



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL
ELECTRÓNICO DEL ENCENDIDO E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PARA
INVESTIGAR LA INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS MECÁNICOS DEL MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 200CC MONO CILÍNDRICO.”**

**AUTORES: RENÉ FERNANDO LÓPEZ BARBERÁN
JONATHAN SAMUEL LOZADA PILCO**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

Latacunga, 2017



Antecedentes

- El bajo desempeño en la carburación, el uso de sistemas obsoletos, provocan que los parámetros característicos del motor de combustión interna sean limitados.
- La tecnología utilizada en el sistema de alimentación de combustible para este tipo de motores es obsoleto, debido que la inyección electrónica de combustible a demostrado ser lo mejor para optimizar un motor de combustión interna tanto en desempeño, así como en consumo de combustible.
- Además, el uso de sensores y actuadores para el sistema de encendido del motor denota su influencia en la potencia final del motor en este caso la motocicleta.



OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Investigar la incidencia en los parámetros mecánicos del motor de combustión interna de 200cc mono cilíndrico cuando se implementa un sistema de control electrónico de encendido e inyección.



Objetivos específicos

- Consultar la información bibliográfica en fuentes confiables necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Realizar el diseño eléctrico, electrónico del sistema de inyección electrónico y de encendido.
- Seleccionar los diferentes componentes para el ensamblaje del módulo.



- Programar el sistema de encendido de alto desempeño con adelanto programable de la chispa, con el fin de mejorar el rendimiento y consumo de combustible del motor.
- Ejecutar las pruebas en dinamómetro, para obtener datos de torque y potencia de la motocicleta con el sistema de combustible original, así como también con el sistema de inyección electrónico.



- Efectuar pruebas de emisiones de gases contaminantes en prueba estática con el analizador de gases, en el Laboratorio de Autotrónica de la institución, bajo referencia de la norma NTE INEN 2 203:2000.
- Analizar los resultados obtenidos de la investigación.
- Realizar un análisis de costos del proyecto.



Requisitos de operación

Identificar las condiciones de funcionamiento del motor

Procesar la información obtenida

Ejecutar la activación de los actuadores

Interrumpir la operación de los actuadores



Parámetros de diseño

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación DC	8V – 16V
Voltaje de bobina de carga del capacitor	412Vp - máx
Temperatura de operación	85°C – máx
Voltaje de señal de entrada desde sensores	5Vdc – máx



Características del motor

Parámetro	Valor
Cilindrada	196.3cc
Régimen de giro máximo	10000rpm
Régimen de giro a ralentí	1200rpm
Temperatura máxima de operación	110°C



Características del inyector

Parámetro	Valor
Flujo (totalmente abierto)	3.75g/s a 3bar
Alimentación (Corriente continua)	8V – 16V
Resistencia	14.5Ω
Máximo ciclo de trabajo	90%



Características de los sensores

Sensor	Tipo	Alimentación	Tipo de señal de salida	Voltaje máximo de salida
Temperatura del motor	Circuito integrado	5Vdc	DC, Analógica lineal	5Vdc
Temperatura del aire	Circuito integrado	5Vdc	DC, Analógica lineal	5Vdc
Presión de admisión	Piezoeléctrico	5Vdc	DC, Analógica lineal	5Vdc
Posición del acelerador	Resistivo	5Vdc	DC, Analógica lineal	5Vdc
Posición del cigüeñal	Inductivo	Inducción electromagnética	AC, Analógica senoidal	15Vdc

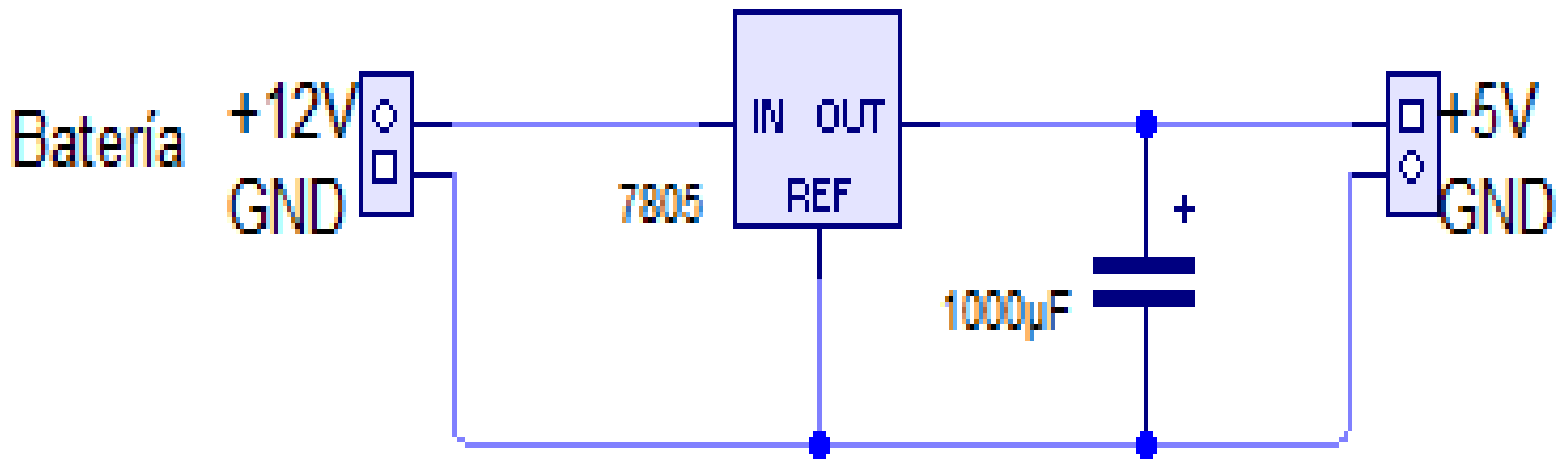


Características del microcontrolador

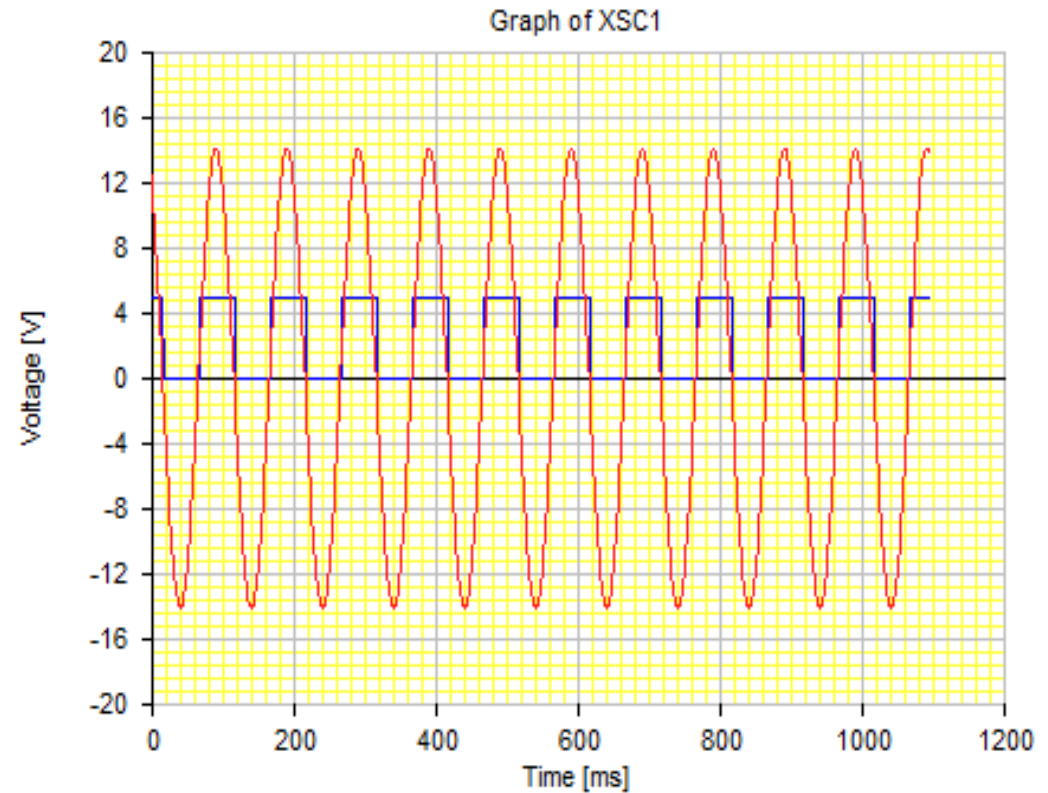
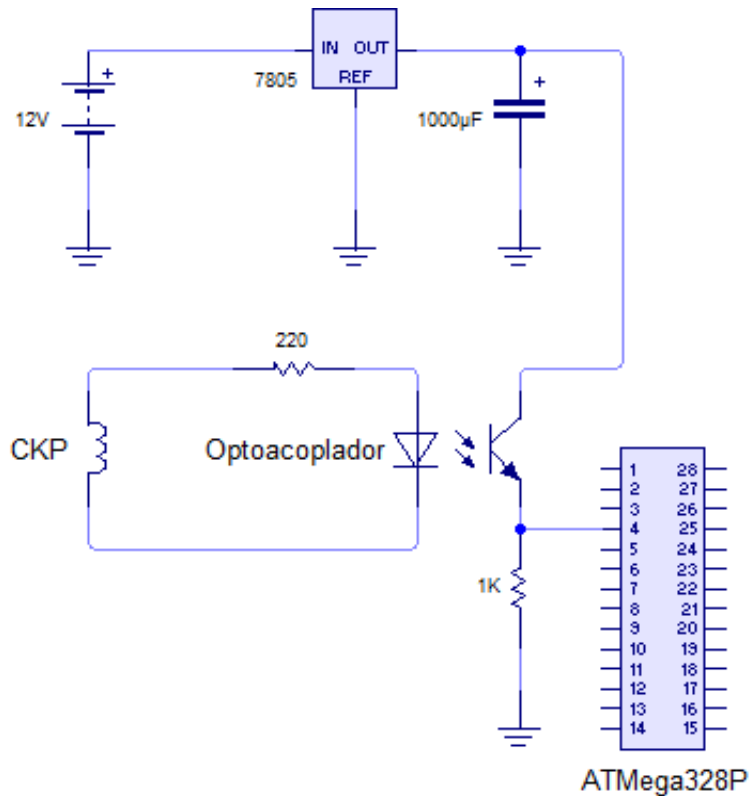
Característica	Valor
Memoria flash	32kbytes
Memoria RAM	2kbytes
Número de pines	28
Número de canales ADC	8
Voltaje de operación	1.8V-5.5V
Temperatura de operación	-40°C – 105°C
Frecuencia de operación	Hasta 20MHz



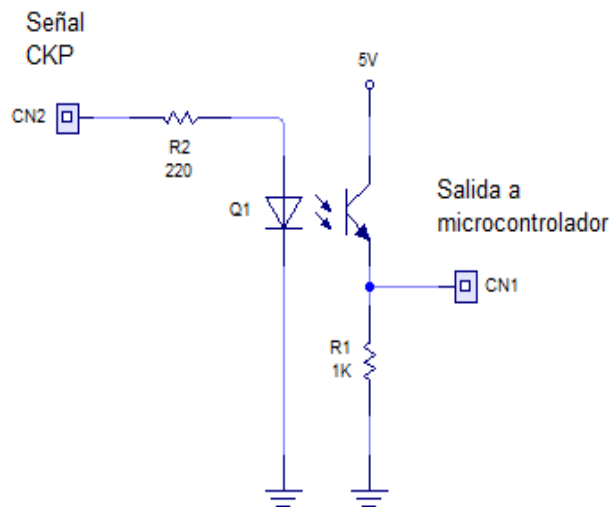
Fuente de alimentación



Acondicionamiento de señal del CKP



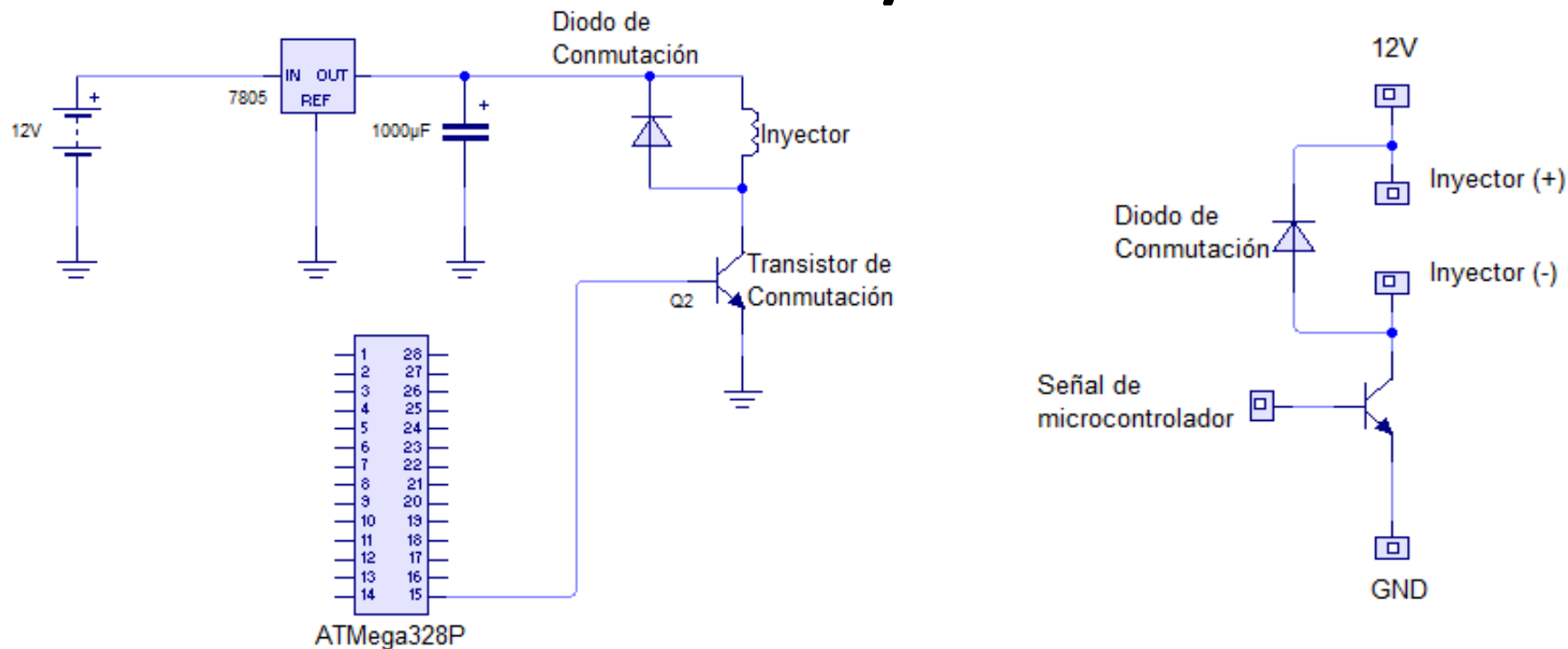
Cálculos para acondicionamiento



Variable	Ecuación	Valor
Resistencia de entrada	$V_s - V_d = I_d * R$	225Ω
Resistencia de tolerancia	$R_t = 0.05 * R$	11.25Ω
Resistencia de salida	$R1 = 4 * \frac{V_{m\acute{a}x\ opto} - V_{m\acute{a}x\ alim}}{I_{m\acute{a}x\ opto}}$	1000ohm

