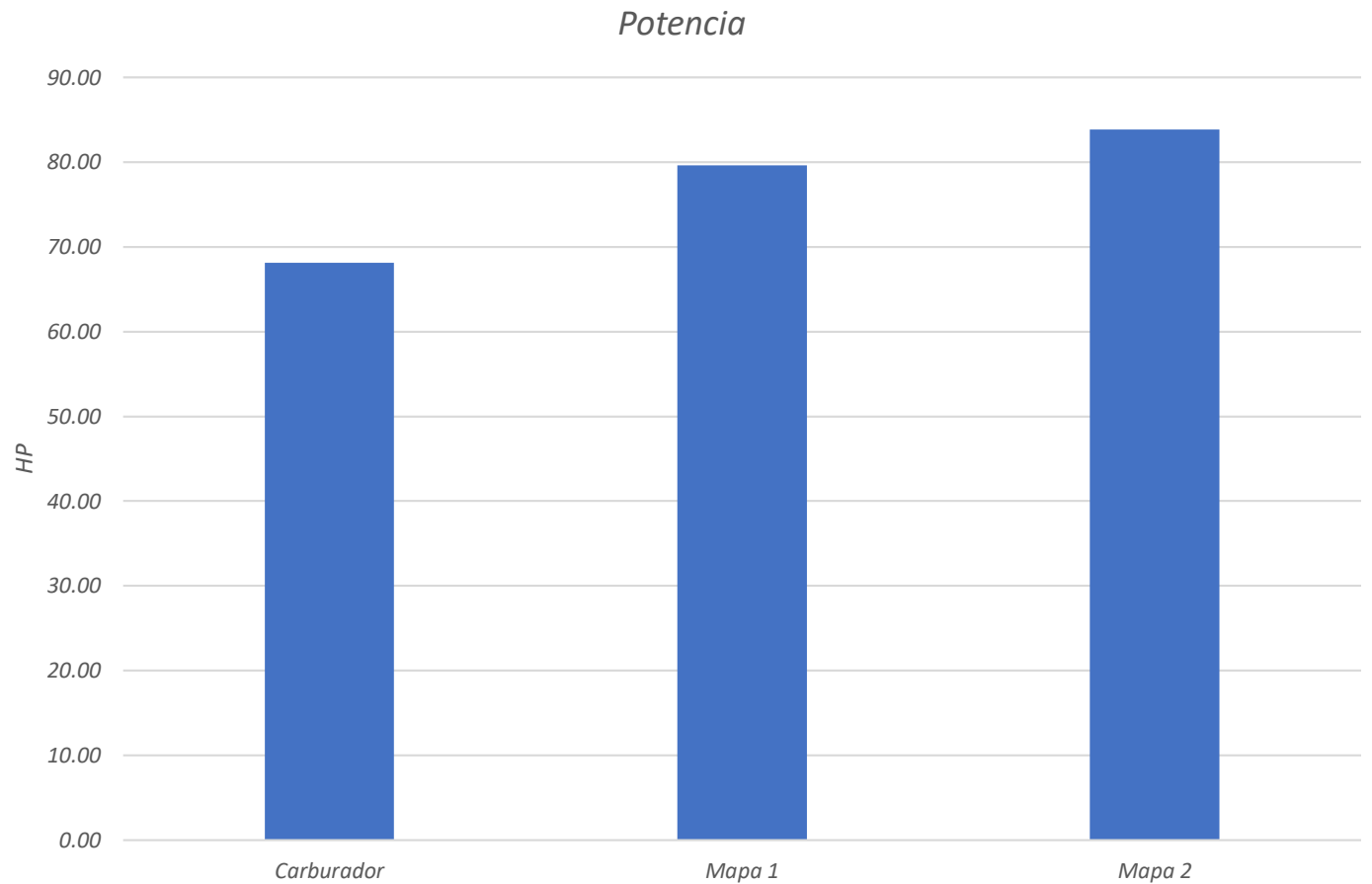
RPM	TORQUE (Nm)		
	Carburador	Mapa 1	Mapa 2
2500	111.37		
3000	103.47	137.59	146.61
3100	102.79	139.25	146.61
3200	102.24	139.94	144.84
3300	99.76	140.53	146.51
3400	98.18	138.47	146.41
3500	95.92	138.47	146.41
3600	93.99	139.94	145.82
3700	91.72	138.47	144.94
3800	89.39	140.14	145.14
3900	87.12	137.88	143.37
4000	83.89	137.49	142.39
4100	80.32	135.04	141.41
4200	76.54	134.06	140.14
4300	73.79	130.53	138.47
4400	69.05	25.01	26.09
4500	65.20	28.54	24.71



