

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA TÉRMICA APLICANDO ANHÍDRIDO CARBÓNICO EN EL SISTEMA DE ADMISIÓN DEL MOTOR SUZUKI G13”**

**AUTORES: CHACÓN MOLINA, WILSON ADRIÁN**  
**RAMOS REINOSO, EDWIN RICARDO**

**DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO MSc.**

**LATACUNGA, NOVIEMBRE 2019**





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## OBJETIVO GENERAL

Analizar la incidencia térmica, mecánica y emisiones de la inyección de anhídrido carbónico en el sistema de admisión y combustible del motor SUZUKI G13“





## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar un método de tratamiento pre combustión y control térmico mediante la inyección de anhídrido carbónico en un bulbo metálico en el ducto de la admisión y un sistema encamisado en la cañería principal de combustible.

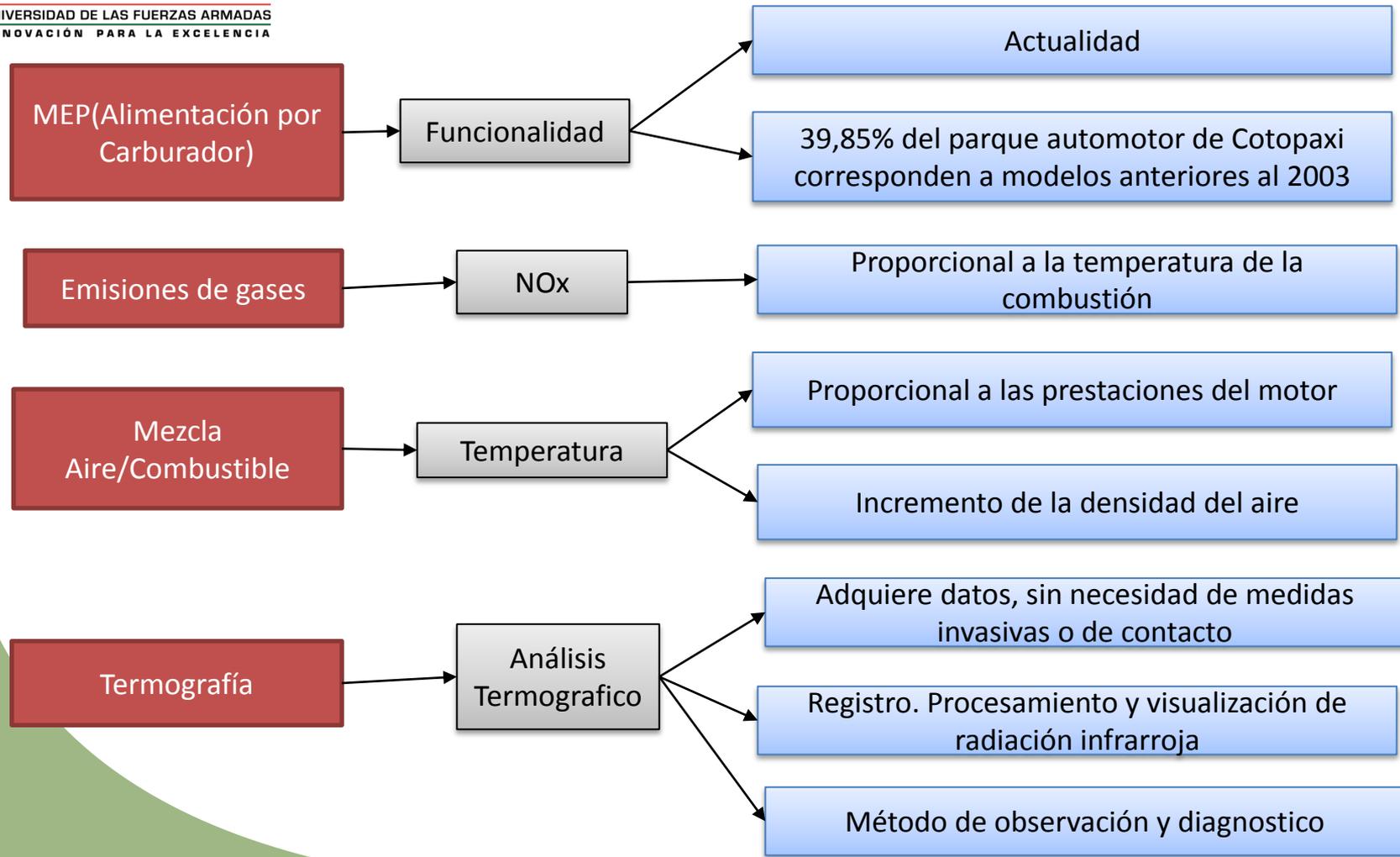
Diseñar e implementar un módulo de control electrónico de irrigación del de anhídrido carbónico en el ducto de admisión y cañería principal de combustible del motor SUZUKI G13 que determine la inyección del fluido.

Analizar la incidencia térmica, mecánica y emisiones de la inyección del anhídrido carbónico mediante un modelo matemático y análisis grafico – estadístico.

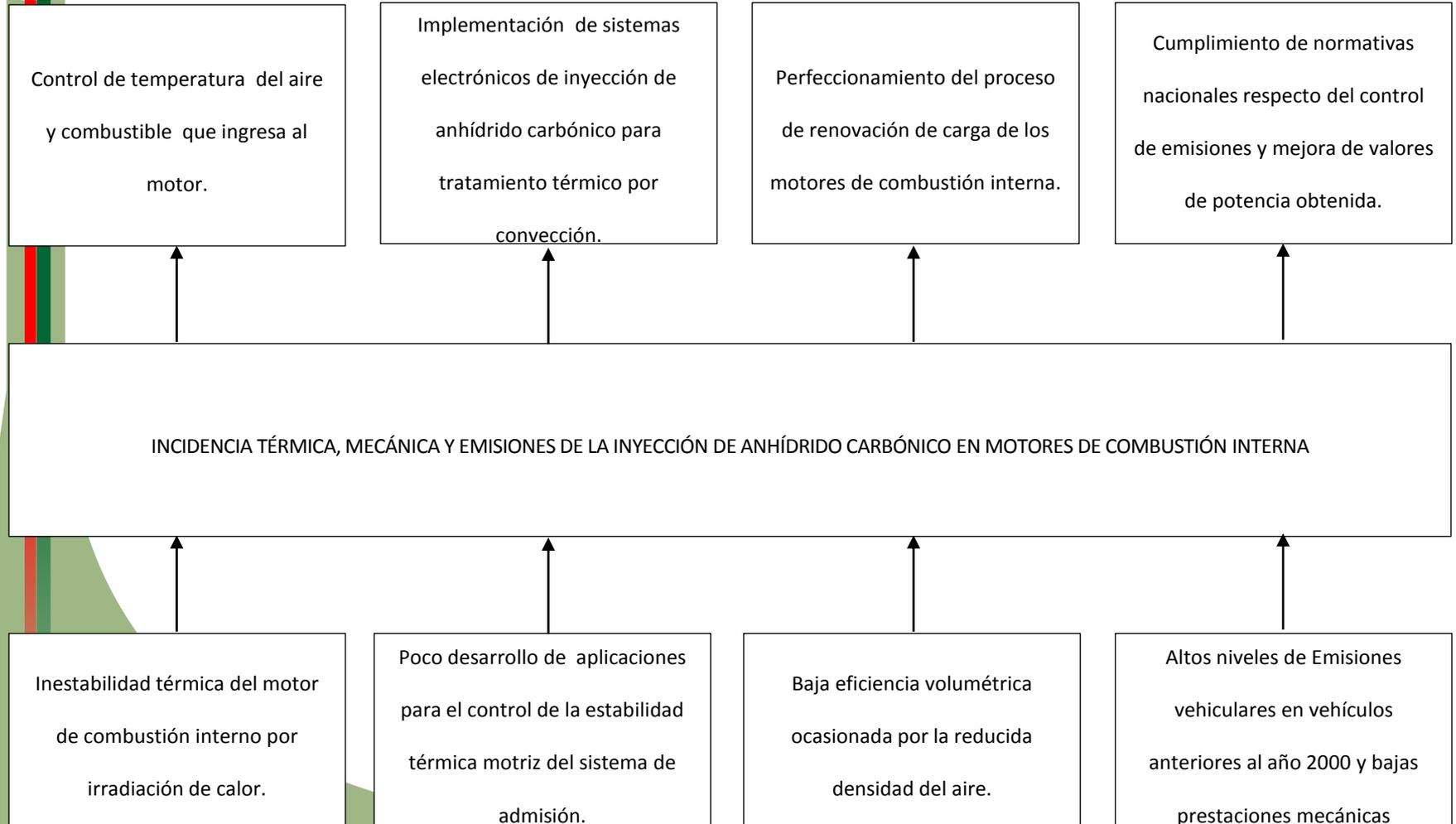




# ANTECEDENTES



# JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



## HIPÓTESIS

La inyección controlada de anhídrido carbónico CO<sub>2</sub> mediante bulbo metálico en el ducto de la admisión y un sistema encamisado en la cañería principal de combustible mantendrá la estabilidad térmica del proceso de admisión aire – combustible del motor Suzuki G13 con lo cual disminuirá los niveles de emisiones de óxidos de nitrógeno en un 10%.



## EQUIPOS

### MEDICIÓN

Cámara  
termografía  
FLUKE TIS60



Medidor de  
revoluciones  
MGT-300



Dinamómetro de  
rodillos  
DYNO-MAX "PRO"



### DIAGNÓSTICO

Analizador de  
gases de escape  
BrainBeeAGS-688





# INTRODUCCIÓN CO<sub>2</sub>

Propiedades Físicas del Gas					
<b>Peso Molecular</b>	(0 °C, 1atm)	44.01 g/mol	<b>Punto de Sublimación</b>	(1atm)	-78.5 °C
<b>Densidad del Sólido</b>	(1atm)	1562kg/m <sup>3</sup>	<b>Presión Crítica</b>		73.825 bar
<b>Densidad del Gas</b>	(15 °C, 1atm)	1.87 kg/m <sup>3</sup>	<b>Temperatura Crítica</b>		31.06 °C
<b>Densidad del Gas</b>	(0 °C, 1atm)	1.977 kg/m <sup>3</sup>	<b>Gravedad Específica</b>		1.529 g/mol



## NORMA INEN 2 204-2002

Año modelo	%CO		Ppm HC	
	0-1500 m	1500-3000 m	0-1500 m	1500-3000 m
<b>2000 y posteriores</b>	1.0	1.0	200	200
<b>1990 a 1999</b>	3.5	4.5	650	750
<b>1989 y anteriores</b>	5.5	6.5	1000	1200





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Depósito de almacenamiento de ( $CO_2$ )