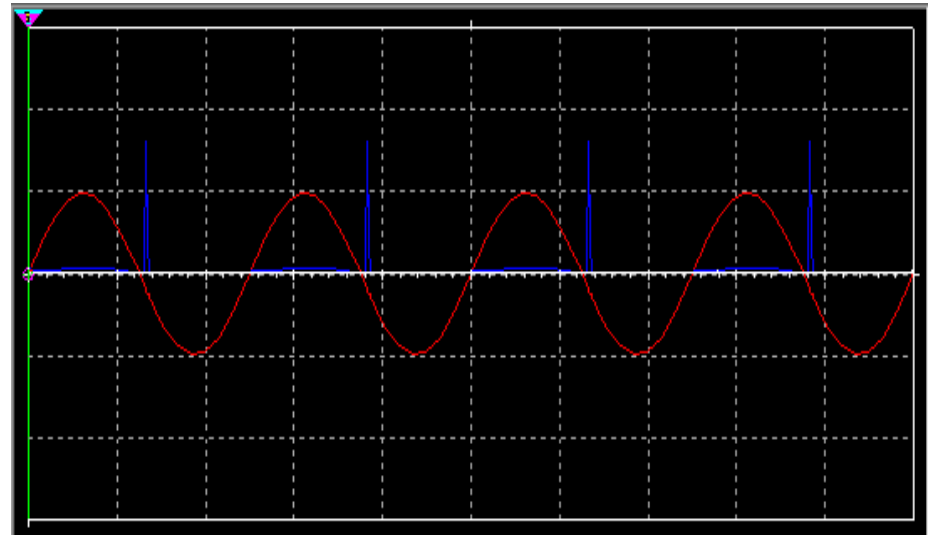
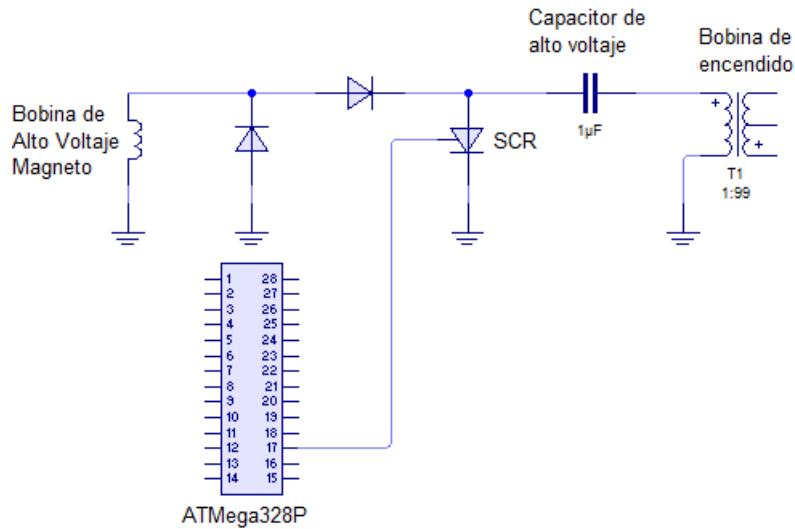


Driver de inyección

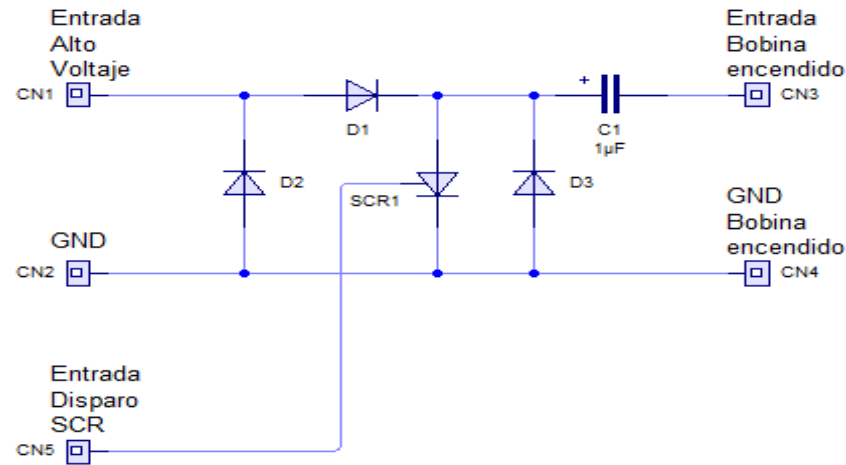


Variable	Ecuación	Valor
Corriente del inyector	$I = \frac{V}{R}$	0.83A

CDI – Driver de bobina de encendido



CDI – Driver de bobina de encendido



Variable	Ecuación	Valor
Capcintancia (Capacitor de alto voltaje)	$w = \frac{1}{2} CV^2$	$0.24\mu F$
Tiempo de carga	$T = 5RC$	$940.09\mu s$
Tiempo de descarga	$T = 5RC$	$2.25\mu s$
Frecuencia mínima	$f_{mín} = 1200rpm * \frac{1Hz}{60rpm}$	$20Hz$
Frecuencia máxima	$f_{mín} = 10000rpm * \frac{1Hz}{60rpm}$	$166.67Hz$



Control por Velocidad-Densidad

Parámetro	Valor
<i>Periodo de ciclo</i>	$\frac{60}{RPM}(s)$
<i>EV</i>	0.85
<i>P</i>	Leído desde el sensor (Pa)
<i>M</i>	28.97(g/mol)
<i>V_c</i>	0.0002(m ³)
<i>N'</i>	$\frac{RPM}{120}(s^{-1})$
<i>m_i</i>	3.75(g/s)
<i>Rac</i>	14.7
<i>R</i>	8.3144(J/mol*K)
<i>T</i>	Leído desde el sensor (K)



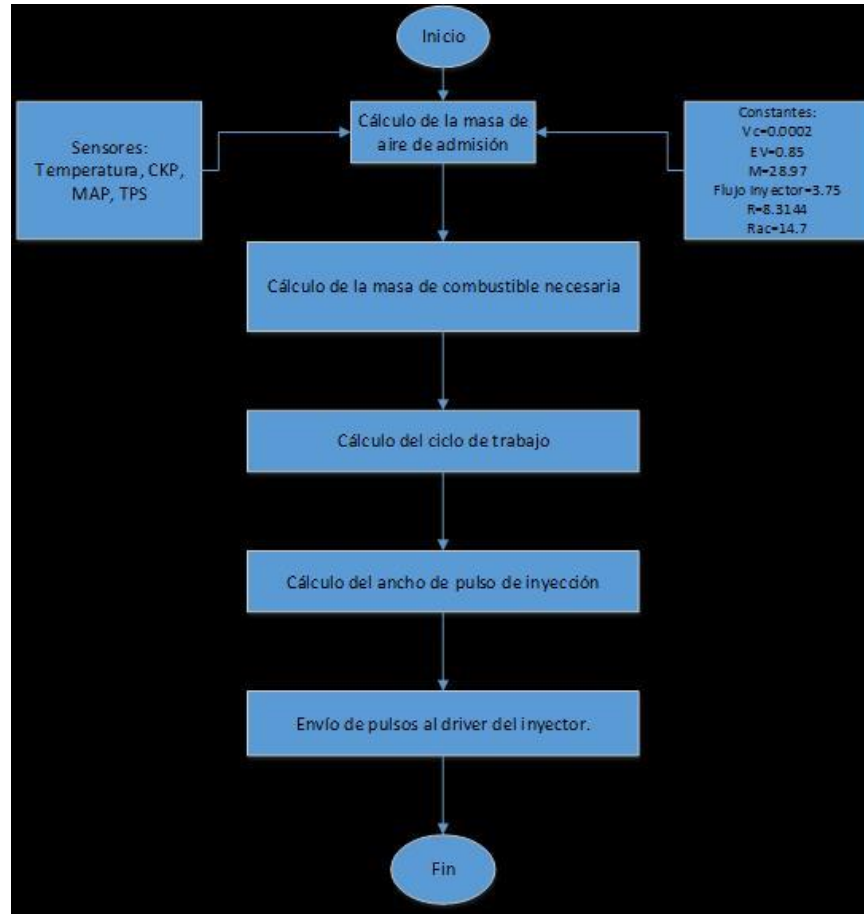
Control por Velocidad-Densidad

$$\text{Ancho de pulso} = \text{Periodo de ciclo} * \frac{EV * P * M * V_c * N'}{m_i * Rac * R * T}$$

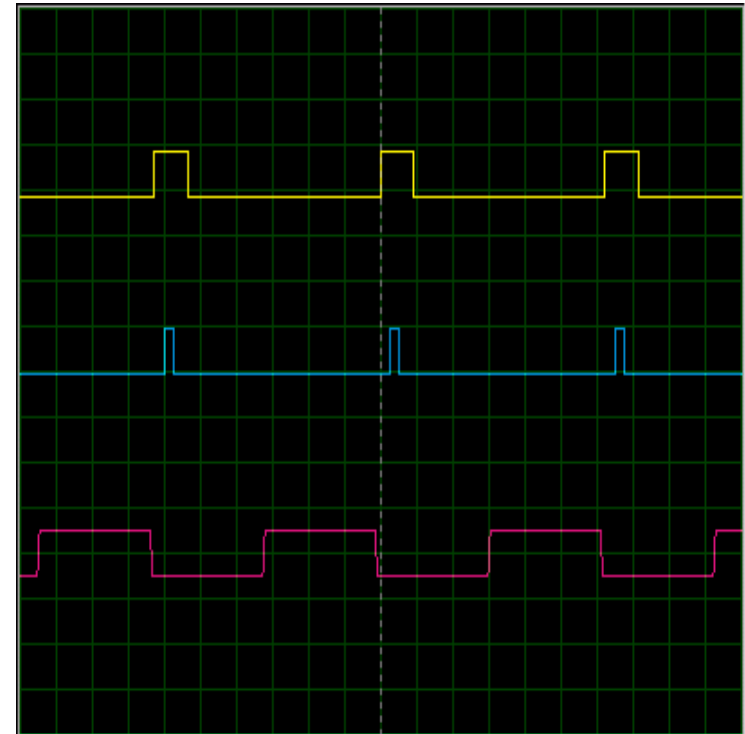
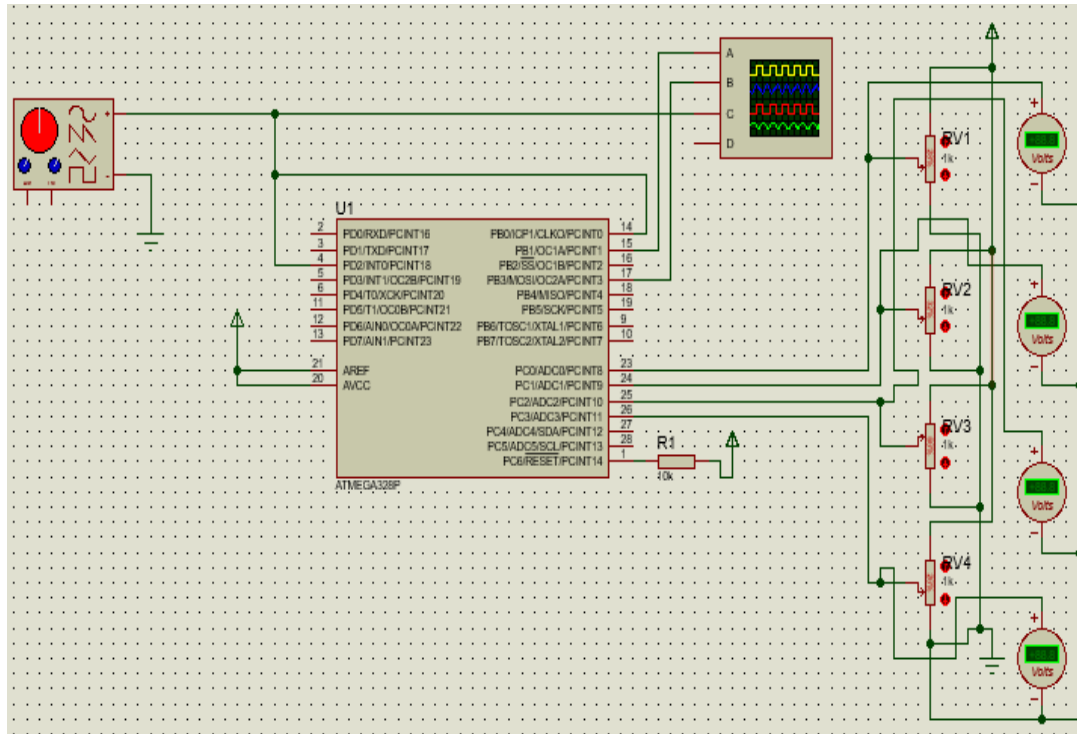
$$\text{Ancho de pulso} = \frac{0.0000107453 * P}{T} (s)$$