Resultados de potencia

	Potencia	RPM
Carburador	68.15	3800
Mapa 1	79.6	4200
Mapa 2	83.84	4300

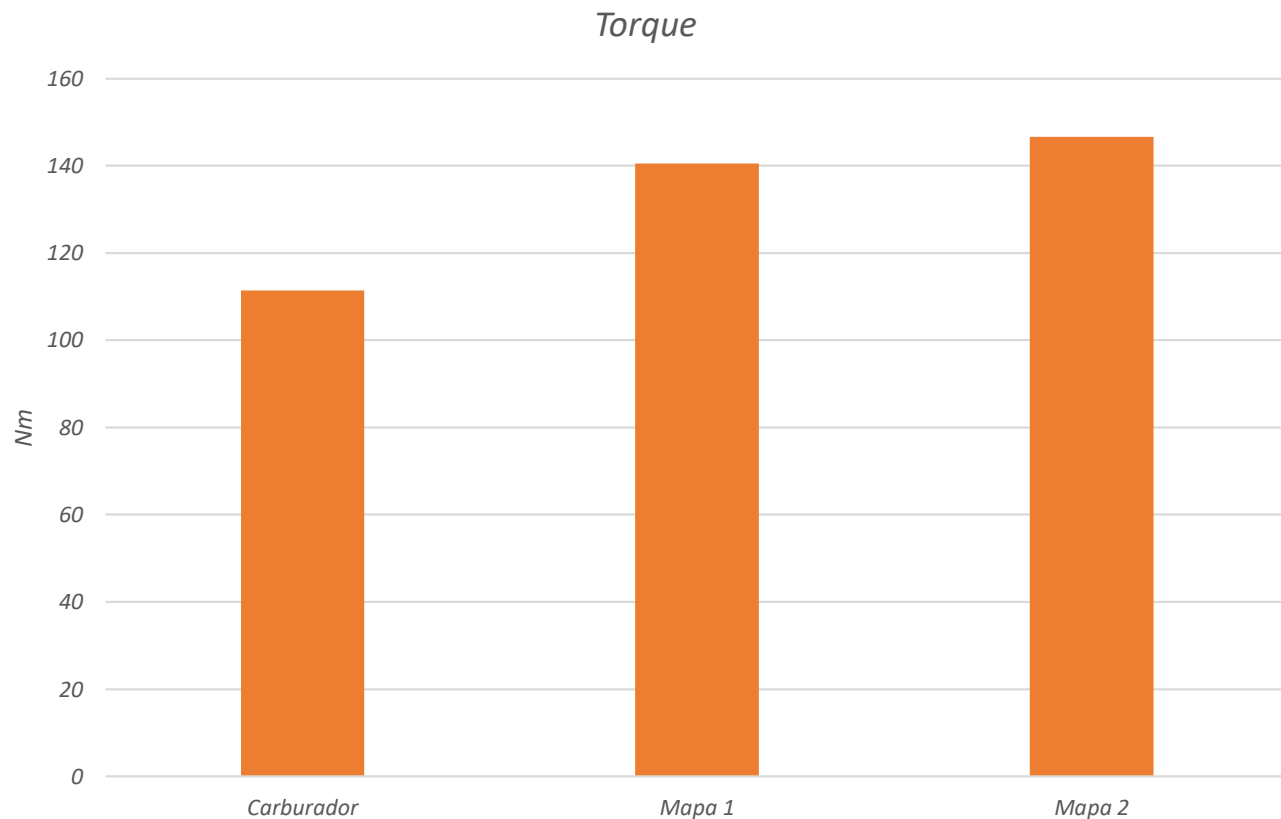
Carburador vs M1	16.7930986
Carburador vs M2	23.0142385
M1 vs M2	5.32663317