Bulbo metálico



COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRYO2

Encamisado Metálico



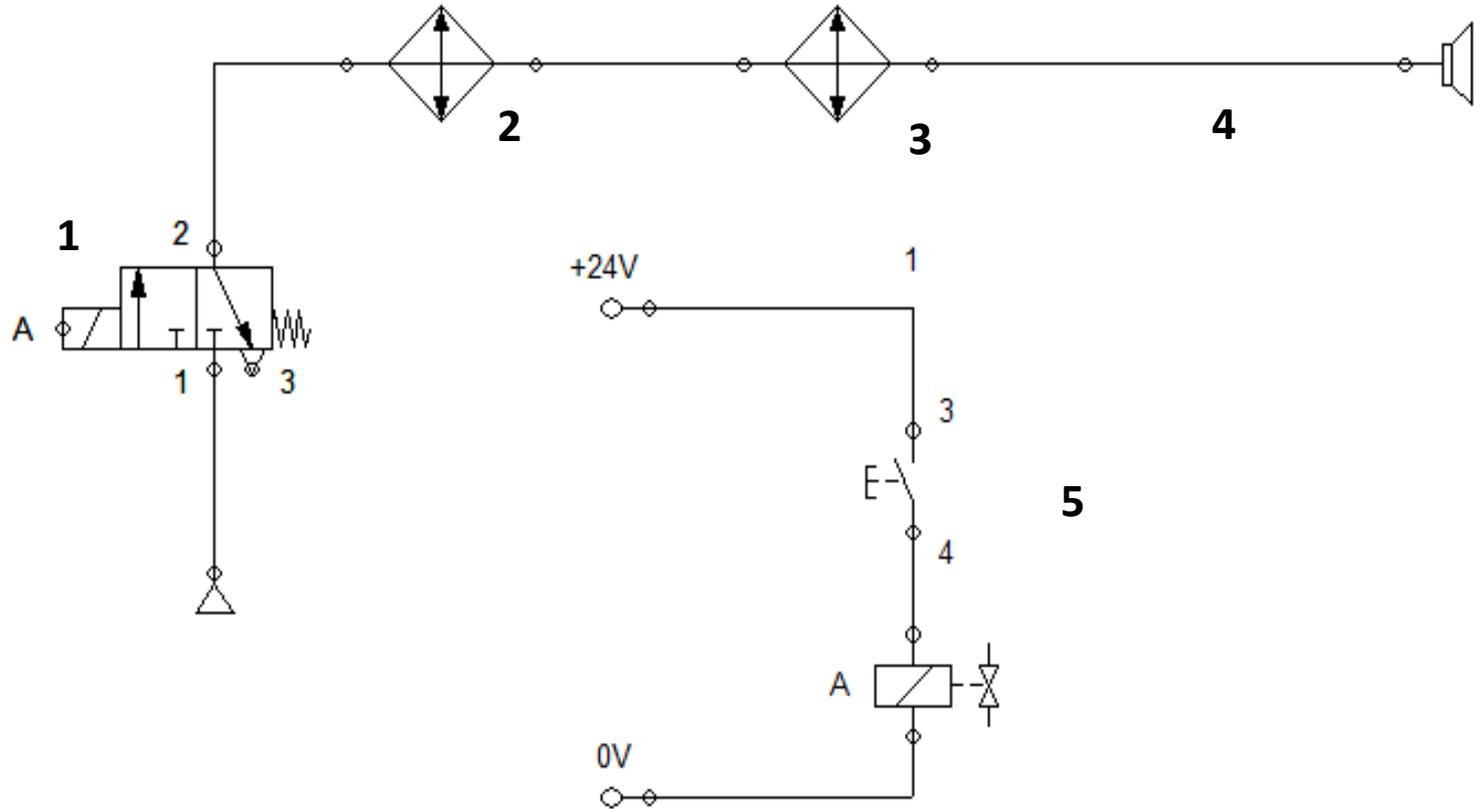
Electroválvula de paso



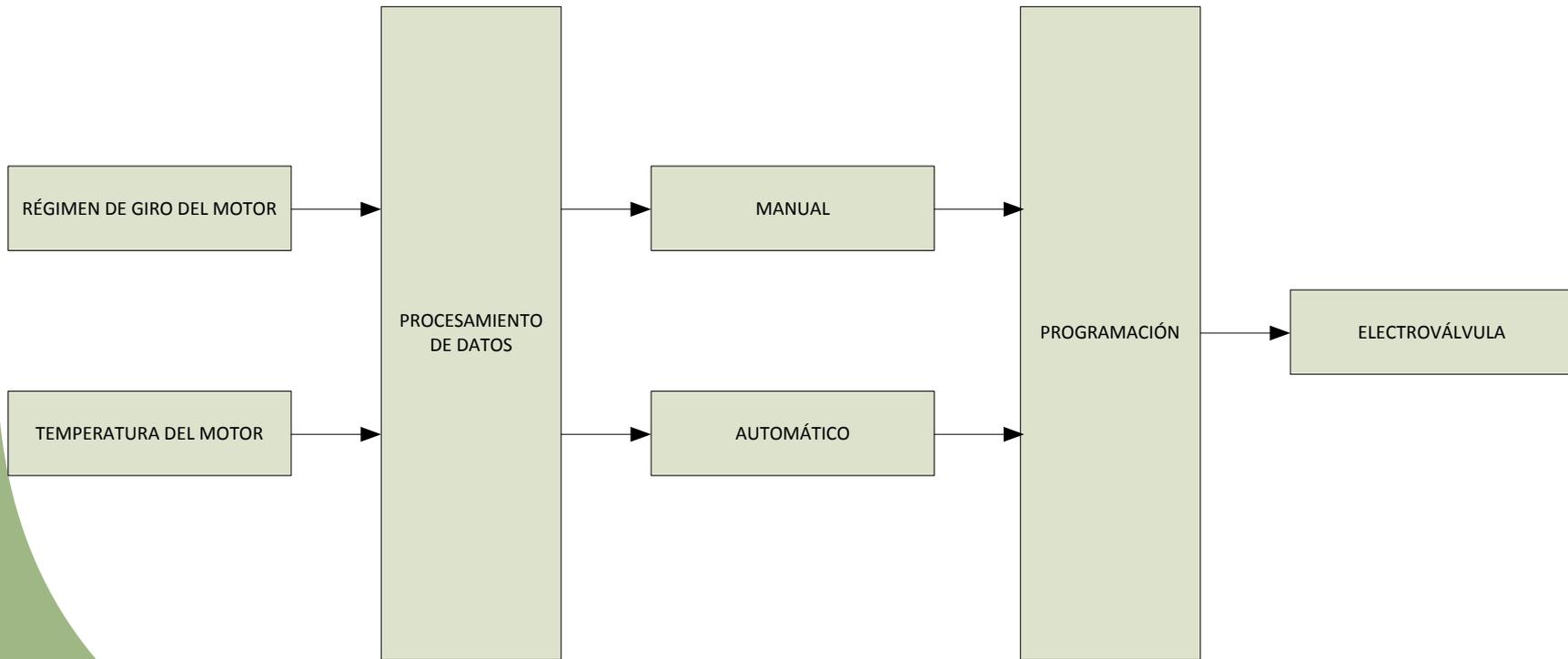
Conexiones Rígidas/Flexibles



# ESQUEMA NEUMÁTICO CRYO2

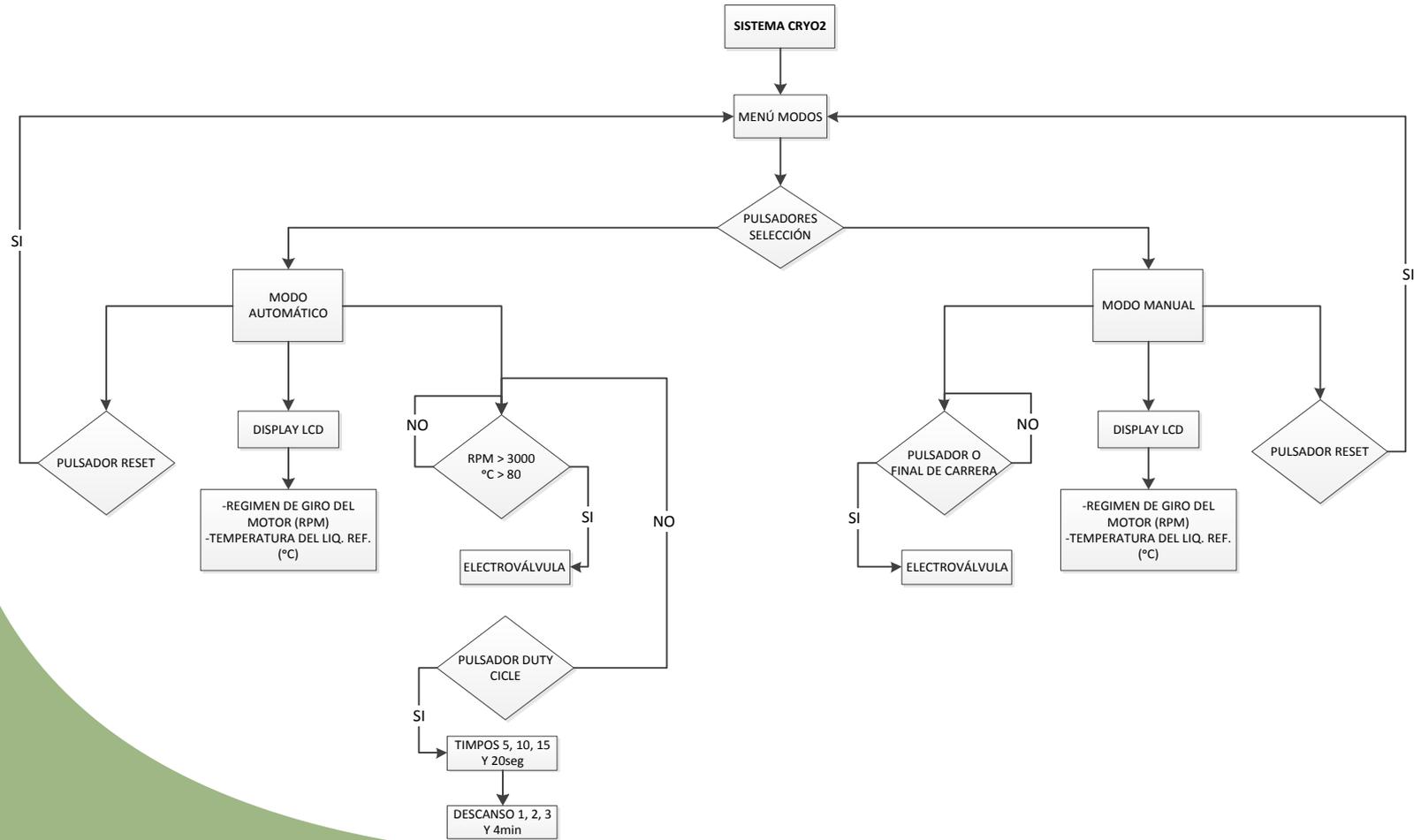


# ESQUEMA DE BLOQUES CONTROL ELECT.





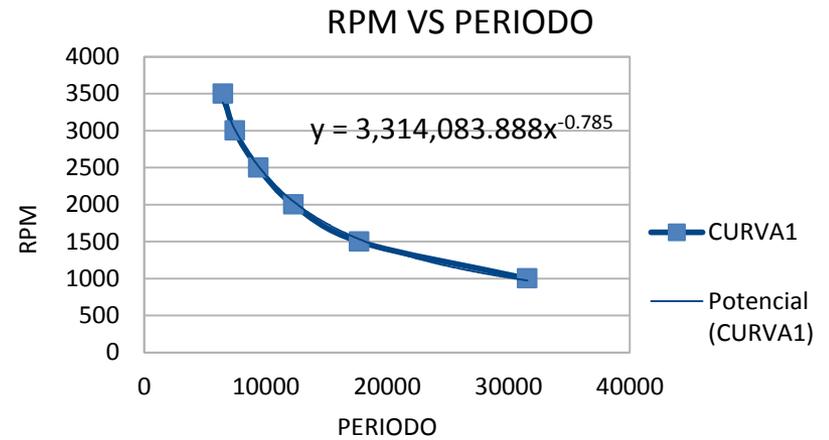
# DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL CRYO2