Algoritmo de Velocidad-Densidad



Control por Velocidad-Densidad



Control por Alfa-N

Posición TPS	Voltaje
Máximo	0.55
Mínimo	3.25

Velocidad	RPM
Máximo	10000
Mínimo	1200



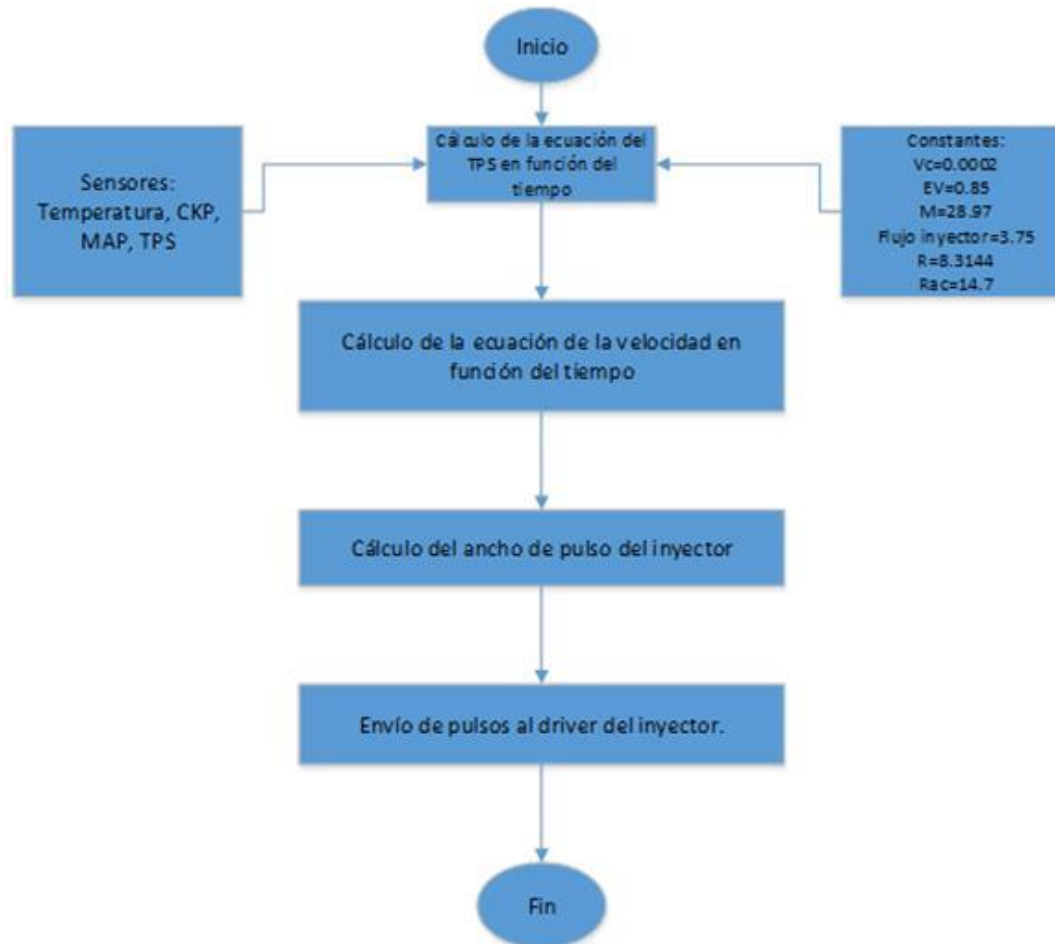
Cálculo para Alfa-N

$$t = \left(\frac{12 - 2}{10000 - 1200} (RPM - 1200) + 2 \right) \left(\frac{12 - 2}{3.25 - 0.55} (V - 0.55) + 2 \right)$$

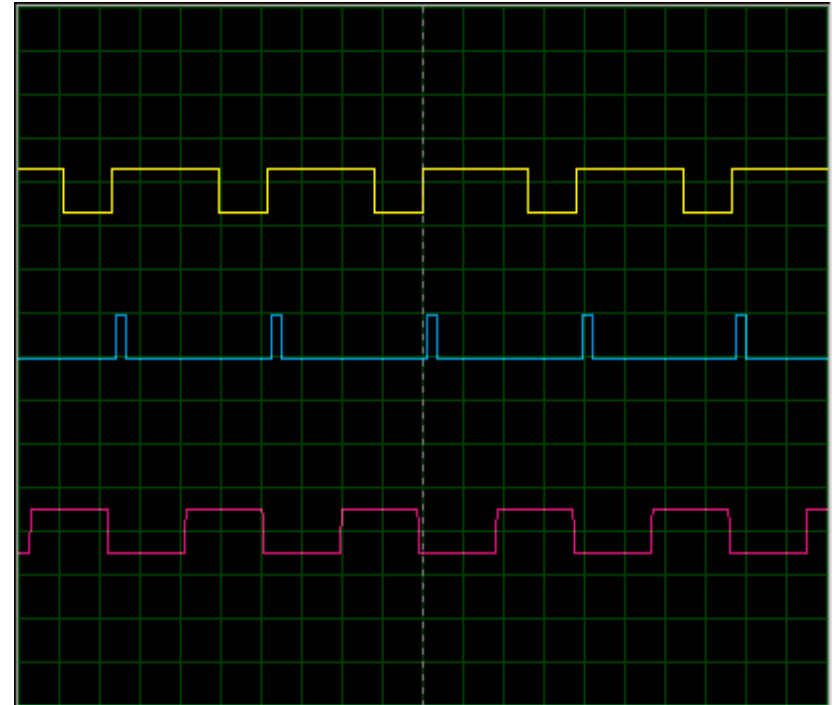
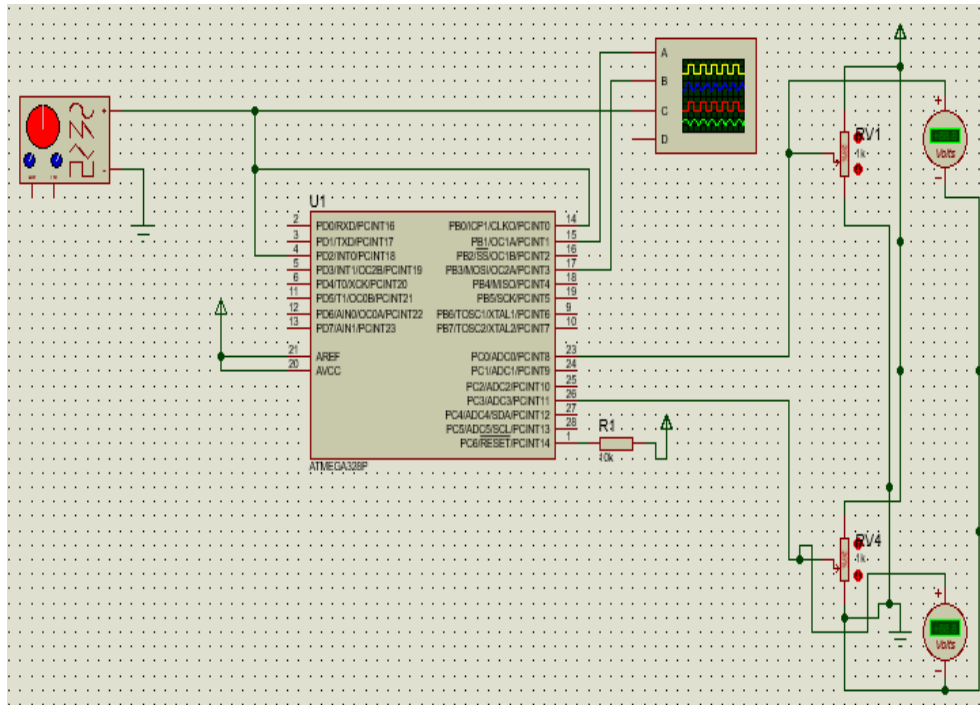
$$t = (0.001136RPM - 0.636)(3.703V + 4.037)$$



Algoritmo para Alfa-N



Control por Alfa-N



Restricciones

Restricción	Valor de corte	Valor de restitución
Velocidad angular superior	10000rpm	9500rpm
Velocidad angular inferior	100rpm	600rpm
Temperatura	100°C	95°C



Ángulo de disparo de bobina de encendido

Parámetro	Valor
Diámetro del cilindro	65.5mm
Carrera del pistón	59mm
Relación de compresión	9.25:1
Desplazamiento	198.8cc
Vació a ralentí	4.91psi



Ángulo de disparo de bobina de encendido

Cylinder Bore:	<input type="text" value="65.65"/> <input type="text" value="millimeters"/>
Combustion Chamber Type:	<input type="text" value="2-valve closed chamber w/ optimized quench"/>
Fuel:	<input type="text" value="mid-grade (91 or 92 octane)"/>
Compression Ratio:	<input type="text" value="9.1:1 to 10.0:1"/>
Idle Vacuum:	<input type="text" value="10"/> in-Hg
Maximum boost level: (0 for naturally aspirated, max. boost (psi) for turbo/supercharged)	<input type="text" value="0"/> psi (21 psi maximum)
Maximum RPM:	<input type="text" value="10000"/> RPM
Idle RPM:	<input type="text" value="1200"/> RPM
Spark advance table dimensions:	<input type="text" value="8x8"/> <ul style="list-style-type: none">• MS-I uses 8x8 tables;• MS-II, MicroSquirt, and the Sequencer use 12x12 tables.
<input type="button" value="Reset Form"/>	
<u>E format:</u>	
<input type="button" value="Generate Advance Table"/>	

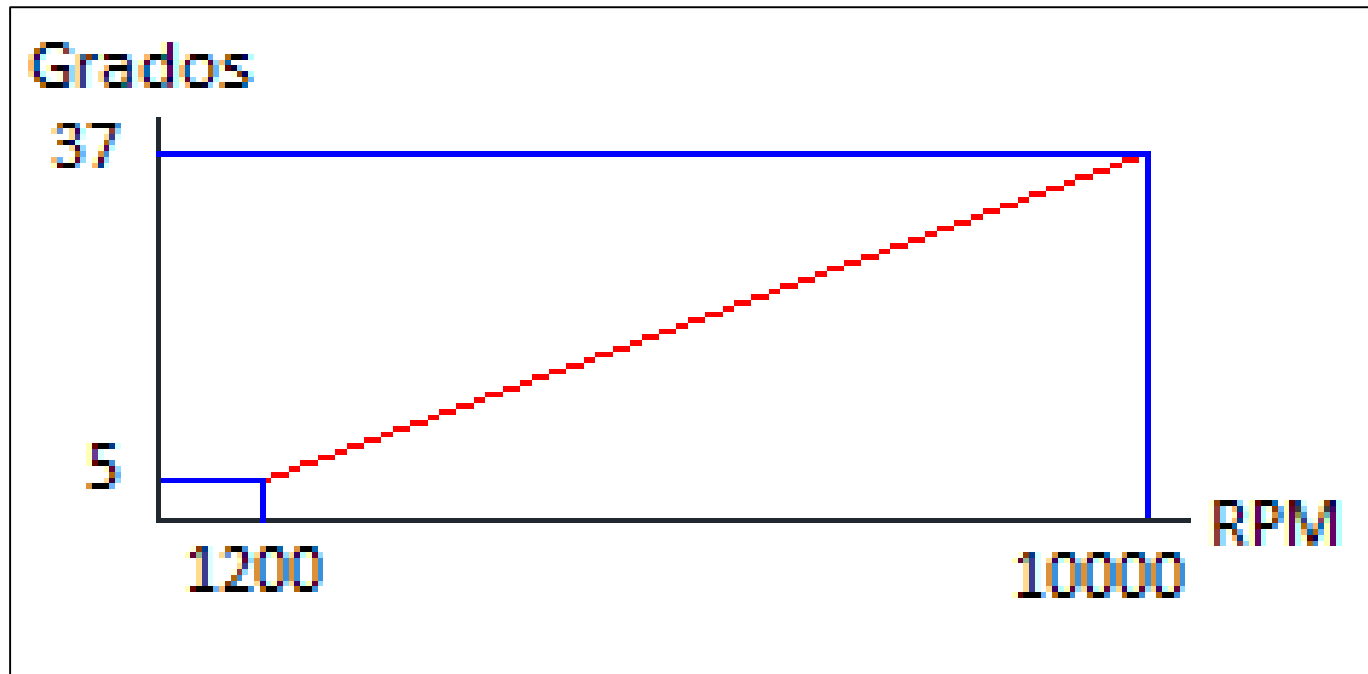


Ángulo de disparo de bobina de encendido

13.0	10.0	30.4	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6
13.0	10.0	29.7	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8
13.0	10.0	29.1	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
13.0	10.0	28.4	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1
13.0	10.0	27.7	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3
13.0	10.0	27.0	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4
5.0	10.0	26.4	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6
5.0	10.0	25.7	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8