Resultados de torque

	Torque	RPM
Carburador	111.37	2500
Mapa 1	140.53	3100
Mapa 2	146.61	3300

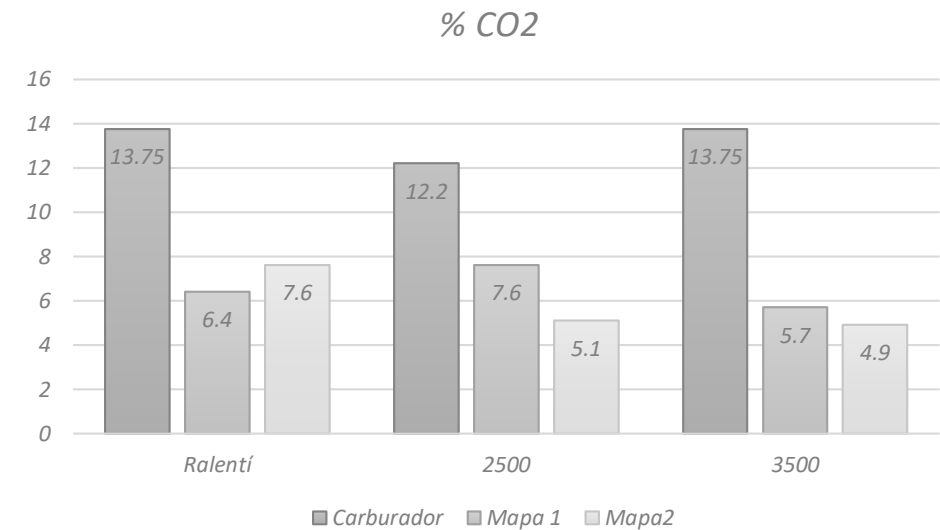
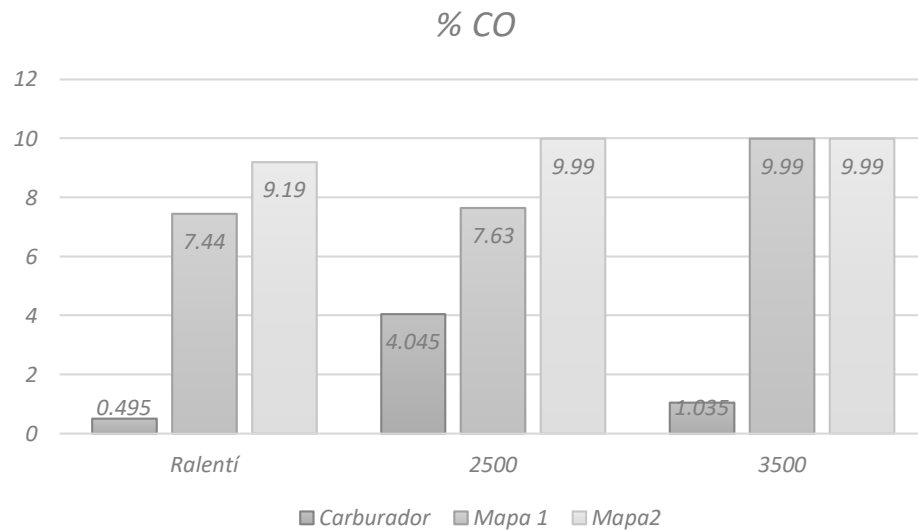
Carburador vs M1	26.1829936
Carburador vs M2	31.6422735
M1 vs M2	4.32647833



Análisis de gases

CO	Carburador	Mapa 1	Mapa2
Ralentí	0.495	7.44	9.19
2500	4.045	7.63	9.99
3500	1.035	9.99	9.99