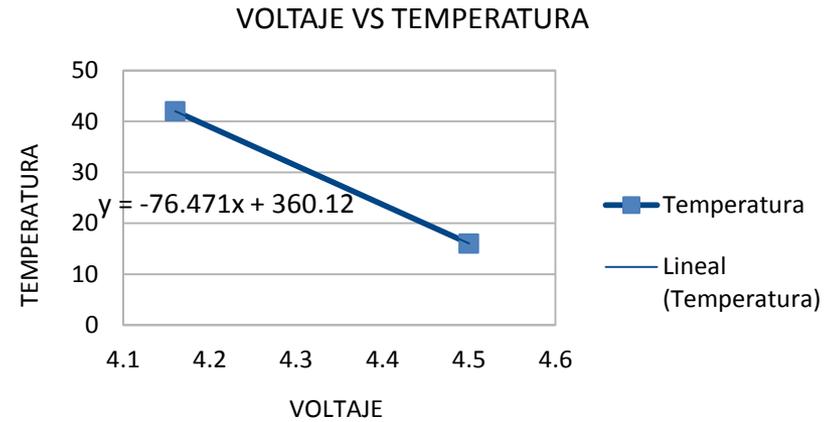
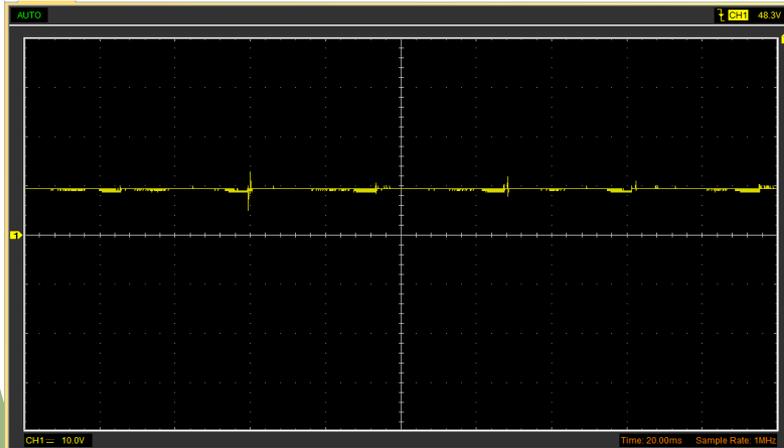
# PROCESAMIENTO DE SEÑAL RÉGIMEN DE GIRO

Divisor de voltaje y filtro paso bajo para eliminar ruido



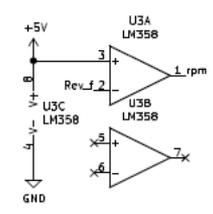
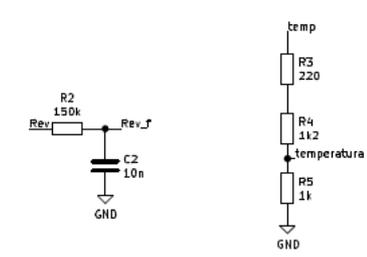
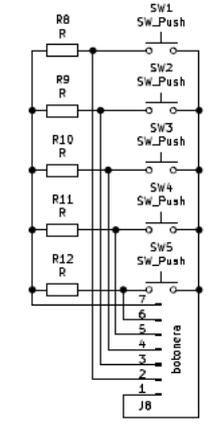
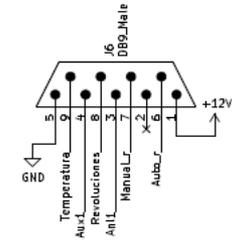
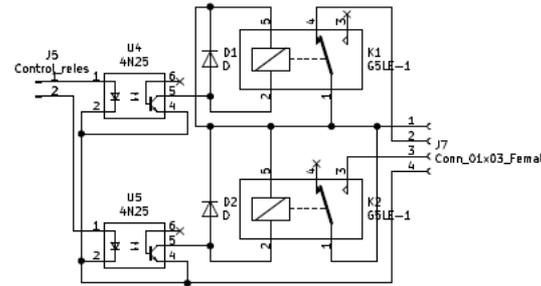
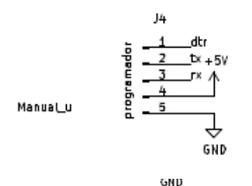
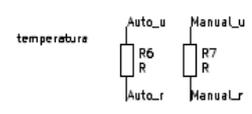
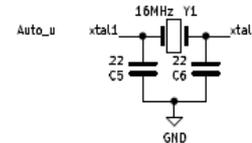
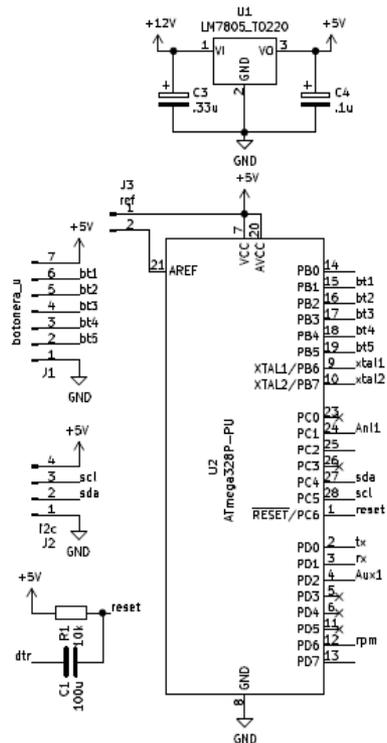
# PROCESAMIENTO DE SEÑAL TEMPERATURA REF.

Divisor de voltaje.



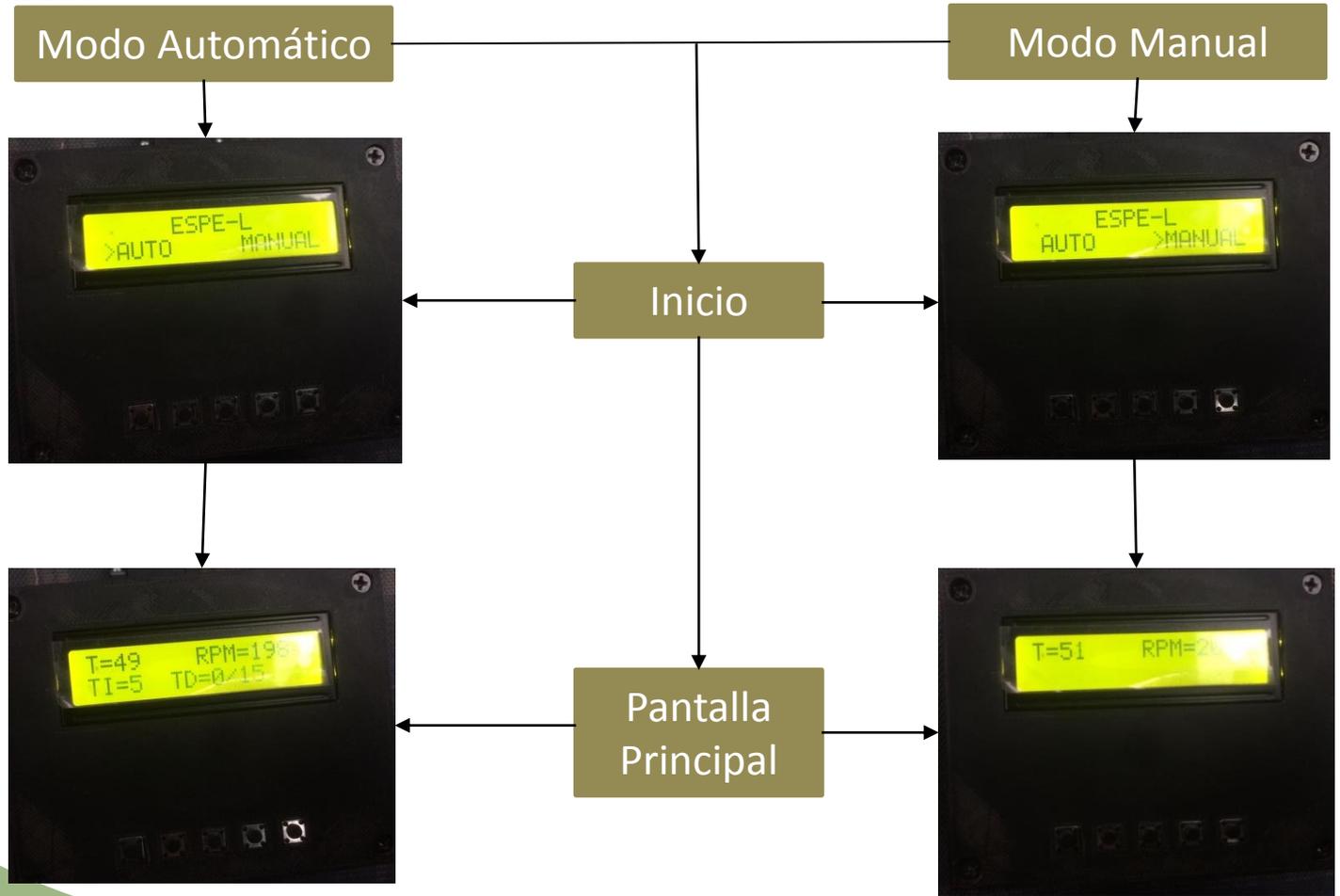


## DIAGRAMA ELECT. CRYO2





# PANTALLA INFORMACIÓN



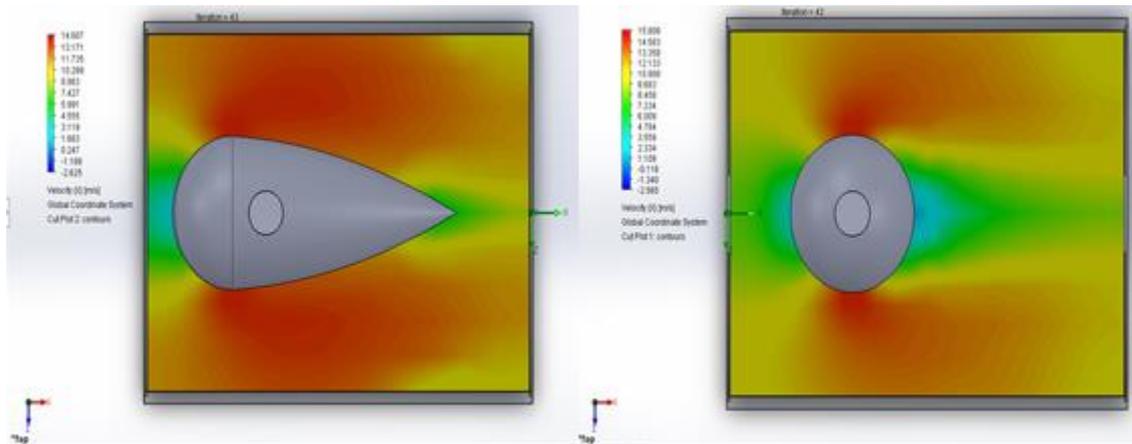


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## IMPLEMENTACIÓN



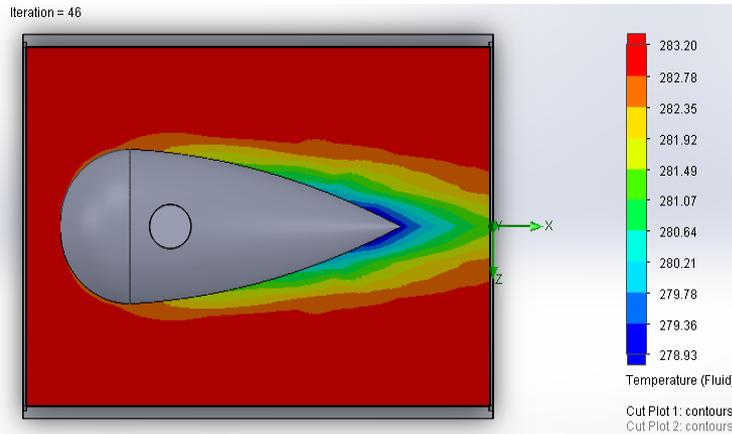
# SIMULACIÓN DE FLUIDOS BULBO AIRE ADM.



V. Ingreso aire: 4m/s

V. min. 2m/s

V. max.: 4m/s

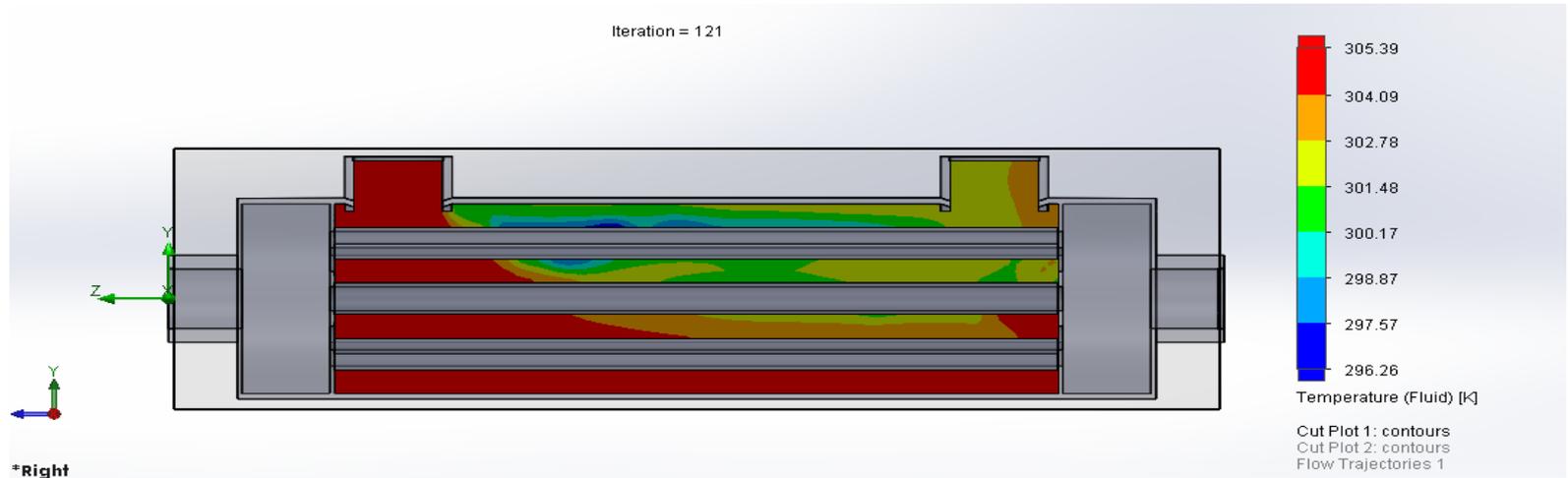


T. Ambiental: 10°C

T. min.: 5.78°C



# SIMULACIÓN DE FLUIDOS ENCAM. COMB.



T. max: 32.14°C

T. min.: 23.11°C



# PRUEBAS INYECCIÓN CO2

*Tiempo de inyección de anhídrido carbónico en admisión y entrada de combustible*

RPM	Temperatura a (°C)	Entrada de la admisión				Entrada de Combustible			
		Tiempos de inyección (seg)				Tiempos de inyección (seg)			
Ralentí	80 °C	5	10	15	20	5	10	15	20
3500-500	80°C	5	10	15	20	5	10	15	20

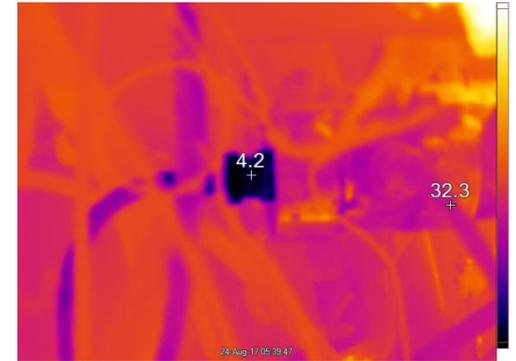
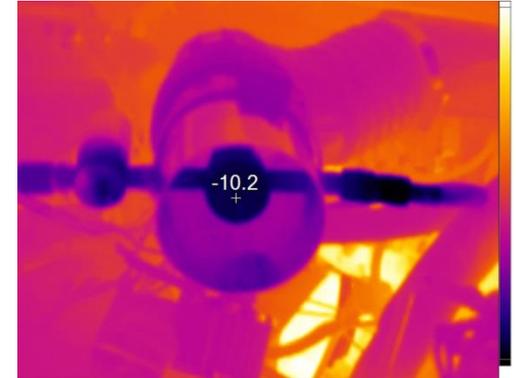
*Tiempo de descanso de anhídrido carbónico en admisión y entrada de combustible*

RPM	Temperatura a (°C)	Entrada de la admisión				Entrada de Combustible			
		Tiempos de descanso (min)				Tiempos de descanso (min)			
Ralentí	80 °C	1	2	3	4	1	2	3	4
3500-500	80°C	1	2	3	4	1	2	3	4





# PUNTOS DE MEDICIÓN TERMOGRÁFICA





# DATOS MEDICIÓN TERMOGRÁFICA

Punto de Medición	Prueba 1		Prueba 2				Prueba 3						Prueba 4							
	TEMP [°C]		TEMP [°C]				TEMP [°C]						TEMP [°C]							
	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8
Reservorio CO2	18.8	18	18,3	16,3	14,2	13,8	13,5	15,4	16,3	15,3	16,1	15,4	4,8	13,9	15,7	15,2	13,3	14,2	15,3	14,5
Salida de Reservorio CO2	19.5	18.9	24,8	23,3	20,2	18,6	18,2	17,9	17,5	18,1	17,4	16,8	18	12,8	14,1	14,3	14,1	13,9	13,7	14,5
Entrada a Bulbo Metálico	24.3	23	34,5	28,9	27	24,9	26,3	23	24,1	25,6	24,2	23	30	27,6	24,3	20,8	20,4	19,9	19,5	18,4
Solenoide Bulbo Metálico	25.4	24.8	23,5	22,2	20	19,6	18,6	17,9	16,5	18	16,1	19,9	20	16,3	18,1	16,9	20,7	20,2	19,1	18,5
Entrada a Carburador	28.5	24.7	30,7	28,5	25	23,5	27,6	27,9	26,8	26,1	26,7	25,7	24,8	24,2	25	25,4	23,9	24,4	23,8	24,2
Salida de Bulbo Metálico	30.5	30	40,2	38,7	36	34,1	39,8	39,7	38,4	38,9	37,9	37,5	37,8	36,8	40,1	39,4	36,6	37,8	37	39,6
Entrada a Encamisado	38.6	36.2	35,2	35,7	36,4	34,7	36,9	35,7	36,2	36,1	35,9	36,4	35,7	35,8	36,1	35,8	35,5	35,7	36,8	36
Salida de Encamisado	40.2	39.7	38,9	37,1	37,6	38	42,9	44,2	44,6	46,3	41,9	41,1	40,3	41,9	42,1	42,6	41,4	41,7	41,1	43,1





# EMISIONES DE GASES

(Test Oficial)

Prueba Continua



**TEST OFICIAL - DATOS DE VEHICULO**

PLACA : GKP-0607  
 MARCA : SUZUKI  
 MODELO : SAMURAI  
 No. CHASIS : SJ80-122433  
 ODÓMETRO : 97300  
 PRIMER COMBUSTIBLE : GASOLINA  
 SEGUNDO COMBUSTIBLE : NO PRESENTE  
 No. TUBOS DE ESCAPE : 1  
 No. TIEMPOS : 4  
 No. CILINDROS : 4  
 AÑO DE CONSTRUCCIÓN : 1998

**TEST OFICIAL - LIMITES DE PRUEBA**

TEMPERATURA MOTOR: 80

LIMITES OFICIAL

RÉGIMEN RALENTI

CO<sub>max</sub> 4.5 [%Vol]  
 HC<sub>max</sub> 750 [ppmVol]  
 O<sub>2</sub> <sub>med</sub> 5.0 [%Vol]  
 RPM 500 min 1200 max

RÉGIMEN RALENTI ACCELERADO

CO<sub>max</sub> 4.5 [%Vol]  
 HC<sub>max</sub> 750 [ppmVol]  
 O<sub>2</sub> <sub>max</sub> 5.0 [%Vol]  
 RPM 2400 min 2600 max

**PRUEBA CONTINUA**

RPM [1/min]: **1892**

CO<sub>2</sub> [%Vol]: **12.4**

HC [ppmVol]: **425**

O<sub>2</sub> [%Vol]: **0.75**

NO [ppmVol]: **0**

λ [-]: **0.997**

CO [%Vol]: **0.68**

TEMPERATURA [°C]: **65**

PLACA: GKP-0607  
 MARCA: SUZUKI  
 MODELO: samurai  
 No. CHASIS: SJ80-122433  
 Km: 97300  
 COMBUSTIBLE: GASOLINA No. Cil. No. Tiempos: 4 4

**TEST OFICIAL - TEST HC RESIDUAL**

TEST HC RESIDUAL TERMINADO

HC [ppmVol]: **451**

**TEST OFICIAL - ESPERA DE TEMPERATURA**

LLEVAR EL MOTOR A UNA TEMPERATURA SUPERIOR A 80 °C

TEMP [°C]: **65**

TEMPERATURA MOTOR BAJA





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## EMISIONES DE GASES

### Prueba de emisiones de gases en Condiciones Estándar

Prueba: 4

Tiempo de Inyección: 0 segundos

Tiempo de Descanso: 4 minutos

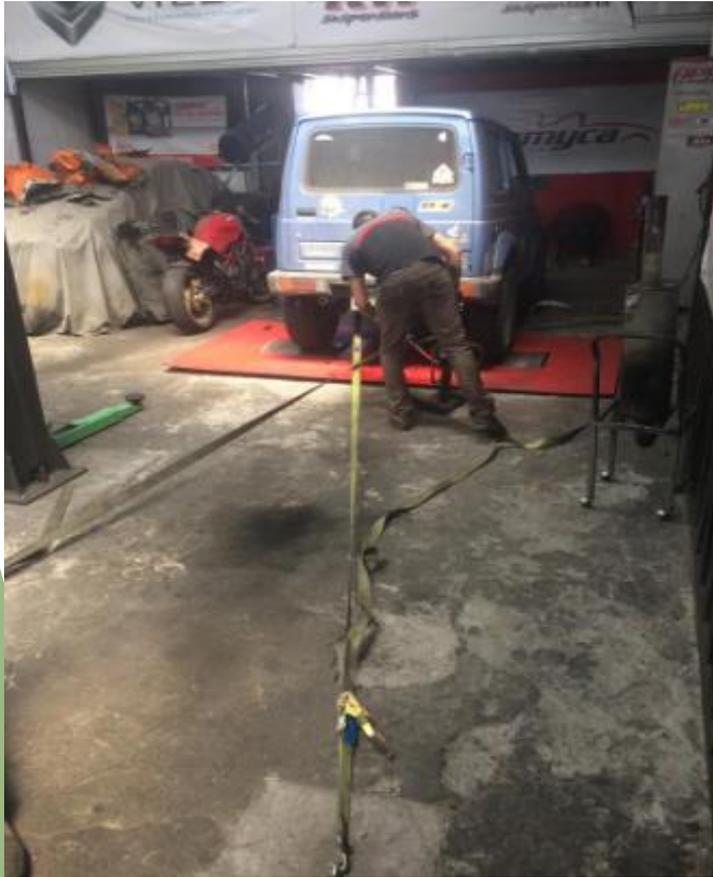
Intervalo de tiempos en la toma de datos: 10 Segundos

NOMBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
RPM [1/min]	4350	4360	4370	4370	4380	4400	4410	4410	4420	4430	4430	4420	4420	4440	4430	4440	4450	4440	4450	4460	4450	4460	4460	4460
LAMBDA [-]	1,367	0,979	0,919	0,906	0,9	0,898	0,895	0,892	0,893	0,891	0,89	0,89	0,889	0,888	0,887	0,887	0,887	0,885	0,885	0,883	0,883	0,882	0,882	0,881
CO [%Vol]	3,38	4,13	4,32	4,37	4,38	4,34	4,34	4,39	4,27	4,31	4,32	4,28	4,27	4,31	4,33	4,31	4,31	4,35	4,37	4,41	4,39	4,46	4,47	4,46
TEMP [°C]	85	86	87	88	89	90	90	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95	95	95	96	96	96	97	97
CO2 [%Vol]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,8	11,8	11,8	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11,9
O2 [%Vol]	10,3	2,62	1,12	0,85	0,72	0,64	0,57	0,52	0,48	0,44	0,42	0,4	0,38	0,36	0,35	0,33	0,33	0,31	0,31	0,3	0,29	0,29	0,29	0,29
HC [ppm/Vol]	211	200	198	196	195	194	194	194	193	193	193	193	192	192	192	192	192	192	191	193	192	193	194	194
NO [ppm/Vol]	187	221	225	226	231	230	240	243	243	245	247	248	252	252	250	253	254	251	251	251	251	249	246	247





# PRUEBA BANCO DINAMOMÉTRICO



Adrian Chacon #3957 on 2019-07-10 @ 13-57-04

Nombre de archivo: C:\Program Files (x86)\DYNO-MAX\Runs\Dinamica Competicion\Adrian Chacon #3957 on 2019-07-10 @ 13-57-04

Ejecución de prueba: Adrian Chacon #3957 on 2019-07-10 @ 13-57-04 N° 3957 Fecha: 7/10/2019

Por: Alvaro Espinosa Hora: 1:57 PM

Nombre: Adrian Chacon Importar (ejecutar modelo) Engine's Test Hours: 19658.4

Vehículo: suzuki Samurai Exportar configuración de ejecución como: #1 - Four Stroke Otto

Motor	Tiempo	Inercia	Vehículo	Fuel	Ignición	Cabezal	Inducción	Escape	Válvulas	Varios	Dyno
<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar en informe de ejecución <input type="checkbox"/> Mostrar en informe de impresión rápida											
Marca del motor:	si 413			Relación de compresión:	8.9		1				
Modelo del motor:	suzuki										
Numero de serie de motor:	8v										
Descripción:											
Potencia anunciada:	60	Hp	a	5700	rpm	Longitud de biela:	144.78	mm			
Par de torsión anunciado:		N-m	a	3550	rpm	Calibre:	74	mm			
Descripción de pistón:											
						Recorrido:	77	mm			
						Desplazamiento:	1324.7	cc			

Nota:  
con co2



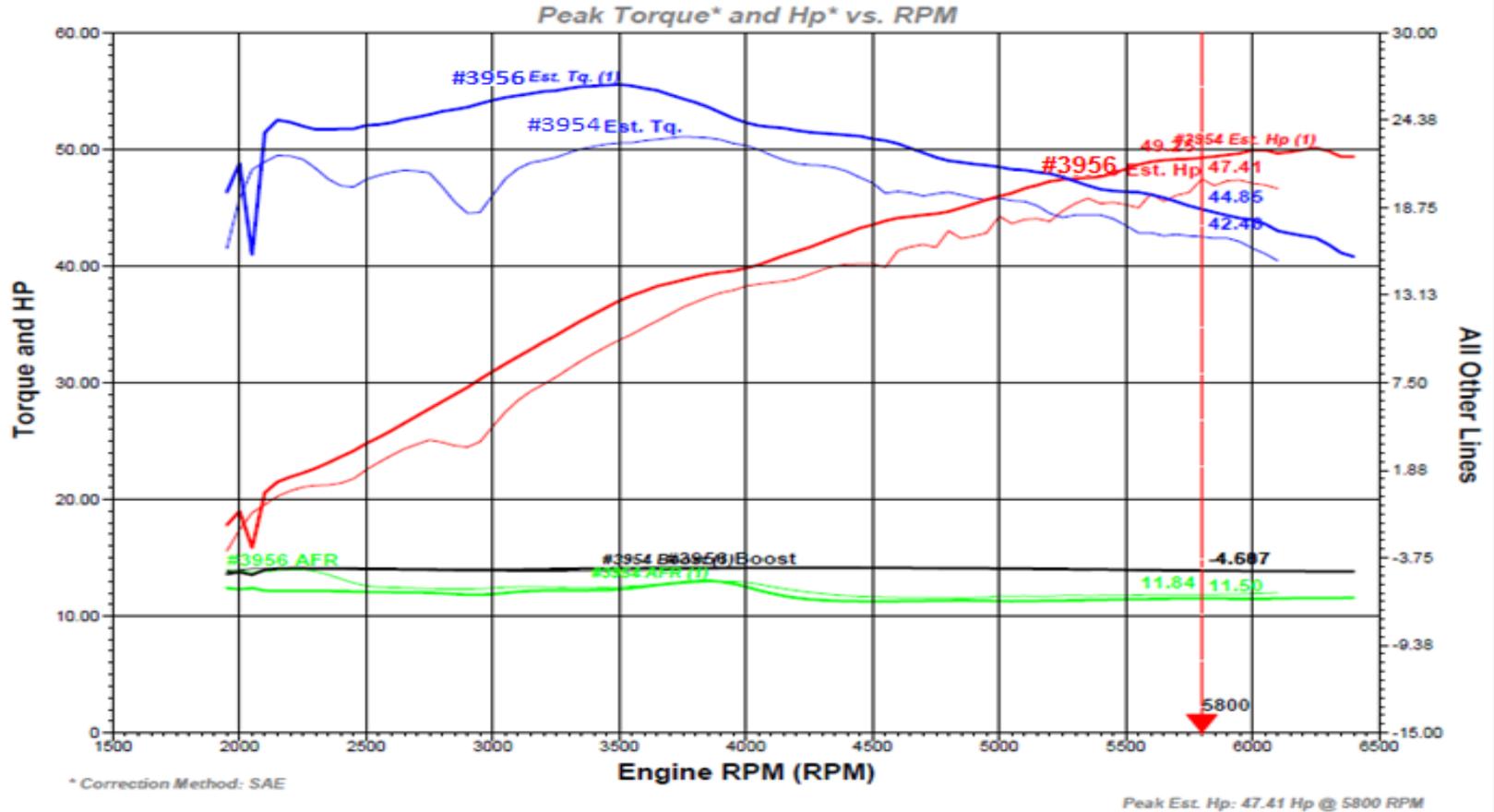


# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## RESULTADOS BANCO DINAMOMÉTRICO

DYNomite test "Adrian Chacon #3954 and #3956 (Comparison) by Dinamyca Competition



# ANÁLISIS DE RESULTADOS





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DATOS TERMOGRÁFICOS

Punto de Medición	Prueba 1								Prueba 2								Prueba 3							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Reservorio CO2	1.2	0.7	-0.6	-1.8	-2.2	-3.7	-4	-4.7	-5.2	-6.4	-8.2	-8.3	-9	-9.2	-9.5	-10.7	-11.4	-13.5	-15.4	-17.5	-19.9	-20.1	-22.7	-24.8
Salida de Reservorio CO2	10.6	9.5	9.9	8.5	7.7	7.1	7.2	6.5	11.5	10.8	9.4	5.2	4.5	3.9	3.4	2.5	1.4	0.9	-1.8	-2	-3.9	-4.2	-4.7	-4.9
Entrada a Bulbo Metálico	23.9	23.6	23.5	24	23.2	21.8	22.2	22.4	26.3	23	20.9	21.2	19.7	19.2	18.8	18	27.4	27.2	26.4	22.7	20.4	19.6	19.1	18.9
Solenoide	16.7	16.5	16	15.8	14.6	14	15.7	16.2	14.5	13.4	13.1	13	12.9	14.2	12.9	13.4	12.7	16.2	13.7	14.5	12.2	11.7	10.8	12.4
Bulbo Metálico	-6.1	-7.2	-7.4	-8	-8.6	-8.7	-9.5	-9.8	-6	-6.6	-6.9	-7.5	-8.2	-8.9	-9.8	-10	-5.1	-5.5	-5.6	-6.5	-7.2	-9.5	-10.2	-11.3
Entrada a Carburador	24.1	23.9	23.9	24.7	24	23.4	23.8	24	22.9	22.3	23.4	23.5	23	23.6	22.8	23.1	24.5	23.6	23.1	23	22.7	24.1	22.6	21.9
Salida de Bulbo Metálico	33.1	33.4	37.3	34.2	32.2	30.5	30.4	33	36.5	35.9	35.8	35	36.4	37.6	34.5	33.2	35.7	35.2	34.9	34.7	34	34.2	33.5	32.9
Entrada a Encamisado	35.6	35.8	35.7	34.3	34	33.8	34.2	33.1	34.7	34.1	33.2	33	32.9	32.7	33.1	33	36.6	36.7	36.4	33.2	31.4	30.2	29.7	24.6
Salida de Encamisado	37.8	38.5	38.7	40.1	38.5	37.3	38.4	37.9	39.1	39.2	39	38.5	37.9	37.2	35.6	36	38	37.9	37.6	37.1	36.2	35	34.8	34.2





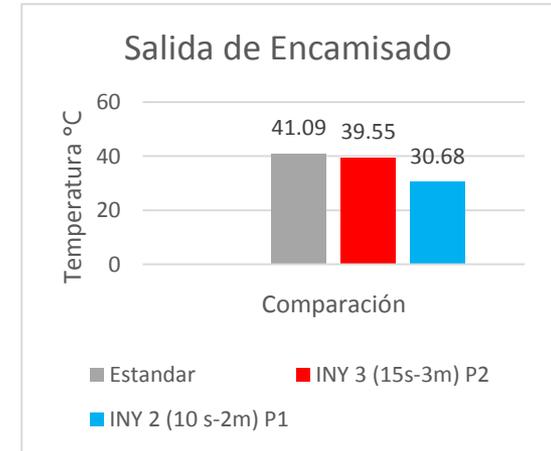
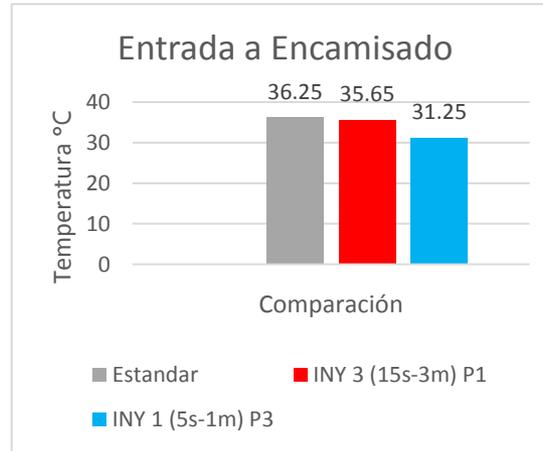
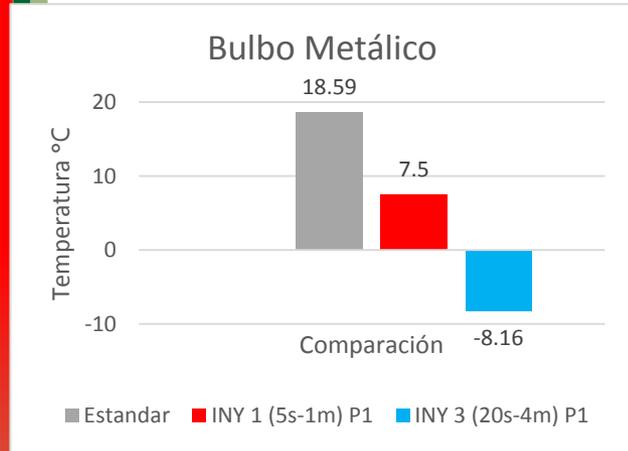
# DATOS TERMOGRÁFICOS

Comportamiento termográfico en los puntos de medición el kit de inyección de anhídrido carbónico

Puntos de medición	Promedio Condiciones Estándar	Menor Incidencia al inyectar	Mayor Incidencia al inyectar
Reservorio CO2	16	INY 2 (10s-2m) P2	INY 3 (20s-4m) P3
		12.9	-18.16
Salida de Reservorio CO2	18.44	INY 1 (5s-1m) P1	INY 3 (20s-4m) P3
		17.65	-2.40
Entrada a Bulbo Metálico	24.94	INY 2 (10s-2m) P1	INY 3 (20s-4m) P2
		24.4	20.88
Solenoides	20.64	INY 2 (10s-2m) P2	INY 3 (20s-4m) P3
		19.425	13.03
Bulbo Metálico	18.59	INY 1 (5s-1m) P1	INY 3 (20s-4m) P1
		7.5	-10.2
Entrada a Carburador	26.25	INY 3 (15s-3m) P2	INY 1 (5s-1m) P3
		23.65	18.60
Salida de Bulbo Metálico	36.27	INY 2 (10s-2m) P2	INY 1 (5s-1m) P3
		36.25	23.40
Entrada a Encamisado	36.25	INY 3 (15s-3m) P1	INY 1 (5s-1m) P3
		35.65	31.25
Salida de Encamisado	410.9	INY 3 (15s-3m) P2	INY 2 (10 s-2m) P1
		39.55	30,68

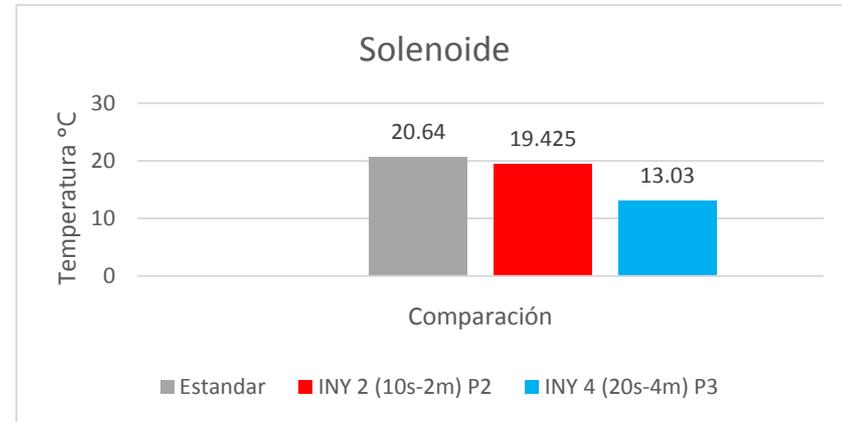
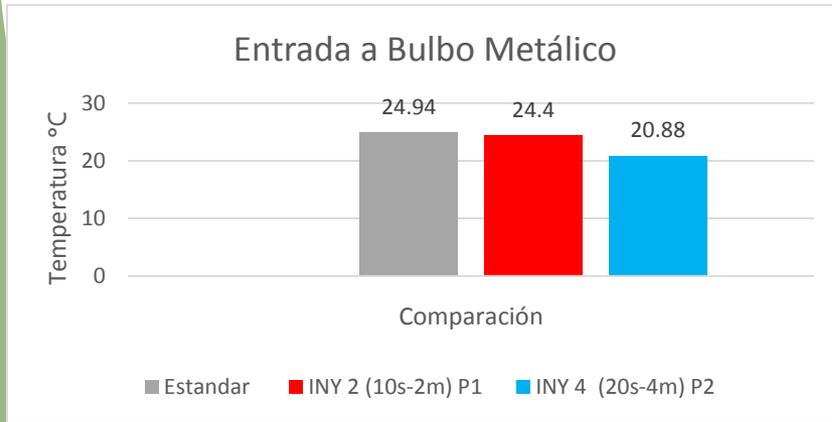
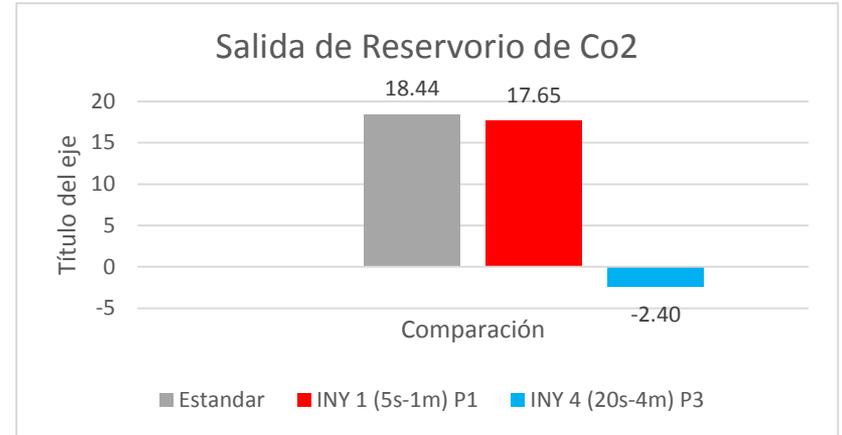
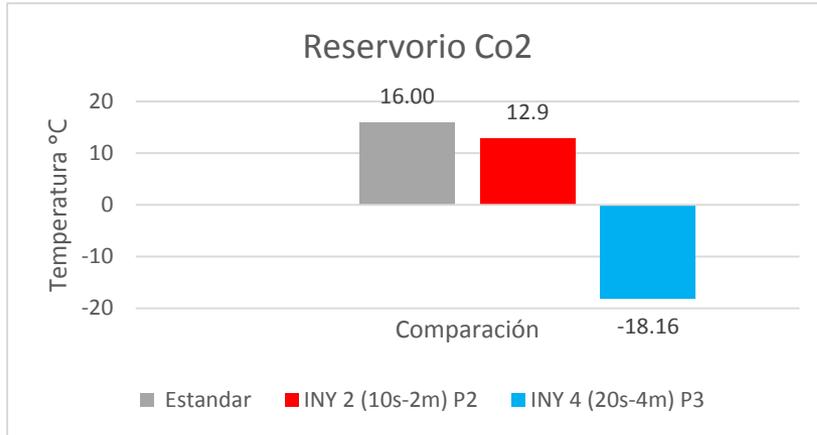


# DATOS TERMOGRÁFICOS

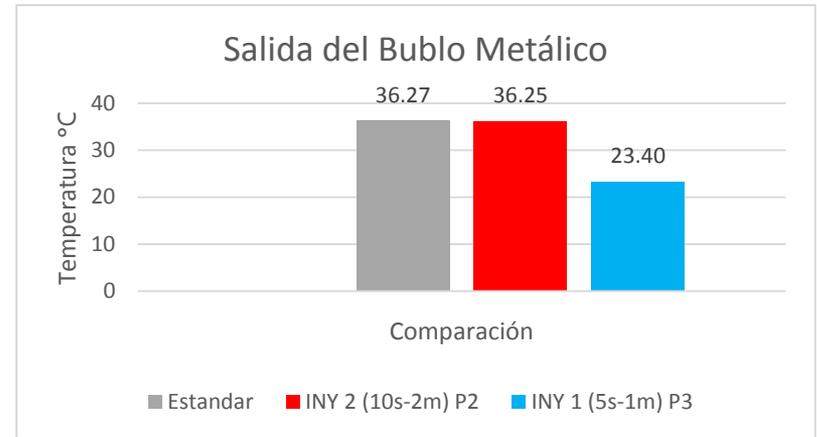
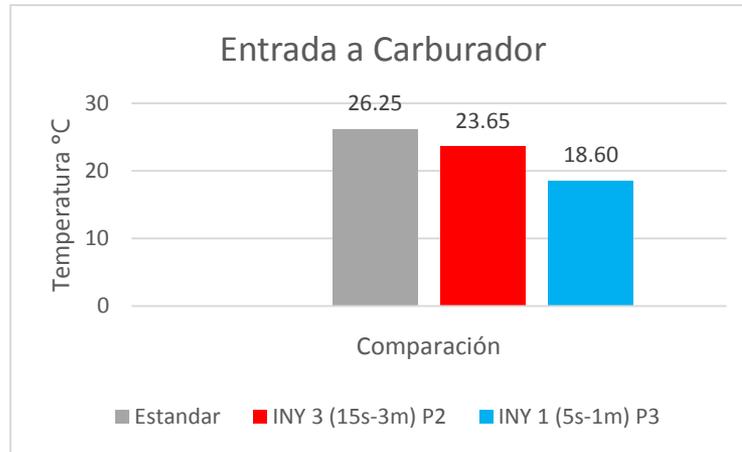




# DATOS TERMOGRÁFICOS



# DATOS TERMOGRÁFICOS





# DATOS EMISIONES GASES DE ESCAPE

## Toma de Temperaturas inyectando anhídrido Carbónico

Prueba: 1

Tiempo de Inyección: 5 segundos

Tiempo de Descanso: 1 minuto

Intervalo de tiempos en la toma de datos: 10 Segundos

# Medición	r.p.m	LAMBDA [-]	CO [%Vol]	TEMP [°C]	CO2 [%Vol]	O2 [%Vol]	HC [ppm/Vol]	NO [ppm/Vol]
1	4210	0.92	3.78	86	12.3	0.8	261	218
2	4220	0.903	4.13	87	12.1	0.64	246	211
3	4230	0.897	4.26	88	12	0.57	240	211
4	4240	0.894	4.29	89	12	0.51	234	211
5	4290	0.891	4.32	90	12	0.47	229	212
6	4310	0.888	4.37	91	12	0.42	223	218

## Toma de Temperaturas inyectando anhídrido Carbónico

Prueba: 2

Tiempo de Inyección: 5 segundos

Tiempo de Descanso: 1 minuto

Intervalo de tiempos en la toma de datos: 10 Segundos

# Medición	r.p.m	LAMBDA [-]	CO [%Vol]	TEMP [°C]	CO2 [%Vol]	O2 [%Vol]	HC [ppm/Vol]	NO [ppm/Vol]
1	4300	0.892	4.11	89	12.3	0.39	308	207
2	4310	0.887	4.24	90	12.2	0.34	298	213
3	4350	0.886	4.28	91	12.2	0.32	284	215
4	4350	0.883	4.36	92	12.1	0.3	276	221
5	4340	0.881	4.43	92	12.1	0.29	270	222
6	4360	0.88	4.47	93	12.1	0.28	264	221

## Toma de Temperaturas inyectando anhídrido Carbónico

Prueba: 3

Tiempo de Inyección: 5 segundos

Tiempo de Descanso: 1 minuto

Intervalo de tiempos en la toma de datos: 10 Segundos

# Medición	r.p.m	LAMBDA [-]	CO [%Vol]	TEMP [°C]	CO2 [%Vol]	O2 [%Vol]	HC [ppm/Vol]	NO [ppm/Vol]
1	4110	0.892	4.26	92	12.1	0.6	451	178
2	4120	0.895	4.02	93	12.4	0.42	336	200
3	4120	0.888	4.17	93	12.3	0.32	312	204
4	4130	0.885	4.23	94	12.2	0.3	295	204
5	4140	0.883	4.32	95	12.2	0.29	285	203
6	4140	0.882	4.33	96	12.2	0.28	284	202





# DATOS EMISIONES GASES DE ESCAPE

Comparación de Emisiones de gases de Escape			
Emisión	Promedio Condiciones Estándar	Menor Incidencia al inyectar	Mayor Incidencia al inyectar
Monóxido de Carbono	4.30	INY 1 (5s-1m) P2	INY 4 (20 s-4m) P3
		4.32	3.62
Dióxido de Carbono	11.77	INY 4 (20s-4m) P3	INY 1 (5 s-1m) P1
		12.57	12.07
Oxígeno	0.79	INY 1 (1s-1m) P1	INY 3 (15 s-3m) P3
		0.568	0.26
Hidrocarburos	215.38	INY 1 (5s-1m) P3	INY 4 (20 s-4m) P3
		327.167	199.83
Óxido de Nitrógeno	249.94	INY 2 (10s-2m) P3	INY 1 (5 s-1m) P3
		267.25	198.50
LAMBDA	0.91	INY 4 (20s-4m) P3	INY 1 (5 s-1m) P2
		0.911	0.88





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## PRUEBA OFICIAL

DATOS DEL VEHICULO			
Placa	: GKP-0607	No. Chasis	: SJ80-122433
Marca	: SUZUKI	No. Tubos de Escape	: 1
Modelo	: SAMURAI	2 Tiempos / 4 Tiempos	: 4
Año de Construcción	: 1998	Odómetro	: 97249
Combustible	: GASOLINA		
LIMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor	: 80 [°C]		
Régimen Motor al Mínimo	: 500 - 1200 [1/min]	Régimen Motor en Aceleración:	2400 - 2600 [1/min]
O2	: 5.0 [%Vol]	CO	: 4.5 [%Vol]
		HC	: 750 [ppmVol]
VALORES MEDIDOS			
PRUEBA AL MINIMO		PRUEBA EN ACCELERACIONE	
Temp. Motor	: 80 [°C]	Temp. Motor	: 80 [°C]
RPM	: 1030 [1/min]	RPM	: 2490 [1/min]
CO	: 2.57 [%Vol]	CO	: 4.37 [%Vol]
CO2	: 12.5 [%Vol]	CO2	: 11.9 [%Vol]
O2	: 1.77 [%Vol]	O2	: 0.55 [%Vol]
HC	: 367 [ppmVol]	HC	: 232 [ppmVol]
Lambda	: 0.991 [-]	Lambda	: 0.893 [-]
<b>RESULTADO DEL TEST</b>		: <b>APROBADO CON FALTA TIPO 2</b>	
Fecha y hora de inicio prueba	: 07/05/2019 09:19:43		
Fecha y hora de termine prueba	: 07/05/2019 09:24:01		
Examinador	: Edwin Ramos		
Firma			

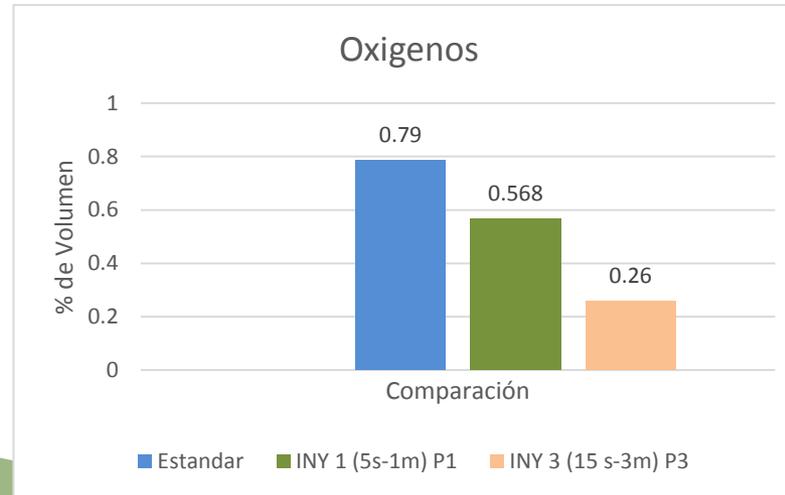
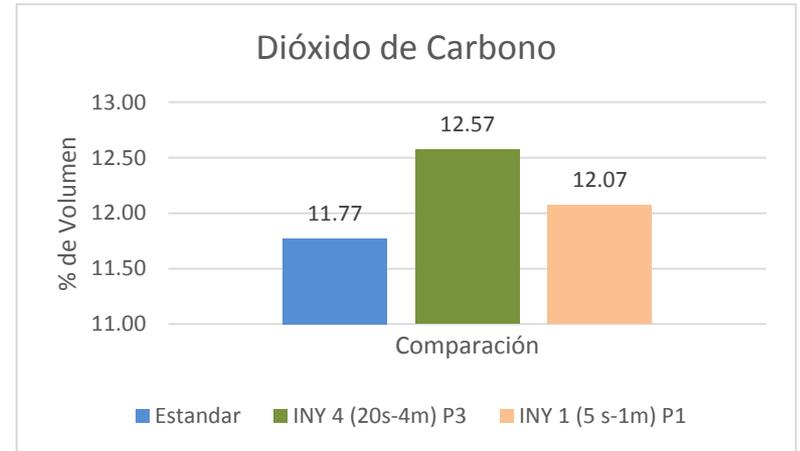
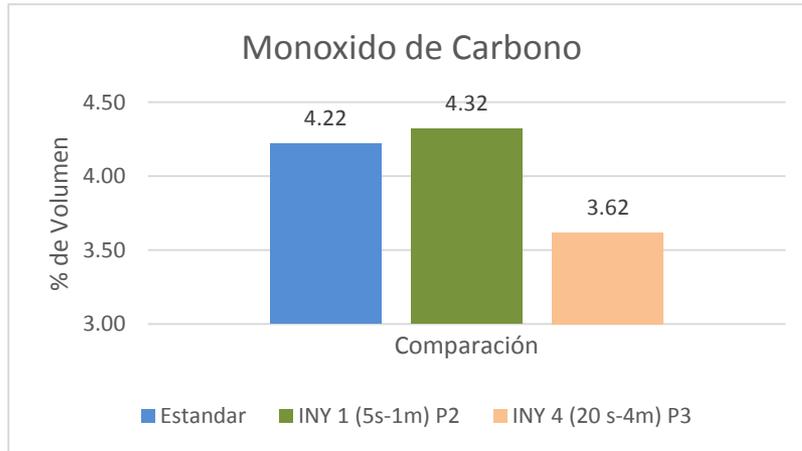




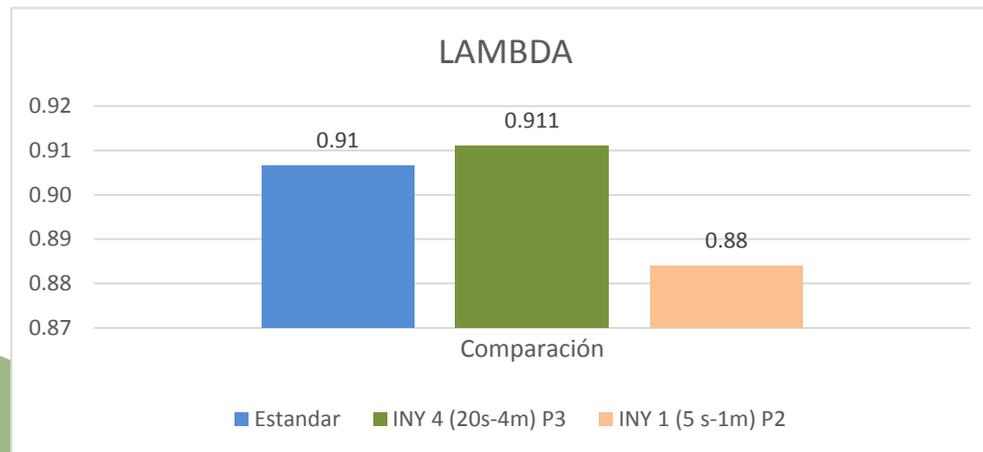
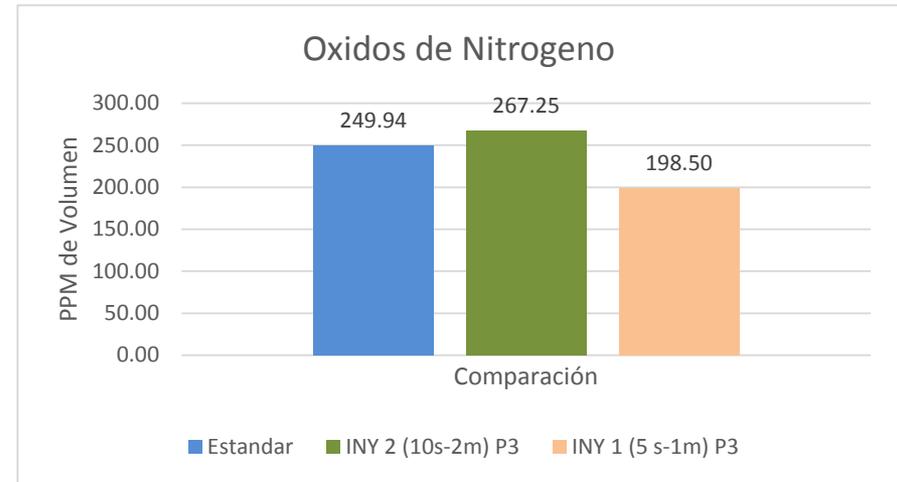
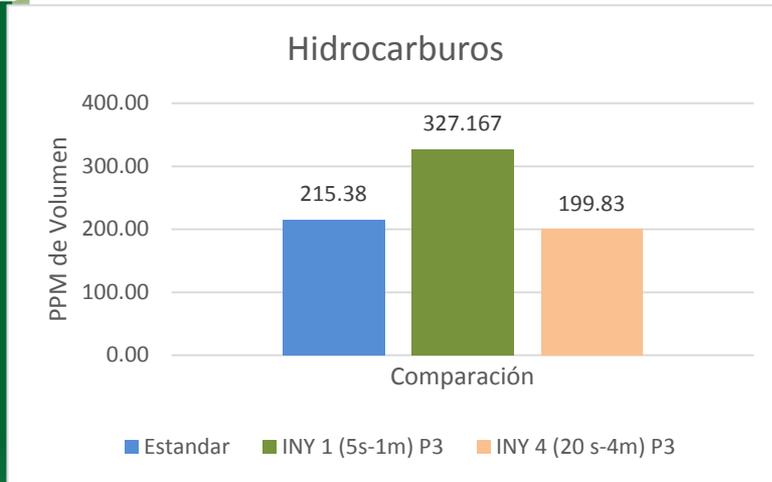
# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## PRUEBA CONTINUÍA



# PRUEBA CONTINUÍA



# MODELO MATEMÁTICO POTENCIA

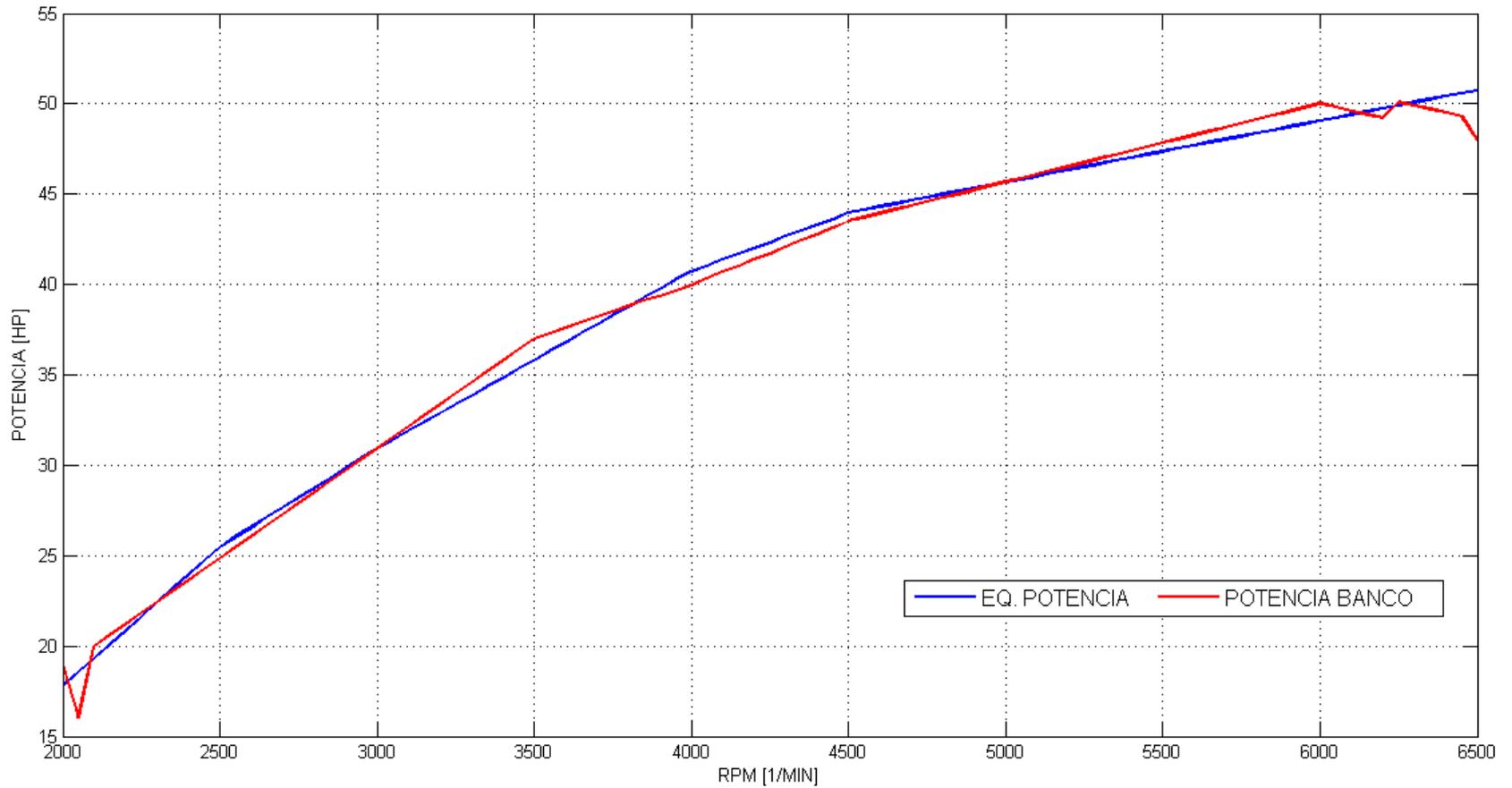
$$P = 875.832 - 2.648 * O_2 - 0.045 * HC - 69.691 * CO_2 + 0.264 * NO$$

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.997	.995	.995	.6902518	.995	4191.065	4	86	.000
a. Predictors: (Constant), NO, O <sub>2</sub> , HC, CO <sub>2</sub>									





# MODELO MATEMÁTICO POTENCIA



# MODELO MATEMÁTICO TORQUE

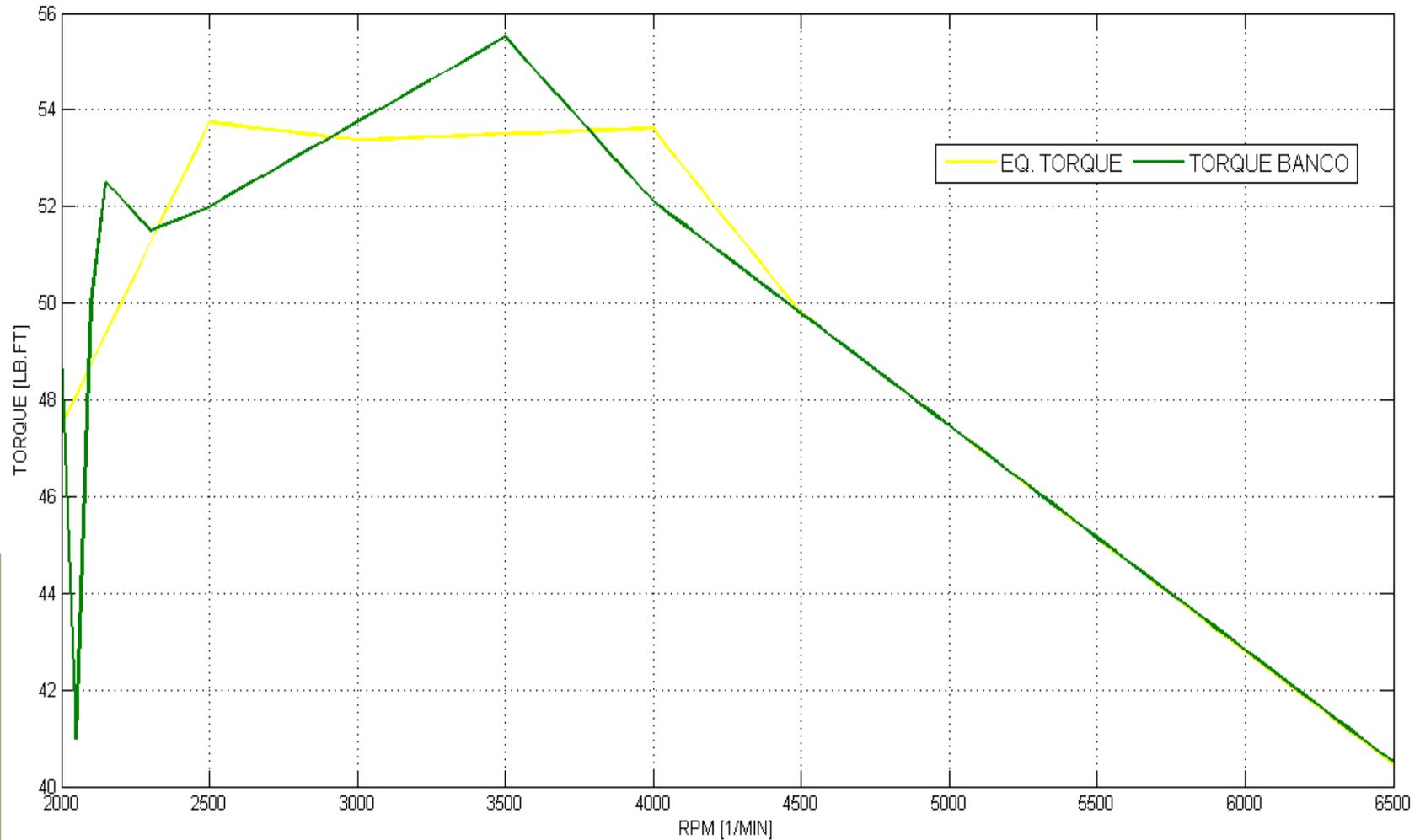
$$T = -1130.972 + 2.512 * O_2 - 0.136 * HC + 98.533 * CO_2 - 0.151 * NO$$

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.967	.935	.932	1.1696702	.935	37.188	4	86	.000
a. Predictors: (Constant), NO, O <sub>2</sub> , HC, CO <sub>2</sub>									





# MODELO MATEMÁTICO TORQUE





## CONCLUSIONES

El bulbo metálico alcanzó una temperatura de  $-8.16\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la inyección 3 (20 segundos de duración, 4 minutos de descanso) siendo la más eficiente en este punto en relación al promedio de temperaturas en condiciones estándar que registró una medida de  $18.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ , decreciendo porcentualmente en 143%.

Las inyecciones 1 (prueba 3) y 2 (prueba 1) generaron mayor incidencia en la reducción de temperatura a la entrada y salida del encamisado integrado a la cañería de combustible al variar de  $36.25$  a  $31.25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y de  $41.09$  a  $30.68\text{ }^{\circ}\text{C}$  en cada uno de los casos, logrando un decremento porcentual de 16.16 % y 33.93% respectivamente.

Al inyectar 20 segundos de anhídrido carbónico el monóxido de carbono disminuye en 0.61 % de volumen, los hidrocarburos se reducen en 15.55 ppm, lambda mantiene su valor en 0.91 con respecto a los valores que se obtuvieron en condiciones estándar de funcionamiento del vehículo de prueba.

Todas las inyecciones de dióxido de carbono mejoraron la combustión, la más notoria fue la inyección de 20 segundos incremento en 0.8 % de volumen (de 11.77 a 12.57% de volumen), la de menor incidencia únicamente 0.3% (de 11.77 a 12.57% de volumen).





## RECOMENDACIONES

Desarrollar un sistema de recirculación del anhídrido carbónico que permita la optimización del gas refrigerante y mejore la autonomía del depósito.

Investigar la incidencia térmica, mecánica y de emisiones en un motor de encendido por compresión donde además de estos parámetros se podría analizar que ocurre con el nivel de opacidad del motor tras implementar este tratamiento térmico.

Analizar la posibilidad de utilizar un gas refrigerante distinto al anhídrido carbónico a fin de observar si genera mejores resultados que los presentados en esta investigación.

Mantener el depósito de anhídrido carbónico a temperatura ambiente y sin exposiciones directas al sol por espacios prolongados de tiempo.

Verificar en el mercado la existencia de un solenoide o válvula de paso de mejores prestaciones que pueda permanecer abierta más de 20 segundos sin sufrir ningún desperfecto.

Variar la geometría del bulbo metálico y la distancia entre los puntos de entrada y salida del encamisado en un software de simulación para observar si existe un cambio en los resultados obtenidos.





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“LA GLORIA DEL HOMBRE ESTA EN SER GRANDE Y SER ÚTIL”**  
S. Bolívar