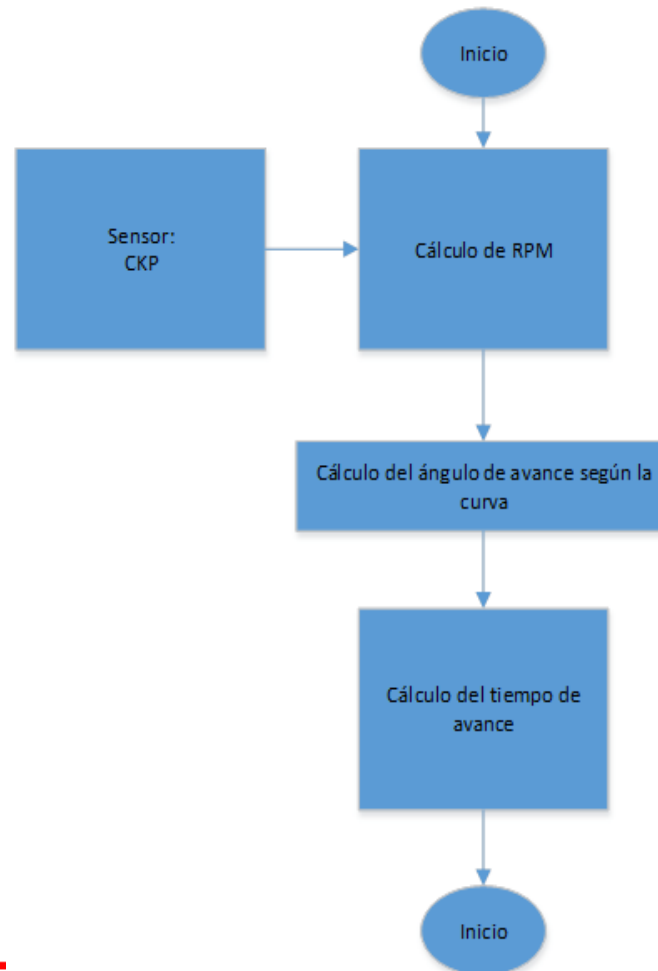


Ángulo de disparo de bobina de encendido

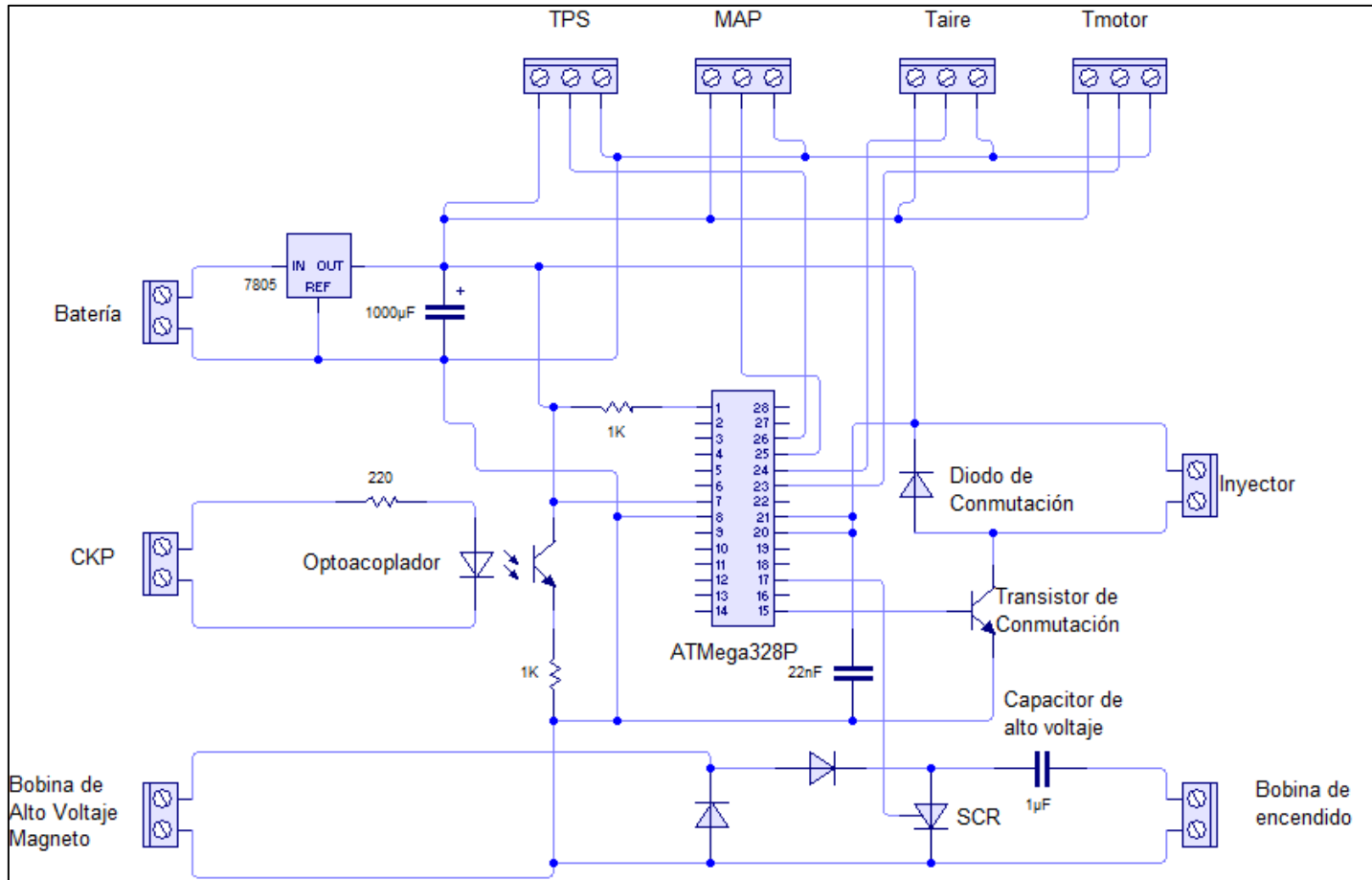


$$\theta = 0.00364 * RPM + 0.63636$$

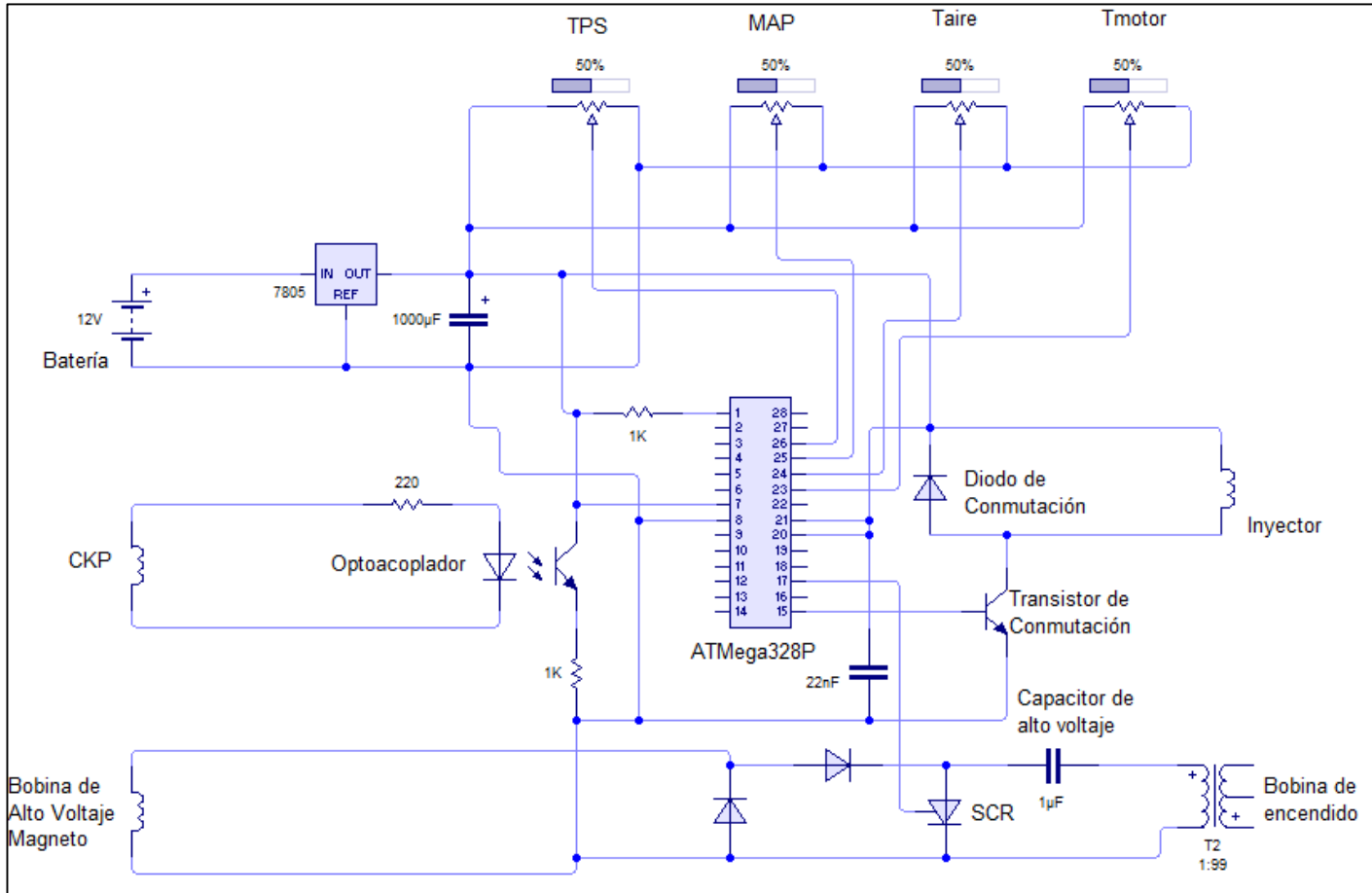
Algoritmo de disparo de bobina de encendido



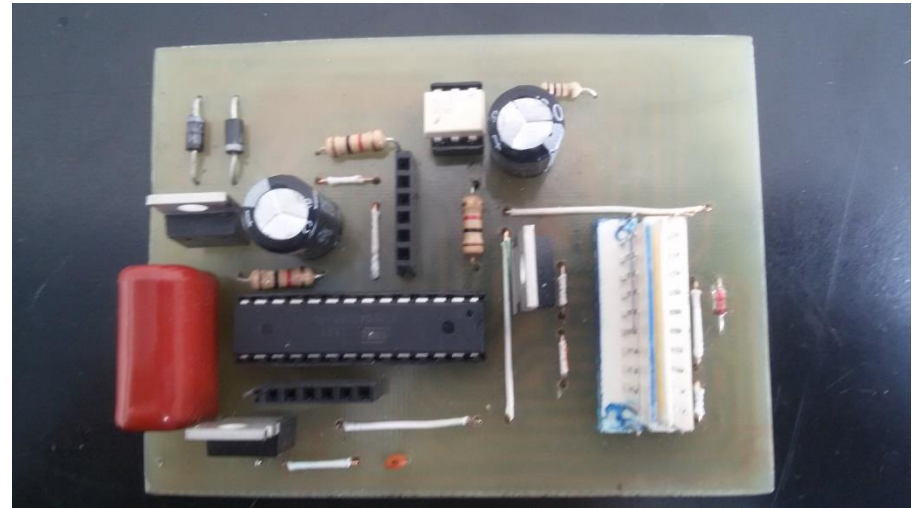
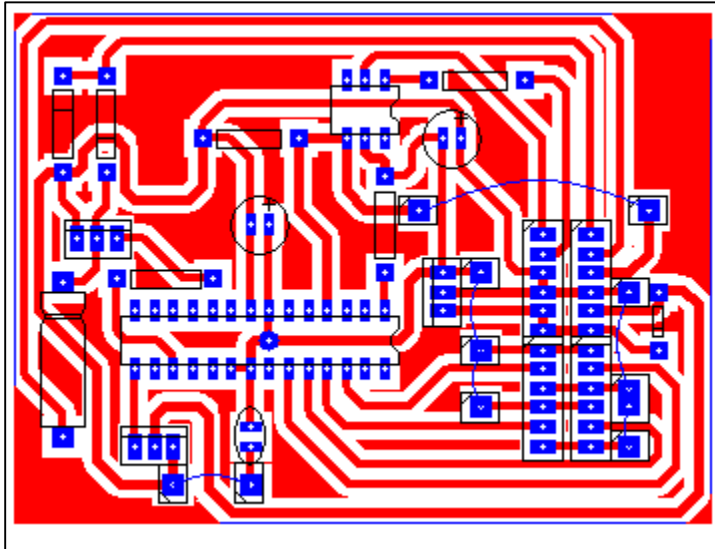
Circuito



Circuito

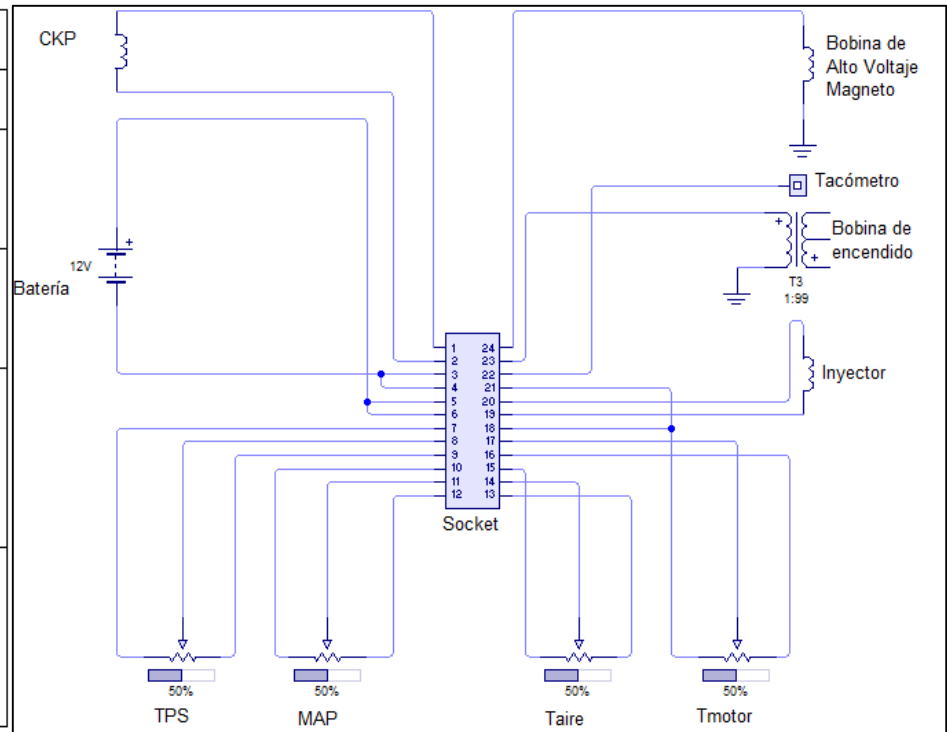


Circuito

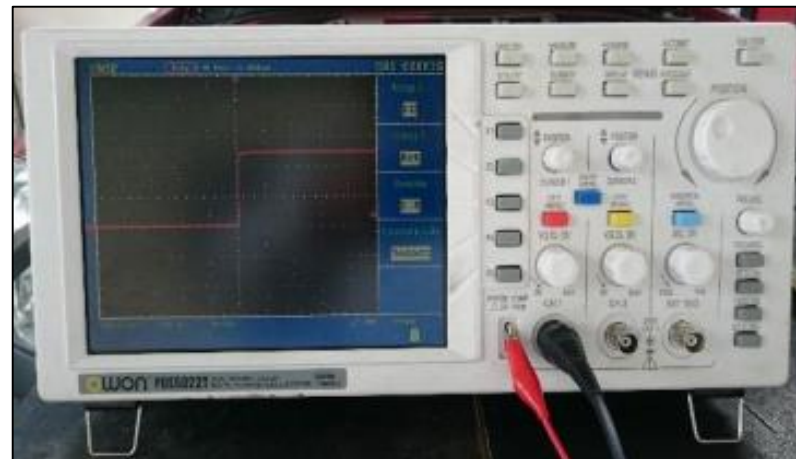
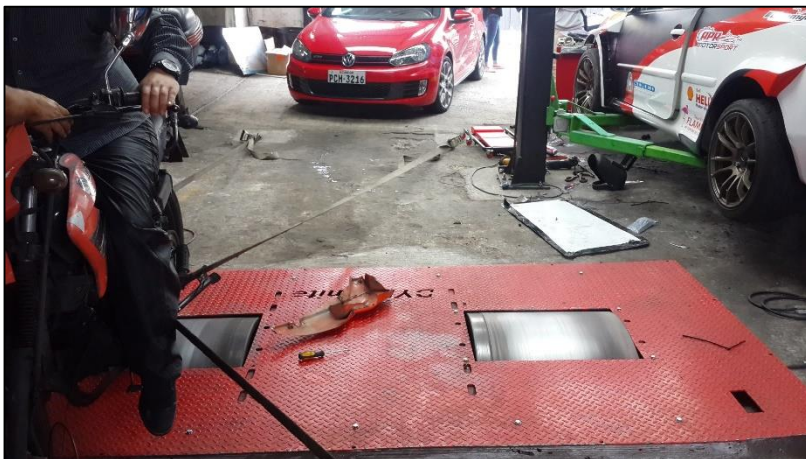


Circuito

CKP	Señal +	○	○	HV in	Magneto
	Señal -	○	○	Bobina encendido	Bujía
Batería	GND	○	○	Tacómetro	
	GND	○	○	GND	
	+12V	○	○	Driver inyector	Inyector
	+12V	○	○	+12V	
TPS	+5V	○	○	+5V	Temperatura motor
	Señal	○	○	Señal	
	GND	○	○	GND	
MAP	+5V	○	○	+5V	Temperatura aire
	Señal	○	○	Señal	
	GND	○	○	GND	



EQUIPOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

NORMATIVA GASES

- REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 136 “MOTOCICLETAS”.