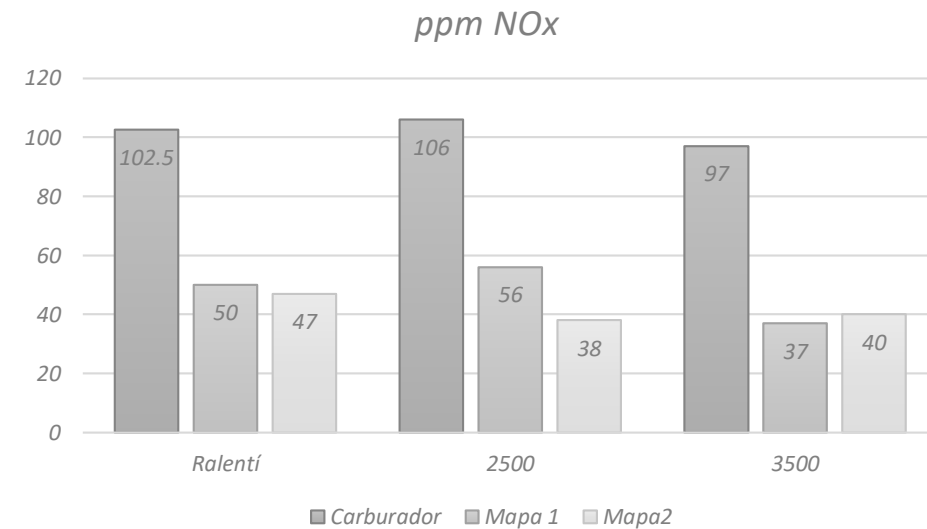
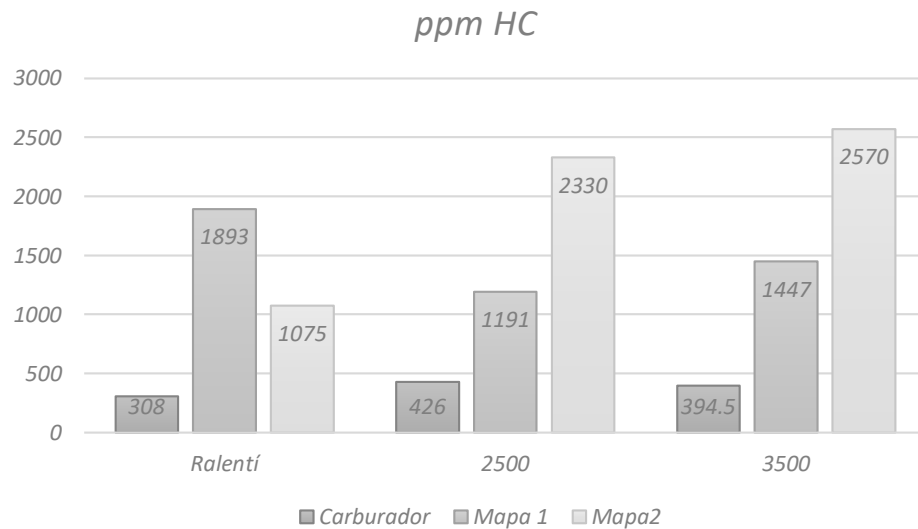
CO2	Carburador	Mapa 1	Mapa2
Ralentí	13.75	6.4	7.6
2500	12.2	7.6	5.1
3500	13.75	5.7	4.9



Análisis de gases

HC	Carburador	Mapa 1	Mapa2
Ralentí	308	1893	1075
2500	426	1191	2330
3500	394.5	1447	2570

NOx	Carburador	Mapa 1	Mapa2
Ralentí	13.75	6.4	7.6
2500	12.2	7.6	5.1
3500	13.75	5.7	4.9