4.7 Niveles de Emisión de gases contaminantes

4.7.1 Prueba Estática en ralentí. Todas las motocicletas y tricimotos que utilicen como combustible: gasolina o mezcla gasolina – aceite, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí, a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

PARÁMETRO	CANTIDAD
HC Limite:	2.000,00 ppm
CO limite:	4,50 %
CO2 mínimo:	7,00%
CO máximo:	5,00%



TOMA DE SEÑALES CARACTERÍSTICAS

Paso

Descripción

Fotografía

1

Poner el switch en ON y poner en funcionamiento la motocicleta.



2

Esperar que el motor de la motocicleta llegue a la temperatura adecuada de funcionamiento.



3

Conectar el osciloscopio al computador e instalar las puntas en el canal 1 y canal 2.



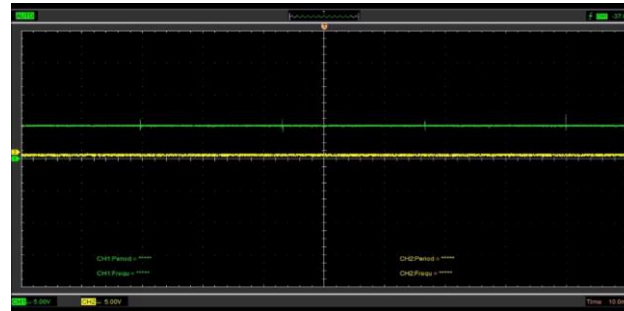
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Fuente de alimentación

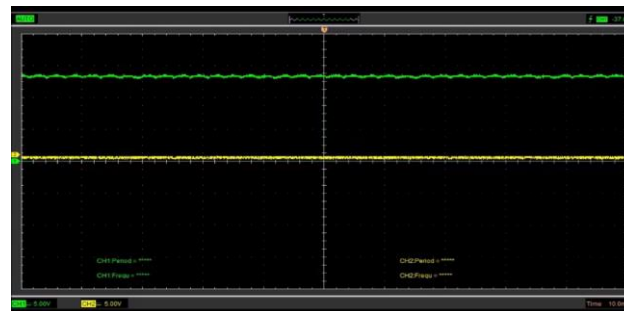
Colocar la punta del osciloscopio en el pin correspondiente según el diagrama de distribución de pines, y el lagarto a un punto de tierra en la motocicleta.

CKP	Señal +	○	○	HV In	Magneto
	Señal -	○	○	Bobina encendido	Bujia
Batería	GND	○	○	Tacómetro	
	GND	○	○	GND	
	+12V	○	○	Driver inyector	Inyector
TPS	+12V	○	○	+12V	Temperatura motor
	+5V	○	○	+5V	
	Señal	○	○	Señal	
MAP	GND	○	○	GND	Temperatura aire
	+5V	○	○	+5V	
	Señal	○	○	Señal	
	GND	○	○	GND	

Obtener el oscilograma y la señal de 5v de alimentación para el microcontrolador.



Obtener el oscilograma y la señal de 12v de alimentación de la batería.



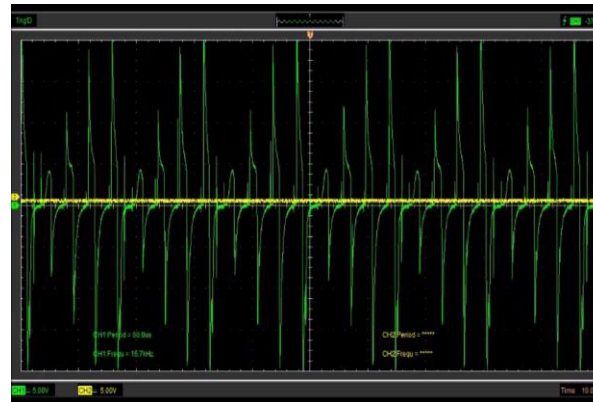
Sensores

Colocar la punta del osciloscopio en el pin correspondiente según el diagrama de distribución de pines, y el lagarto a un punto de tierra en la motocicleta.

CKP	Señal +	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	HV in	Magneto
	Señal -	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bobina encendido	Bujía
Bateria	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tacómetro	
	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	
	+12V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Driver inyector	Inyector
	+12V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+12V	
TPS	+5V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+5V	Temperatura motor
	Señal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Señal	
	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	
MAP	+5V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+5V	Temperatura aire
	Señal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Señal	
	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	

Obtener el oscilograma y la señal del CKP:

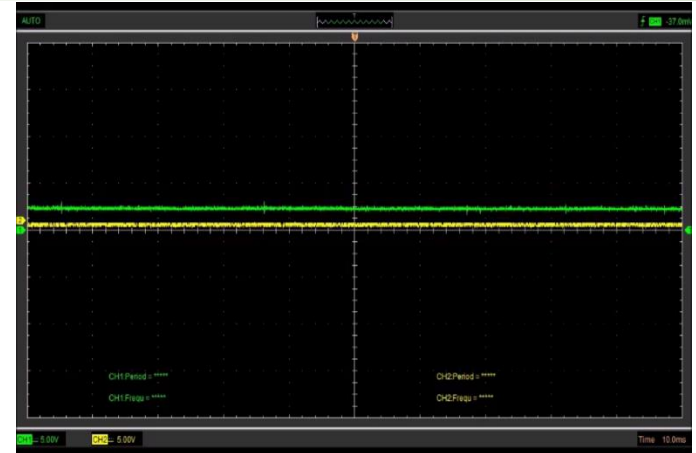
Onda senoidal.



3

Obtener el oscilograma y la señal del CKP rectificado:

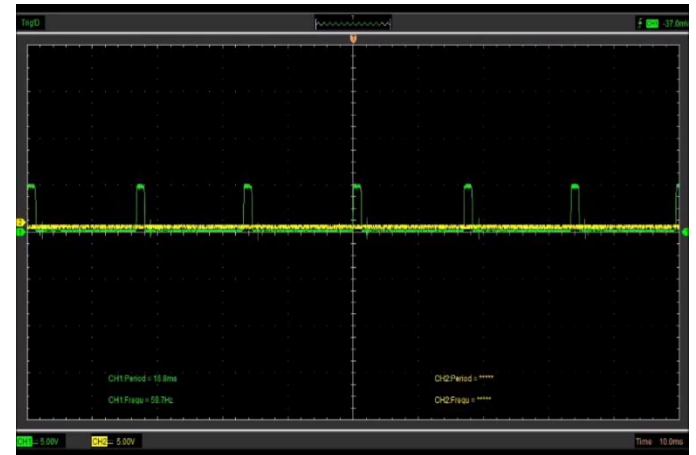
- Onda cuadrada.
- Ov – 5v.



4

Obtener el oscilograma y señal del TPS:

- 0.5v – 4.5v.
- Varía con el movimiento del acelerador

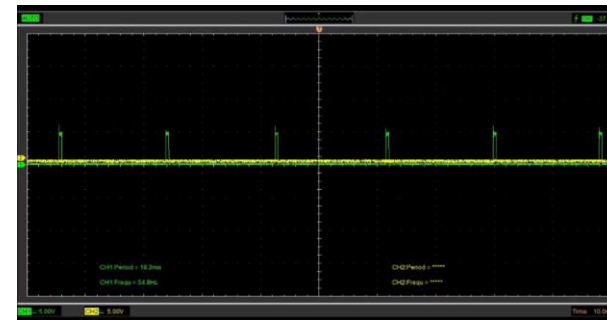


- 1 Colocar la punta del osciloscopio en el pin correspondiente según el diagrama de distribución de pines, y el lagarto a un punto de tierra en la motocicleta.

CKP	Señal +	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	HV in	Magneto
	Señal -	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bobina encendido	Bujía
Batería	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tacómetro	
	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	
	+12V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Driver inyector	Inyector
	+12V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+12V	
TPS	+5V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+5V	Temperatura motor
	Señal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Señal	
MAP	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	Temperatura aire
	+5V	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	+5V	
	Señal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Señal	
	GND	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	GND	

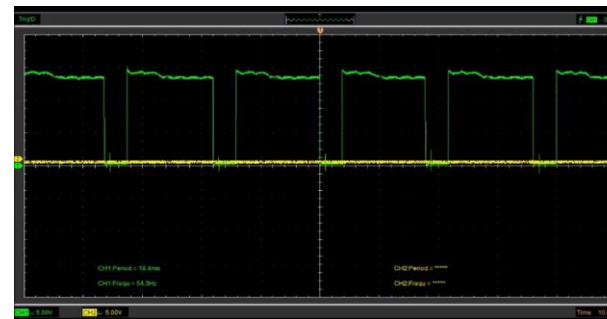
- 2 Obtener el oscilograma y señal del pulso para la bobina de encendido:

- 0v – 5v.



- 3 Obtener el oscilograma y señal del inyector:

- 0v – 12v.

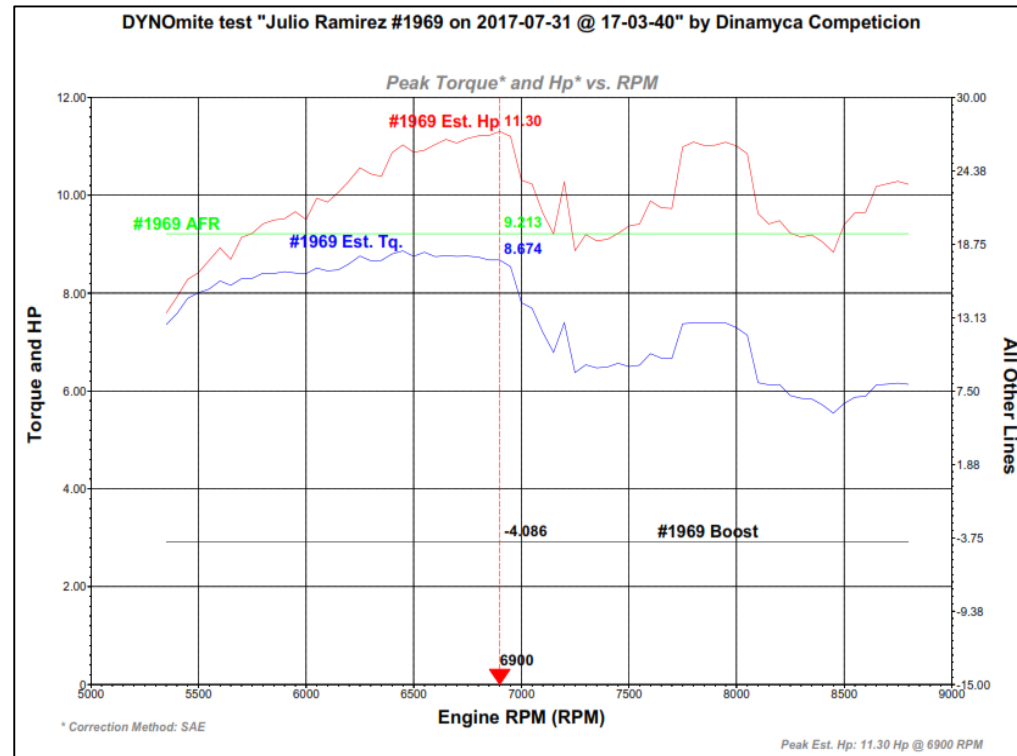


ANÁLISIS DE RESULTADOS



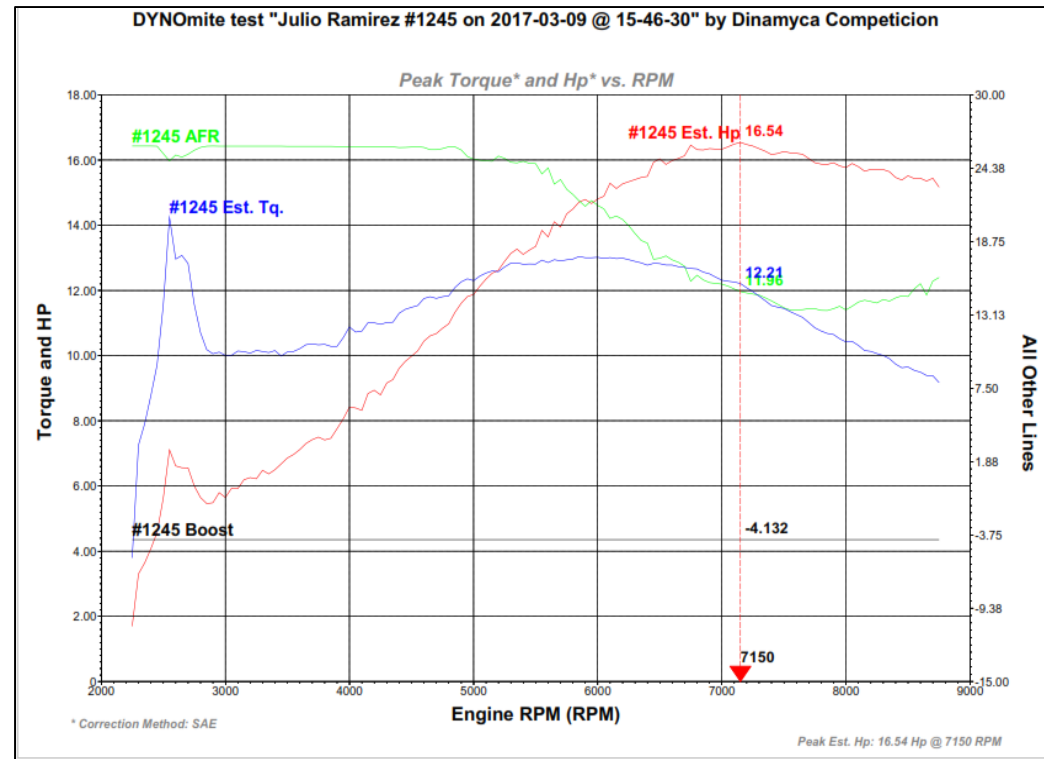
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA CON CARBURADOR

RPM	Potencia I (HP)	Torque I (ft-lb)	RPM	Potencia I (HP)	Torque I (ft-lb)
2300	--	--	5600	8.922	8.245
2400	--	--	5700	9.134	8.294
2500	--	--	5800	9.414	8.404
2600	--	--	5900	9.520	8.436
2700	--	--	6000	9.500	8.396
2800	--	--	6100	9.857	8.450
2900	--	--	6200	10.29	8.598
3000	--	--	6300	10.43	8.660
3100	--	--	6400	10.87	8.800
3200	--	--	6500	10.88	8.749
3300	--	--	6600	11.04	8.744
3400	--	--	6700	11.07	8.749
3500	--	--	6800	11.21	8.733
3600	--	--	6900	11.30	8.674
3700	--	--	7000	10.31	7.804
3800	--	--	7100	9.635	7.196
3900	--	--	7200	10.27	7.392
4000	--	--	7300	9.193	6.533
4100	--	--	7400	9.097	6.485
4200	--	--	7500	9.367	6.497
4300	--	--	7600	9.880	6.761
4400	--	--	7700	9.728	6.660
4500	--	--	7800	11.09	7.391
4600	--	--	7900	11.02	7.393
4700	--	--	8000	11.00	7.289
4800	--	--	8100	9.622	6.167
4900	--	--	8200	9.480	6.131
5000	--	--	8300	9.146	5.845
5100	--	--	8400	9.044	5.710
5200	--	--	8500	9.396	5.742
5300	--	--	8600	9.652	5.889
5400	7.915	7.579	8700	10.23	6.136
5500	8.415	8.005	8800	10.22	6.132



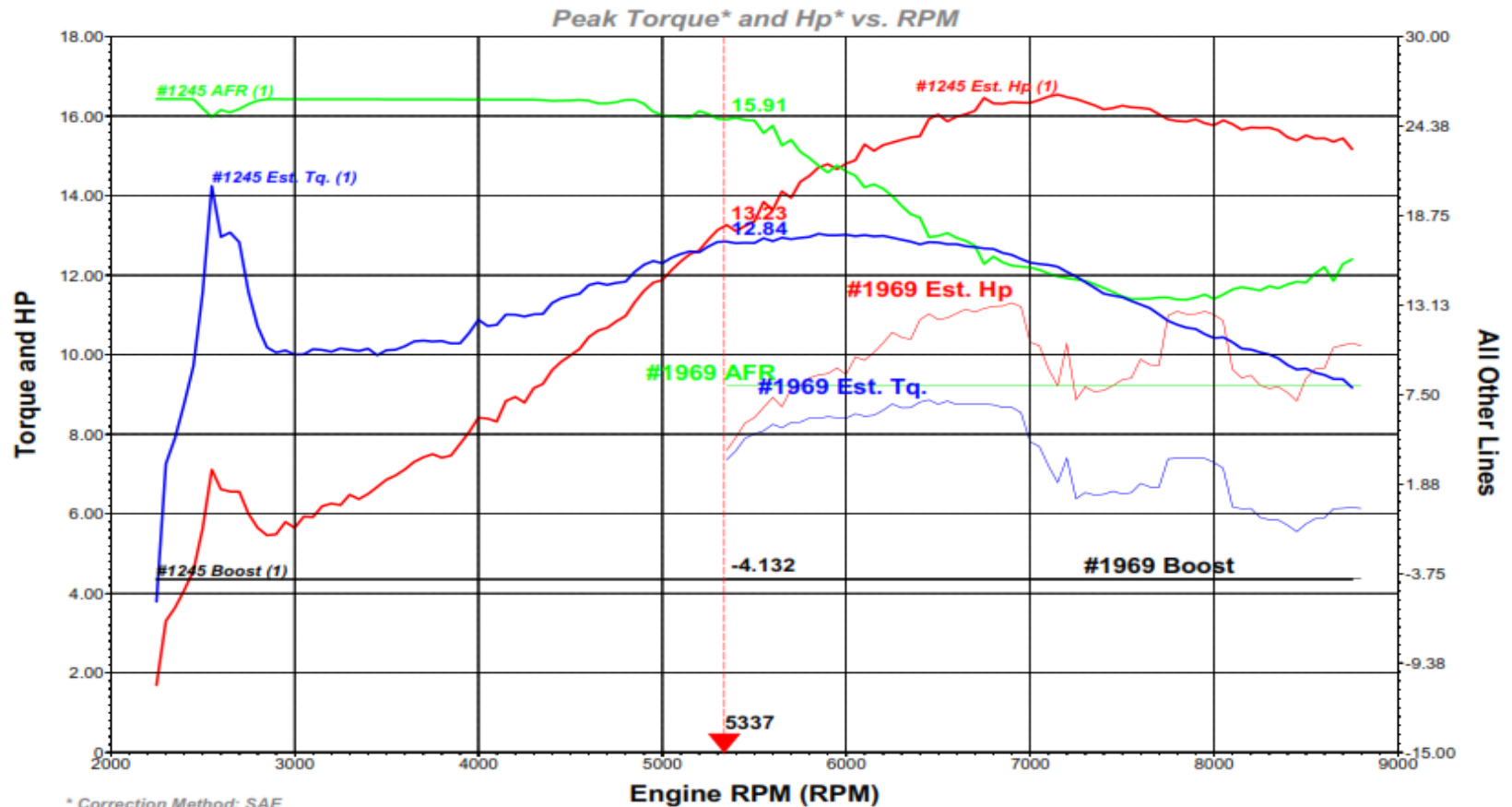
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA A INYECCIÓN

RPM	Potencia C (HP)	Torque C (ft-lb)	RPM	Potencia C (HP)	Torque C (ft-lb)
2300	3,299	7,251	5600	13,63	12,85
2400	4,073	8,772	5700	13,94	12,9
2500	5,625	11,55	5800	14,49	12,96
2600	6,611	12,96	5900	14,78	13
2700	6,548	12,82	6000	14,8	13,01
2800	5,64	10,7	6100	15,28	13
2900	5,479	10,05	6200	15,26	12,98
3000	5,64	10	6300	15,39	12,89
3100	5,911	10,13	6400	15,49	12,77
3200	6,251	10,07	6500	16,03	12,81
3300	6,478	10,12	6600	15,98	12,77
3400	6,496	10,15	6700	16,13	12,7
3500	6,852	10,11	6800	16,31	12,66
3600	7,116	10,21	6900	16,35	12,5
3700	7,414	10,35	7000	16,33	12,31
3800	7,409	10,34	7100	16,49	12,25
3900	7,753	10,28	7200	16,47	12,08
4000	8,41	10,87	7300	16,35	11,82
4100	8,314	10,75	7400	16,16	11,53
4200	8,934	11	7500	16,26	11,45
4300	9,152	11,01	7600	16,2	11,26
4400	9,601	11,3	7700	16,05	11,01
4500	9,976	11,47	7800	15,87	10,75
4600	10,44	11,75	7900	15,91	10,64
4700	10,67	11,75	8000	15,77	10,42
4800	10,97	11,83	8100	15,79	10,3
4900	11,6	12,26	8200	15,71	10,13
5000	11,87	12,29	8300	15,7	10
5100	12,34	12,53	8400	15,46	9,731
5200	12,62	12,57	8500	15,51	9,648
5300	13,13	12,83	8600	15,44	9,49
5400	13,1	12,8	8700	15,44	9,382
5500	13,35	12,8			



COMPARACIÓN TORQUE Y POTENCIA DE LOS DOS SISTEMAS

DYNOMite test "Julio Ramirez #1969 on 2017-07-31 @ 17-03-40" by Dinamyca Competicion



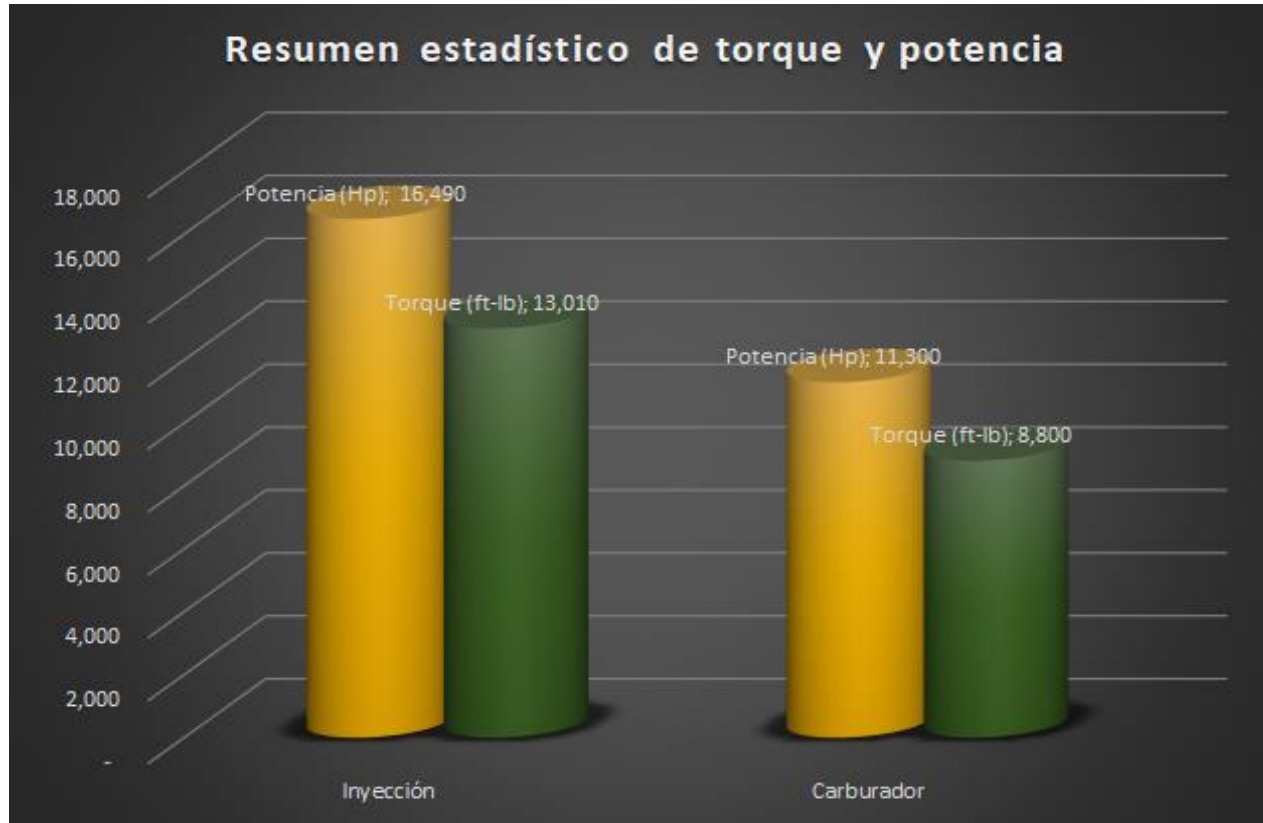
Peak Est. Hp: 11.30 Hp @ 6900 RPM



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

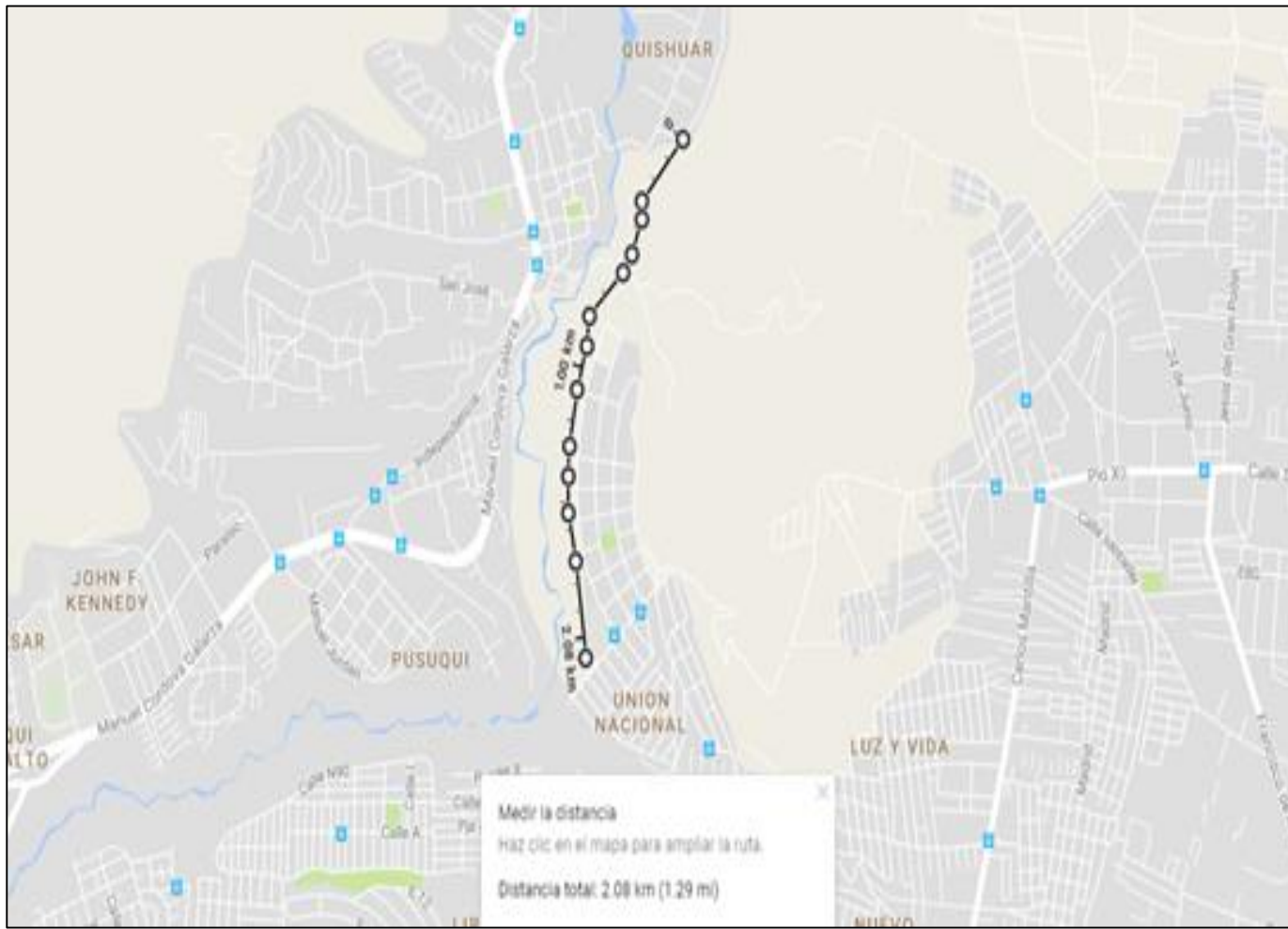


RESUMEN ESTADÍSTICO DE TORQUE Y POTENCIA



	Carburador		Inyección	
Valores	Potencia C	Torque C	Potencia I	Torque I
	(HP)	(ft-lb)	(HP)	(ft-lb)
Medición	11.30	8.800	16.49	13.01
Porcentaje de variación	-31.47%	-32.36%	----	----

PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE



ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONSUMO DE COMBUSTIBLE

	Carburador	Inyección
Valores	Vc (ml)	Vi (ml)
Valor 1	350	340
Valor 2	357	327
Valor 3	359	330
Valor 4	354	345
Valor mínimo total	350	327
Valor máximo total	359	345
Promedio	355	335.5
Porcentaje de variación	---	-5.493%