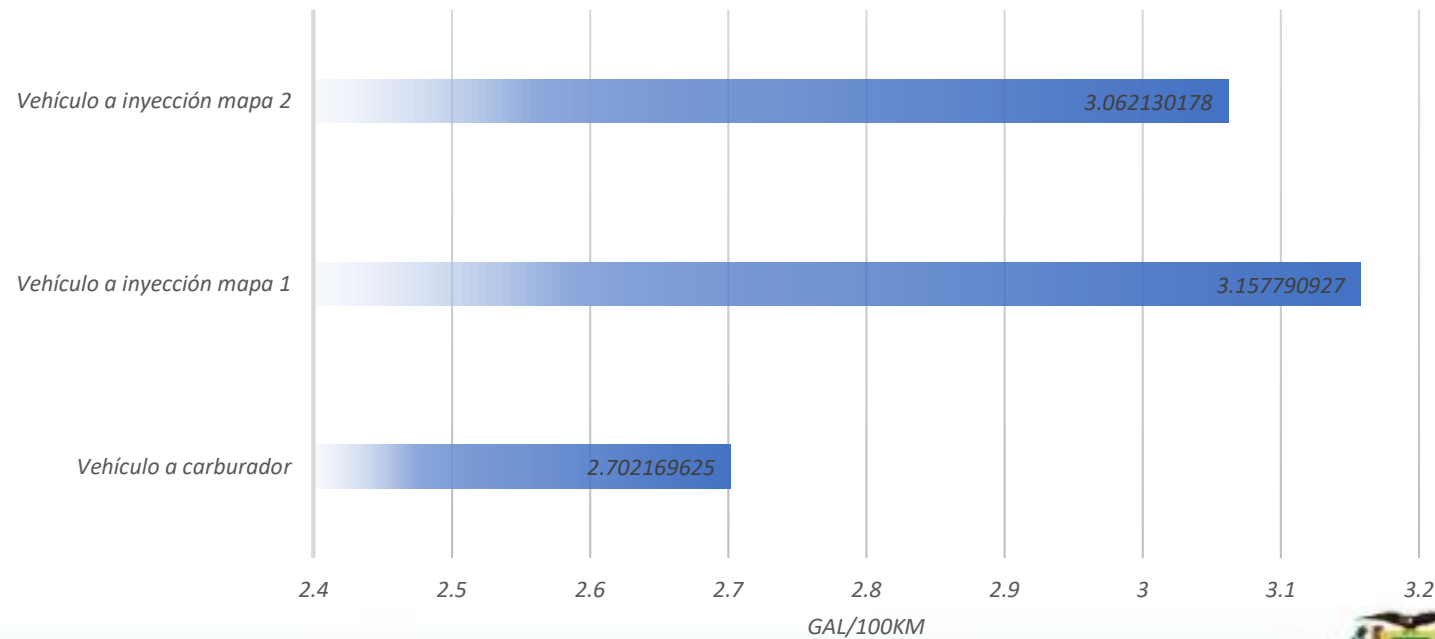




Resultados de consumo

	Ω	Equivalente	$\Delta (\Omega)$	Δ (calculado)	Δ (repostaje)	100 km
Vehículo a carburador	15.6	14.1667901	13.1	2.73320988	2.74	2.70216963
Vehículo a inyección mapa 1	17.7	13.728642	15.2	3.17135802	3.202	3.15779093
Vehículo a inyección mapa 2	17.3	13.8120988	14.8	3.08790123	3.105	3.06213018

CONSUMO



Carburador vs M1 16.8613139
Carburador vs M2 13.3211679





Conclusiones

- Se realizaron varias pruebas de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes del vehículo equipado con carburador.
- Se implementó el sistema de inyección electrónica instalando los elementos seleccionados tomando como referencia las consideraciones indicadas en el manual del fabricante del módulo reprogramable RaceTec R1000.
- Se modificó los valores de eficiencia volumétrica y avance de encendido en los sistemas de inyección e ignición respectivamente empleando el software de control del módulo reprogramable RaceTec R1000.
- Se llevaron a cabo pruebas dinamométricas, de consumo de combustible y de emisiones contaminantes con el nuevo sistema de inyección electrónica reprogramable.





- Se aumentó la potencia radicalmente de 68.15 HP a 83.84 HP con el mapa 2 del sistema de inyección electrónica, gracias al incremento de los parámetros de avance de encendido y eficiencia volumétrica, alcanzando un valor máximo de 32° de adelanto y 41.4% respectivamente.
- Se elevó los valores de par motor con el mapa 1 y 2 del sistema de inyección electrónica, en relación al vehículo con carburador, alcanzando incrementos de 29.16 Nm en la configuración conservadora y de hasta 35.24 Nm en el mapa de máxima potencia.
- Se consiguió una disminución en las cantidades de óxidos de nitrógeno emitidos, estos dependen en gran medida de las temperaturas de combustión y del avance de encendido, resultando en valores menores con el mapa 2, debido a un incremento de 10 % del adelanto, brindando más tiempo para la quema completa de la mezcla en el interior del cilindro.
- Se obtuvo un incremento de 16.86% en el mapa 1 y de 13.32% en el mapa 2, el incremento de combustible se debe a los valores con los que se trabajó en las tablas de eficiencia volumétrica.



Recomendaciones

- Durante los diferentes ensayos tomar en cuenta los protocolos y las consideraciones indicadas en el proyecto de investigación, además de utilizar equipos de protección cuando sea necesario para precautelar la seguridad del ocupante.
- Antes de dar el primer arranque al motor verificar que toda la conexión de los componentes electrónicos sea la correcta, midiendo continuidad entre el cableado de comunicación o voltajes de encendido, también revisar las líneas de alimentación de combustible y refrigeración para cerciorarse de la ausencia de fugas en cualquiera de los sistemas involucrados.
- Para la calibración del vehículo se recomienda el uso de un sensor de oxígeno de banda ancha para una lectura de mayor precisión por parte del módulo de inyección reprogramable, puesto que, informará al afinador sobre el enriquecimiento de la mezcla que ingresa al cilindro.



- Durante la afinación de los mapas se debe tomar en cuenta las modificaciones del motor de combustión, pues componentes mecánicos standard presentarán una menor resistencia en contraste con autopartes orientadas a vehículos de competición, es así, que un elevado adelanto de encendido podría desembocar en el picado de los componentes en el interior del cilindro, además del tipo de gasolina empleada para su funcionamiento enfocándose en su capacidad antidetonante.
- Investigar acerca de la flujometría de los filtros existentes en el mercado, pues la restricción generada en el sistema de admisión se ve reflejada en las concentraciones de gases contaminantes producidos por la combustión, dejando la mezcla demasiado rica, además de una posible sobrealimentación de combustible al motor, corriendo el riesgo de ahogarlo.
- Investigar sobre la incidencia que tiene el avance de encendido sobre las cantidades de los gases emitidos por el motor, ya que, principalmente las partes por millón de óxidos de nitrógeno se ven afectadas por el avance de encendido y la temperatura de funcionamiento del motor.