ANÁLISIS ESTADÍSTICO EMISIONES DE GASES

Valores	Carburador					Inyección				
	HC ppm	CO %	CO2 %	O2%	RPM	HC ppm	CO %	CO2 %	O2%	RPM
Valor 1	1890	13,38	7,57	3,70	1382	991	4,32	5,48	2,60	1472
Valor 2	1726	11,00	7,84	4,60	1556	1421	4,05	6,60	3,27	1547
Promedio	1808	12,19	7,70	4,15	1469	1206	4,18	6,04	2,93	1509
Porcentaje de variación	---					-33,30	-65,67	-21,61	-29,28	2,76



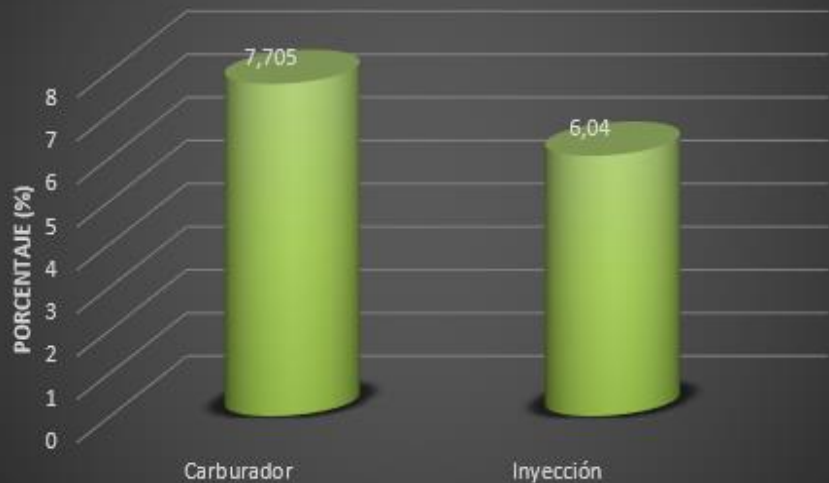
Resumen estadístico de hidrocarburos en partículas por millón



Resumen estadístico en porcentaje del monóxido de carbono



Resumen estadístico en porcentaje del dióxido de carbono

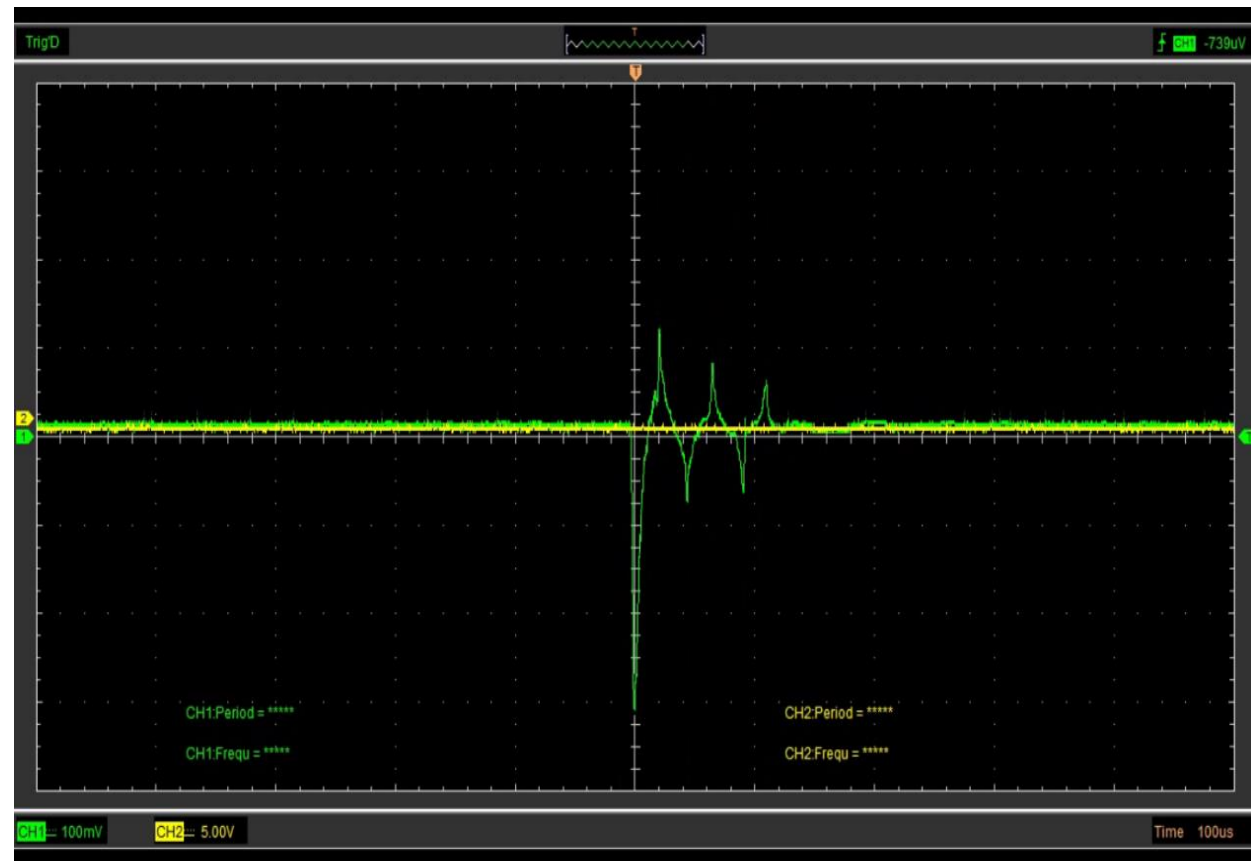


Resumen estadístico en porcentaje de oxígeno



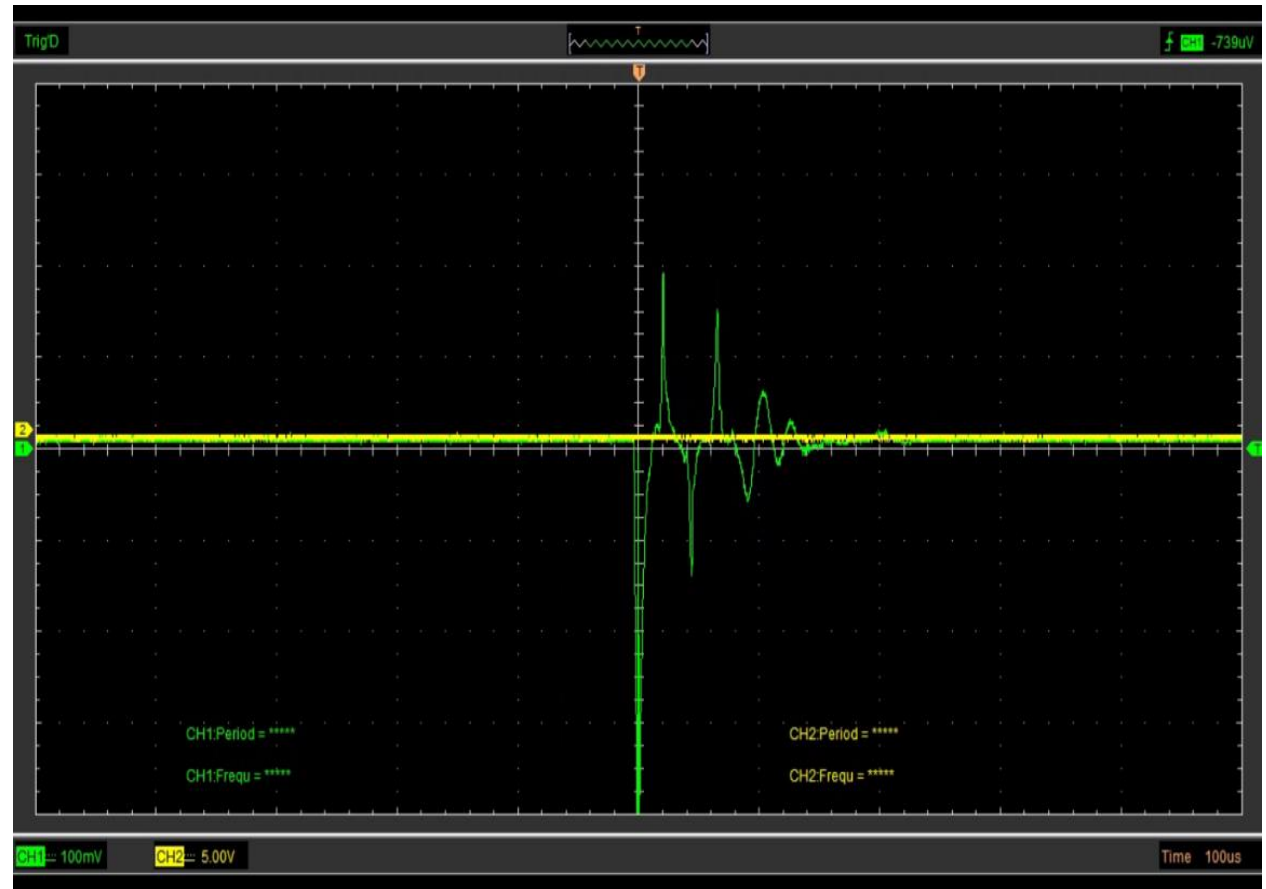
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA CHISPA CON EL CDI ORIGINAL

Descripción	Valor
Voltaje máximo (kV):	18.3
Voltaje mínimo (kV):	3.05
Corriente máxima (A):	3
Corriente mínima (A):	0.5
Angulo (°):	1.728

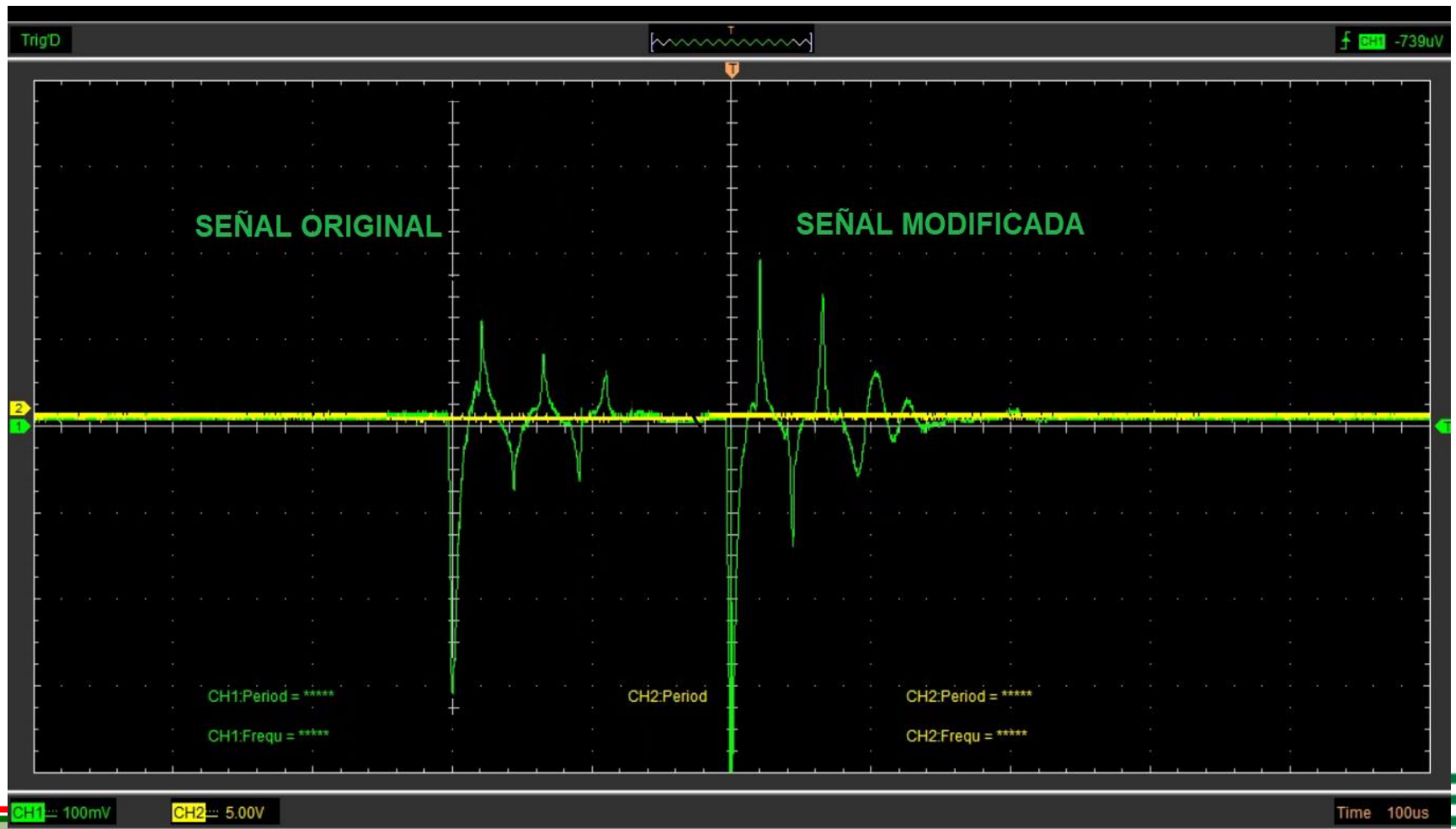


ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA CHISPA CON EL MÓDULO DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO

Descripción	Valor
Voltaje máximo (kV):	24.4
Voltaje mínimo (kV):	4.27
Corriente máxima (A):	4
Corriente mínima (A):	0.70
Angulo (°):	2.016



COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CHISPA DE LA BUJÍA

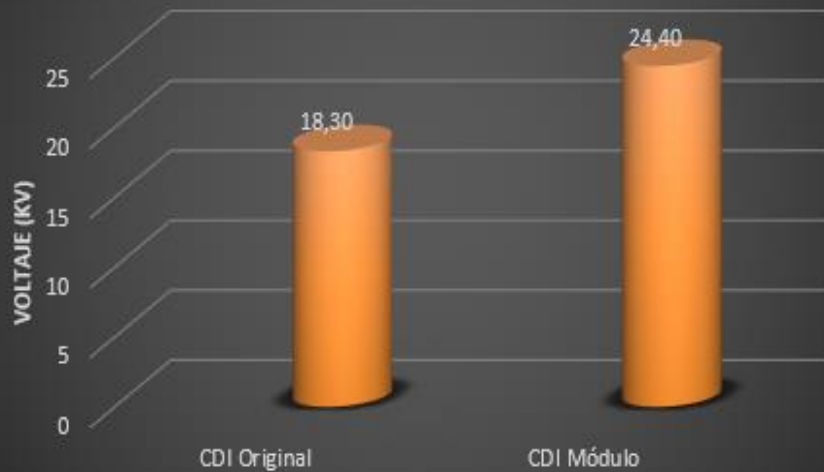


ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CHISPA DE BUJÍA

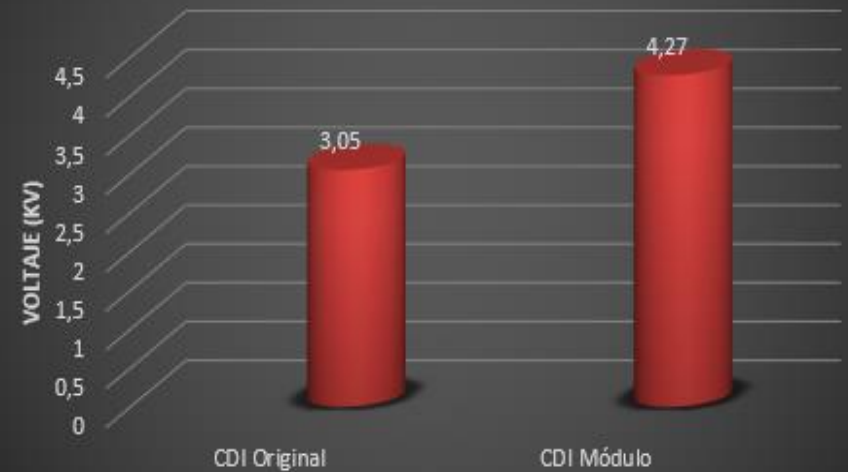
Valores	Voltaje máximo (kV)	Voltaje mínimo (kV)	Corriente máxima (A)	Corriente mínima (A)	Ángulo encendido (°)
Oscilograma original	18.30	3.05	3	0.5	1.728
Oscilograma modificado	24.4	4.27	4	0.7	2.016
Valor máximo total	24.4	4.27	4	0.7	2.016
Promedio	21.35	3.66	3.5	0.6	1.872
Porcentaje de variación	25%	29%	25%	29%	14%



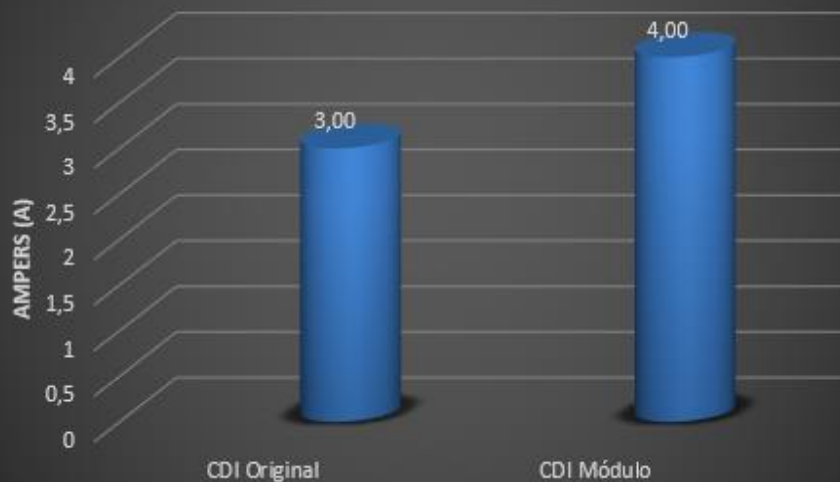
Resumen estadístico voltaje máximo de la bujía



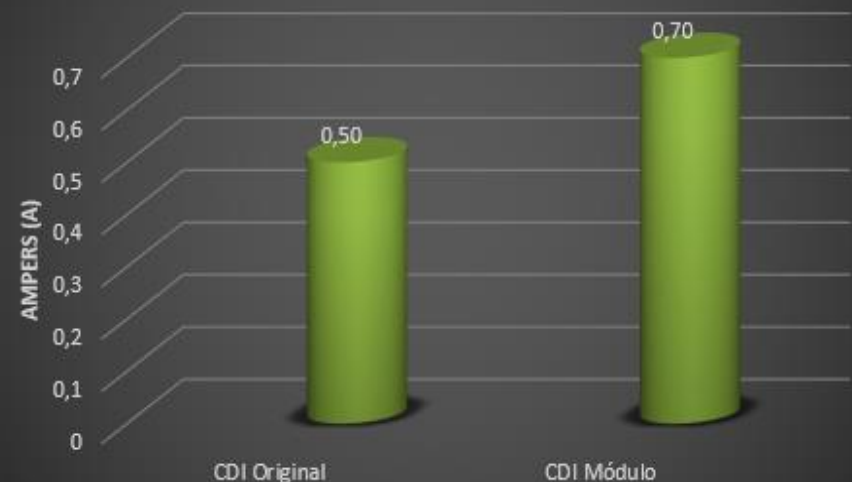
Resumen estadístico voltaje mínimo de la bujía



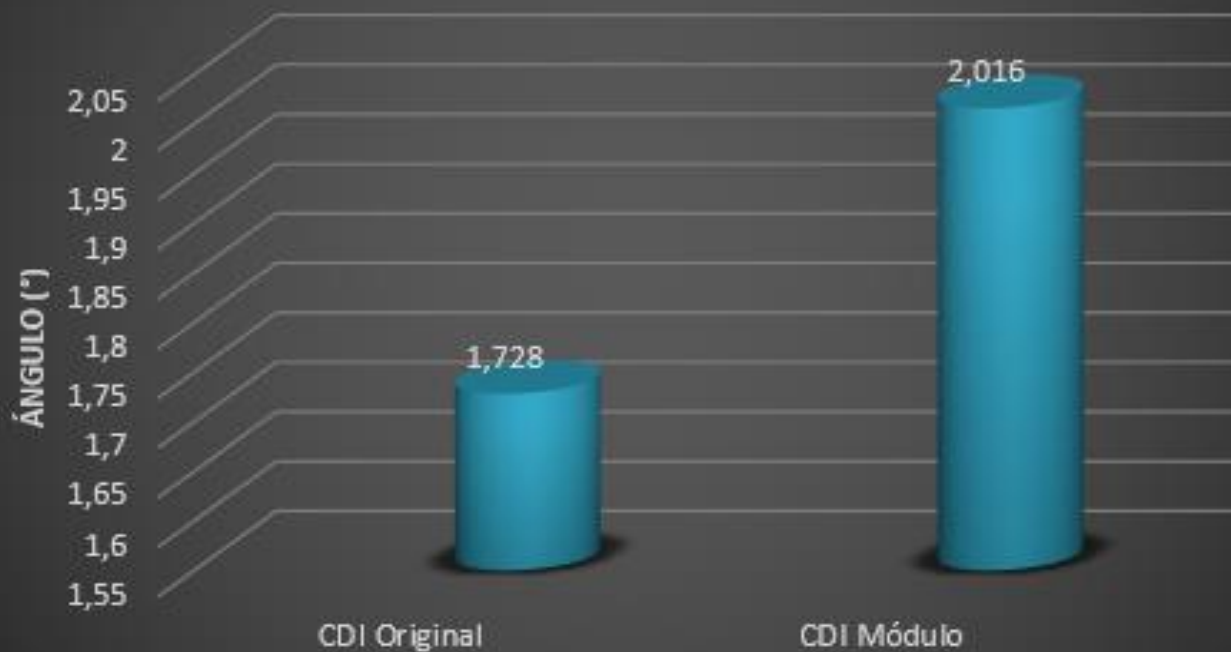
Resumen estadístico corriente máxima de la bujía



Resumen estadístico corriente mínima de la bujía



Resumen estadístico ángulo encendido de la bujía



RECURSOS HUMANOS

Nombre	Función
Ing. Germán Erazo	Director/supervisor de diseño
Ing. Leónidas Quiroz	Mecánica de patio (Medición análisis de gases)
Ing. José Quiroz	Laboratorio de Autotrónica
Fernando López	Investigador
Jonathan Lozada	Investigador



RECURSOS FINANCIEROS

Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Fibra con cobre	1	5.50	5.50
ATMega328p	1	5.40	5.40
4N25	1	0.85	0.85
1N4007	2	0.07	0.14
LM7805	1	0.45	0.45
1N4148	1	0.07	0.07
Resistencias	4	0.06	0.24
TIP41C	1	0.59	0.59
BT152 800R	1	0.84	0.84
Soldadura de estaño	2m	0.55	1.1
Peróxido de hidrógeno 50%	1kg	8.00	8.00
Ácido muriático	1l	4.75	4.75
Molex 12pin	2	1.03	2.06
Zócalo dip6	1	0.09	0.09
Zócalo dip28	1	0.35	0.35
Uso dinamómetro	3	150.00	450.00
Combustible	2gal	2.05	4.10
Cables	8m	0.45	3.6
Movilización	1	80.00	80.00
Imprevistos	1	50.00	50.00
TOTAL			618.13

CONCLUSIONES

- Se investigó la incidencia en los parámetros mecánicos de combustión interna de 200cc cuando se le implementó el sistema de control de inyección y encendido.
- Se realizó el levantamiento bibliográfico de textos mayormente escritos en idioma inglés, esto se debió a que la información en este lenguaje es mucho más amplia y profunda que la que se encuentra disponible en español.
- Se realizó el diseño del módulo de control electrónico, así como el dimensionamiento de sus componentes para comandar la inyección y el encendido del motor.
- El algoritmo de programación se seleccionó en base al comportamiento del motor y la sensibilidad de los sensores frente a los cambios que se presentan en el flujo de admisión de combustible.



- La potencia y torque resultantes al implementar el sistema de inyección electrónica son menores a los obtenidos con la motocicleta estándar debido a que el flujo másico de aire que ingresa no puede ser medido y por lo tanto la cantidad de combustible que se inyecta no corresponde a la necesaria en cada instante.
- Se realizó una revisión técnica de todos los sistemas de la motocicleta de forma que se garantizó el correcto funcionamiento de los mismos antes de iniciar las pruebas para así incrementar la fiabilidad de los resultados.
- El consumo de combustible tuvo una disminución promedio del 5.49% debido a que la cantidad de inyección es menor a la requerida, sobre todo a régimen medio de velocidad de giro del motor.
- Las pruebas en dinamómetro arrojaron una disminución de 5HP de potencia respecto al sistema con carburación debido a que no se cuenta con una forma de determinar la cantidad exacta de masa de aire de admisión por lo que la mezcla aire-combustible no es la adecuada durante todo el régimen de giro del motor.



- Las pruebas de gases mostraron una disminución sustancial en todos los parámetros medidos para gases contaminantes, lo que valida la implementación del sistema de inyección.
- El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas permite validar la funcionalidad en términos de consumo y reducción de emisiones contaminantes, aunque en el aspecto de la potencia no se consiguió una mejora debido a la falta de un método de detección de cantidad de aire de admisión.
- El análisis económico en base al valor actual neto y la tasa interna de retorno permiten determinar la factibilidad del proyecto puesto que el VAN tiene un resultado positivo y elevado, mientras que la TIR permite variar hasta en 21 puntos porcentuales la tasa de actualización por lo que se puede jugar con los valores de venta para adaptarse a los cambios en el mercado sin riesgo de pérdidas.



- En base a los parámetros iniciales se llevó a cabo el diseño del acondicionador de la señal de entrada proveniente del CKP, para que la misma pueda ser leída correctamente por el microcontrolador, y de la fuente de alimentación de forma que esta pueda suplir las necesidades de corriente de cada sección del módulo.
- El driver de encendido fue diseñado en función de los voltajes máximos que puede recibir el mismo, los cuales pueden llegar hasta cerca de 400V de corriente alterna, aislando esta sección del circuito de forma que pueda comunicarse con el microcontrolador y al mismo tiempo evite que tan alto voltaje alcance a estos otros elementos que no lo toleren.
- El driver de inyección se diseñó con base al comportamiento de la bobina del inyector de forma que, además de garantizar una rápida respuesta, se asegure una eliminación del pico de voltaje que se produce en el momento de la desconexión protegiendo así al resto de componentes del módulo de control.



- La selección de componentes de cada sección del circuito se efectuó tomando en cuenta no sólo los voltajes y corrientes que pueden manejar sino también tomando en función a su desempeño eléctrico en términos de velocidad de respuesta y temperatura de trabajo.
- En base a las pruebas realizadas se determinó que el sistema de inyección por Velocidad-Densidad no es adecuado para su implementación en motores de baja cilindrada debido a que la variación en el flujo de aire no puede ser detectada por el MAP lo que provoca que no se tenga control del motor en términos de aceleración.
- El sistema de inyección por Alfa-N es el que mejor desempeño presentó al momento de su implementación a pesar de presentar estabilidad a altas RPM debido a que el caudal de aire que ingresa únicamente se estima en lugar de medirse.



RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones preliminares de las señales de ingreso al módulo de forma que se asegure que se encuentran dentro de los límites que puede soportar cada sección del circuito.
- Verificar el correcto funcionamiento de los equipos de medición antes de iniciar las pruebas para garantizar que los resultados que se obtengan sean los adecuados.
- Realizar pruebas exhaustivas en dinamómetro para la calibración con el sistema Alfa-N, de manera que las variables de torque y potencia puedan incrementarse de manera sustancial.



- Utilizar un sensor MAF, de tamaño adecuado para la motocicleta, para la medición del flujo másico de aire de admisión de manera que se pueda implementar el sistema de inyección por Velocidad-Densidad.
- Para poder incrementar la precisión de los pulsos de inyección se recomienda utilizar una memoria EEPROM externa de alta capacidad, de manera que se pueda implementar mapas de inyección y evitar el uso de ecuaciones para el cálculo de los pulsos.
- Verificar que las condiciones mecánicas del motor son las mismas antes de realizar cada prueba para evitar de esta forma que se alteren los resultados de las mediciones.



- Al construir la placa de circuitos es recomendable el uso fibra con cobre en lugar de baquelita con cobre puesto que el resultado en comportamiento, tanto mecánico como eléctrico, es de una calidad superior con la fibra.
- Implementar un sistema de descarga para el capacitor, que puede quedar cargado hasta con 400V, al momento de apagar el módulo que no interfiera con el funcionamiento del driver de encendido, de modo que se pueda retirar el módulo sin riesgo de choque eléctrico.



- Nunca descargar el capacitor por medio de un cortocircuito en sus terminales, puesto que si el mismo se encuentra a máxima carga se producirá una chispa considerable que puede afectar no sólo a la persona que realiza la maniobra, sino que puede dañar a los componentes enlazados tal como el SCR.
- Utilizar siempre equipo de protección eléctrica para evitar lesiones a la persona y daños a los componentes que en algunos casos pueden llegar a ser difíciles de detectar.
- Debido a la falta de control sobre la mezcla aire-combustible ocasionada por la incapacidad de determinar la cantidad exacta de aire de admisión es recomendable no implementar este sistema en motores con menor a 600cc o peor aún en motores monocilíndricos.



“Si crees que la formación es cara...
prueba con la ignorancia”

Derek Bok



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA