

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE  
UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE”**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**DIEGO FERNANDO CAMPAÑA GUEVARA  
WASHINGTON XAVIER MORALES ROSALES**

**Latacunga – Ecuador**

**Julio 2012**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo: Diego Fernando Campaña Guevara, y

Yo: Washington Xavier Morales Rosales.

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE”**, fue desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros.

Por lo que se puede afirmar que este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

En honestidad de esta declaración, nos responsabilizamos de lo comprendido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado realizado.

Latacunga, Julio del 2012.

-----  
Diego Fernando Campaña

Guevara.

CI: 1803541497

-----  
Washington Xavier Morales

Rosales.

CI: 1002322400

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICADO**

Ing. Germán Erazo (DIRECTOR)

Ing. Mauricio Cruz (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE**”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Siendo este un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje, a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional por lo que si recomendamos su publicación.

Latacunga, Julio del 2012.

-----  
Ing. Germán Erazo.

**DIRECTOR**

-----  
Ing. Mauricio Cruz.

**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**AUTORIZACIÓN**

Yo: Diego Fernando Campaña Guevara, y

Yo: Washington Xavier Morales Rosales.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE”**, en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Julio del 2012.

-----  
Diego Fernando Campaña

Guevara.

CI: 1803541497

-----  
Washington Xavier Morales

Rosales.

CI: 1002322400

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto al pilar más importante como es mi familia. A mi padre Fernando Campaña y mi madre Pilar Guevara, quienes siempre con su ejemplo han sabido inculcarme un sin número de valores para ser una persona de bien. Les daré siempre las gracias por brindarme la oportunidad de estudiar y por enseñarme que para conseguir algo en la vida hay que lucharlo ya que las cosas no vienen gratis; a mis hermanos Andrea y Andrés por estar siempre a mi lado, que con sus alegrías, travesuras, enojos hicieron más interesantes mis días de estudio y porque quiero que vean en mi un ejemplo a seguir.

A mi esposa Andrea y mi hija María Paz mil gracias por su cariño, comprensión, ternura, amor, dedicación de tiempo y muchas cosas más que hicieron que este proyecto se lleve a cabo. Ustedes son una pieza fundamental para mi crecimiento tanto personal como profesional ya que con su apoyo incondicional me han ayudado a superar los obstáculos que nos presenta la vida.

A mis abuelitos Rodrigo, Zoilita, Rene que han sabido guiarme desde niño y estoy seguro que nunca dejaran de estar pendientes de mí.

A mis tíos, primos, suegros, cuñadas y en si a toda mi familia que siempre han estado presentes en mi vida.

Gracias a Dios por tenerles a todos en mi vida, porque siempre están primeros los sentimientos antes que el dinero. Espero que siempre seamos una familia unida.

Ustedes son el motivo de mi superación.

Diego Campaña G.

## DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado con todo el amor de mi alma al más grande tesoro con el que Dios me supo bendecir como lo es mi familia, en especial a mi padre Washington Morales y a mi madre Hilda Rosales por ser mis mentores en el largo camino de la vida anteponiendo en muchas ocasiones su bienestar por el de sus hijos, a mis hermanos Mauro, María, Andrés, Vianka y Shayla por ser una fuente de alegría y motivación en momentos de tristeza y soledad, a mi sobrinita Shayanna por ser la estrella en el cielo que guía mi camino hacia la superación y el éxito.

A mi adorada tía Laura Rosales y a mí amada abuelita Laura Merlo, porque siempre inculcaron en mí valores y enseñanzas para ser un hombre de bien, porque siempre me quisieron respetaron como a un verdadero hijo y porque en mi corazón tengo la hermosa dicha de que ellas también por siempre serán mis bellas madres.

A mi novia Viviana, por brindarme todo su amor y apoyo incondicional, por permitirme vivir momentos de eterna felicidad a su lado y por llegar a ser una parte fundamental en mi desarrollo tanto como persona como un profesional de éxito.

Xavier Morales R.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mi Dios regalarme una familia maravillosa, por estar siempre pendiente de mí, por solucionar mis problemas, por estar conmigo cuando más lo necesitaba, por darme la sabiduría para seguir el camino del bien, por no permitirme caer ante las adversidades, por permitirme levantarme con la frente en alto cuando he cometido un error.

A mis maestros, que tienen el don de impartir conocimientos a sus alumnos. Por vernos más que como sus alumnos como sus amigos. Gracias por enseñarnos tantas cosas no solo en el campo didáctico sino también en aspectos de la vida personal.

Muchas gracias a todos quienes han formado parte de mi aprendizaje.

Diego Campaña G.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco infinitamente a Dios por ser mi creador y salvador, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y luchar sin temor ante cualquier adversidad u obstáculo, por darme la dicha de seguir vivo y tener el coraje para luchar por mis ideales y alcanzar mis metas, por iluminar mi camino y sobre todo por haberme rodeado de personas que a más de estar pendientes de mi bienestar me quieren y me respetan, y que de igual manera las apreció con todo mi corazón.

A mis maestros por ser los más sabios facilitadores del conocimiento durante mi aprendizaje, por ser mis amigos más que mis catedráticos, por demostrarme que la amistad se antepone ante cualquier situación adversa, a mis compañeros y amigos por estar siempre presentes en las buenas y en la malas, demostrando que la amistad y la camaradería es un don y una experiencia que perdura por siempre en la mente y en el corazón de una persona.

De todo corazón muchísimas gracias.

Xavier Morales R.

## RESUMEN

El proyecto tiene por objetivo diseñar y construir un osciloscopio a bordo de un vehículo FORD F-150 FLARESIDE para el monitoreo gráfico en tiempo real de las señales que emiten cada uno de los sensores y actuadores que intervienen en el sistema de inyección electrónica de combustible con el propósito de diagnosticar posibles fallas en el sistema y proponer soluciones específicas.

Para la puesta en marcha del proyecto fue necesario adquirir las señales en paralelo de la entrada de la ECM del vehículo. Basándose en el esquema de la disposición de pines y el diagrama eléctrico general propuesto en el manual del taller del vehículo, se tomaron señales de los sensores CMP, TPS, MAF y de los inyectores 5, 6, 7 y 8; todos ellos ubicados en el ala izquierda del block del motor, de manera que se constituyó un nuevo arnés el cual irá directamente conectado al osciloscopio permitiéndole así monitorear las diferentes señales.

Dentro de lo que significó el desarrollo del osciloscopio intervinieron elementos eléctricos y electrónicos, así como también diferentes configuraciones en el hardware y la disposición de una programación para el control de cada uno de los elementos tales como la GLCD, el panel táctil, el microcontrolador, etc.

El sistema en sí es una herramienta multipropósito de fácil acceso, además de ser aplicable para distintos tipos de vehículos de cualquier marca que cuenten con sistema de inyección electrónica de combustible o que a su vez cuenten con los sensores y actuadores que están en análisis en este proyecto.

Mediante la comprensión de como funciona el dispositivo se logrará una mejor capacitación en el campo del diagnóstico automotriz, que a la postre garantizará una mejor determinación en cuanto a criterios de fallas en el vehículo. Tomando en cuenta que hoy por hoy todos los vehículos fabricados vienen implementados con sistemas electrónicos.

## **ABSTRACT**

The project aims to design and build an oscilloscope on board a vehicle FORD F-150 Flareside for monitoring real-time graph of the signals from each of the sensors and actuators involved in the injection system electronic fuel in order to diagnose potential system failures and propose specific solutions.

For the implementation of the project was necessary to acquire parallel signals the entrance to the vehicle ECM. Based on the pinout of the ECM and the proposed general wiring diagram in the shop manual the vehicle, were taken the sensors signals: CMP, TPS and MAF, also were taken injectors signals: 5, 6, 7 and 8, all located in the left wing of the engine block, that led to form a new wiring harness which would be directly connected to the oscilloscope, who is in charge to monitor the various signals.

In what marked the development of the project were involved a lot of electrical and electronic items, as well as different hardware configurations, create a new programming to control individual elements such as the GLCD, touch panel, the microcontroller etc.

The system itself is an easy access multipurpose tool, which could be applicable to many different types of vehicles of any brand long as they have electronic fuel injection system, or they count with the appropriate sensors and actuators that are being analyzed in this project.

By understanding how the device works, the technicians will reach a better training in the field of automotive diagnostics, with which they could ensure a better determination as to criteria for flaws in the vehicle, taking into account that nowadays all vehicles manufactured come equipped with electronic systems.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
CERTIFICADO .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxii
PRESENTACIÓN .....	xxiii
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	- 1 -
1.2.    OBJETIVO GENERAL .....	- 2 -
1.3.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	- 2 -
1.4.    JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	- 2 -
1.5.    METAS DEL PROYECTO.....	- 3 -
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>- 5 -</b>
2.1.    FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	- 5 -
2.2.    CONTROLADOR DIGITAL DE SEÑALES .....	- 5 -

2.3.	POTENTE MCU DE 16-BITS .....	- 5 -
2.4.	DSP .....	- 5 -
2.4.1.	APLICACIONES PRINCIPALES .....	- 6 -
2.4.2.	MODELOS DE ARQUITECTURA .....	- 6 -
2.5.	CONVERSOR ANÁLOGO DIGITAL .....	- 7 -
2.5.1.	PROCESO DE CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL .....	- 8 -
2.5.2.	FRECUENCIA DE MUESTREO (KSPS).....	- 8 -
2.5.3.	MILLONES DE INSTRUCCIONES POR SEGUNDO.....	- 9 -
2.6.	DSPIC30F .....	- 10 -
2.7.	PANTALLA TOUCHSCREEN .....	- 10 -
2.7.1.	PANTALLA GLCD 240X128 MONOCROMÁTICA .....	- 11 -
2.8.	CONTROLADOR LCD T6963C .....	- 12 -
2.8.1.	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO .....	- 13 -
2.8.2.	RANGOS MÁXIMOS ABSOLUTOS .....	- 13 -
2.8.3.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS .....	- 14 -
2.8.4.	INTERFAZ CON LA CPU .....	- 15 -
2.8.5.	INTERFAZ CON LA LCD .....	- 16 -
2.9.	PANEL TÁCTIL TIPO RESISTIVO.....	- 17 -
2.9.1.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL TÁCTIL .....	- 19 -
2.10.	PANTALLA TÁCTIL .....	- 20 -
2.10.1.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	- 21 -
2.11.	OSCILOSCOPIOS DIGITALES.....	- 22 -
2.12.	TEOREMA DE MUESTREO DE NYQUIST .....	- 24 -
2.13.	TRANSFORMADA DE FOURIER.....	- 25 -
2.14.	INTERFACES ANALÓGICAS .....	- 27 -
2.15.	ACOPLADORES DE IMPEDANCIAS .....	- 27 -
2.15.1.	ACOPLADOR EN L.....	- 28 -
2.15.2.	ACOPLADOR EN T .....	- 29 -
2.15.3.	ACOPLADOR EN $\pi$ .....	- 29 -
2.16.	AMPLIFICADOR OPERACIONAL .....	- 30 -
2.16.1.	FAMILIA DE LOS LM .....	- 30 -

2.16.2.	AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358 .....	- 31 -
2.17.	DIVISOR DE TENSIÓN .....	- 32 -
2.17.1.	DIVISOR DE TENSIÓN FIJO.....	- 33 -
2.17.2.	DIVISOR DE TENSIÓN VARIABLE .....	- 33 -
2.17.3.	DIVISOR RESISTIVO .....	- 34 -
2.17.4.	DIVISOR CAPACITIVO:.....	- 35 -
2.18.	MULTIPLEXOR ANALÓGICO.....	- 35 -
2.18.1.	MULTIPLEXOR ANALÓGICO CD4051 .....	- 36 -
2.19.	REGULADOR DE VOLTAJE.....	- 37 -
2.19.1.	REGULADOR DE VOLTAJE LM317T .....	- 38 -
2.20.	PRESETS O TRIMMERS .....	- 39 -

**CAPÍTULO 3 ..... - 5 -**

**PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS ..... - 5 -**

3.1.	HIPÓTESIS.....	- 5 -
3.2.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 5 -
3.2.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	- 5 -
3.2.2.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	- 5 -
3.2.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	- 41 -
a.	Variable Independiente .....	- 41 -
b.	Variable Dependiente.....	- 42 -

**CAPÍTULO 4 ..... - 46 -**

4.1.	ESQUEMA DE LA PROPUESTA.....	- 46 -
4.1.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	- 46 -
4.1.2.	REQUISITOS DEL SISTEMA .....	- 46 -
4.1.3.	REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO .....	- 46 -
4.1.4.	REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES VEHICULARES.....	- 46 -
4.1.5.	REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO.....	- 46 -
4.2.	APROXIMACIÓN DE LA PROPUESTA.....	- 47 -
4.2.1.	APROXIMACIÓN EN BLOQUES .....	- 47 -

a.	Subsistema de sensado .....	- 48 -
b.	Subsistema de procesamiento y diagnóstico .....	- 49 -
c.	Subsistema de visualización .....	- 50 -
4.3.	CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE .....	- 51 -
4.3.1.	SUBSISTEMA DE SENSADO.....	- 51 -
a.	Inyectores de combustible .....	- 51 -
b.	Sensor de velocidad angular del motor.....	- 53 -
c.	Sensor de posición de la mariposa .....	- 53 -
d.	Sensor de flujo de aire .....	- 54 -
4.3.2.	SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y DIAGNÓSTICO .....	- 54 -
a.	Panel táctil.....	- 54 -
b.	Interfaz de programador.....	- 55 -
c.	Contacto.....	- 55 -
d.	Buzzer .....	- 56 -
4.3.3.	SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN.....	- 57 -
a.	Pantalla GLCD .....	- 57 -
4.3.4.	SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	- 58 -
a.	Fuente de alimentación del módulo .....	- 58 -
4.4.	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL .....	- 60 -
4.5.	DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO .....	- 60 -
4.6.	DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE .....	- 60 -
4.6.1.	FIRMWARE DEL SISTEMA.....	- 60 -
a.	Programa Principal.....	- 61 -
b.	Subrutina de funcionamiento del osciloscopio .....	- 64 -
c.	Subrutina de manejo del panel táctil .....	- 65 -
d.	Subrutina teclado virtual.....	- 66 -
4.7.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO .....	- 68 -
4.7.1.	LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES.....	- 68 -
4.7.2.	DESMONTAJE DE LA ECM DEL VEHÍCULO .....	- 69 -
4.7.3.	ADQUISICIÓN DE SEÑALES .....	- 70 -
4.7.4.	PROTECCIÓN DEL ARNÉS DE CABLES.....	- 72 -

4.7.5.	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	- 73 -
4.7.6.	SIMULACIÓN EN PROTOBOARD .....	- 74 -
4.7.7.	MONTAJE INTERNO DEL OSCILOSCOPIO.....	- 75 -
a.	Conector MOLEX.....	- 75 -
4.7.8.	SOLDADURA DE LAS PLACAS .....	- 76 -
4.7.9.	CONEXIÓN DE LAS PLACAS SOLDADAS.....	- 77 -
4.7.10.	CONEXIÓN DE ARNESES AL SISTEMA .....	- 78 -
4.7.11.	SIMULACIÓN Y FASE DE PRUEBA .....	- 78 -
4.7.12.	CALIBRACIÓN DEL SISTEMA .....	- 79 -
4.7.13.	COMPROBACIÓN Y ENCENDIDO DEL SISTEMA.....	- 80 -
4.8.	MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA EN EL VEHÍCULO.....	- 81 -
4.8.1.	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y BASE DEL SISTEMA .....	- 81 -
4.8.2.	MONTAJE Y CONEXIÓN FINAL DEL DISPOSITIVO.....	- 82 -
4.9.	PRUEBAS .....	- 84 -
4.9.1.	MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL CMP .....	- 85 -
4.9.2.	MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL TPS .....	- 86 -
4.9.3.	MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL MAF.....	- 88 -
4.9.4.	MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE LOS INYECTORES.....	- 89 -
a.	Medición de frecuencia en el inyector 5. ....	- 89 -
b.	Medición de frecuencia en el inyector 6. ....	- 91 -
c.	Medición de frecuencia en el inyector 7. ....	- 92 -
d.	Medición de frecuencia en el inyector 8. ....	- 94 -
4.9.5.	DESEMPEÑO GENERAL DEL SISTEMA.....	- 95 -
 <b>CAPÍTULO 5 .....</b>		<b>- 46 -</b>
<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>		<b>- 46 -</b>
5.1.	RECURSOS.....	- 46 -
5.1.1.	RECURSOS HUMANOS.....	- 46 -
5.1.2.	RECURSOS TECNOLÓGICOS .....	- 97 -
5.1.3.	RECURSOS MATERIALES .....	- 97 -
5.2.	PRESUPUESTO .....	- 99 -

5.3.	FINANCIAMIENTO .....	- 100 -
5.4.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	- 100 -
5.5.	CRONOGRAMA.....	- 100 -
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>- 102 -</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>- 104 -</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>- 105 -</b>
<b>NETGRAFÍA.....</b>		<b>- 106 -</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>- 107 -</b>
	<b>ANEXO “A”. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL .....</b>	<b>- 108 -</b>
	<b>ANEXO “B”. DISEÑO DE LAS PLACAS DEL CIRCUITO IMPRESO.....</b>	<b>- 111 -</b>
	<b>ANEXO “C”. ARTÍCULO DEL PROYECTO .....</b>	<b>- 114 -</b>
	<b>ANEXO “D”. MANUAL DEL USUARIO .....</b>	<b>- 122 -</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Comparación de características periféricas entre dsPIC30F. ....	- 5 -
Figura 2.2: Esquema de la utilización de un DSP. ....	- 5 -
Figura 2.3: Esquema de una arquitectura Von Neumann. ....	- 6 -
Figura 2.4: Esquema de una arquitectura Harvard. ....	- 7 -
Figura 2.5: Esquema de la conversión analógica a digital. ....	- 8 -
Figura 2.6: Gráfica de una señal digital. ....	- 9 -
Figura 2.7: Muestreo de la señal digital. ....	- 9 -
Figura 2.8: Pinout del dsPIC 30F4011. ....	- 10 -
Figura 2.9: Medidas de la pantalla monocromática de 240x128. ....	- 12 -
Figura 2.10: Esquema físico del controlador T6963C. ....	- 16 -
Figura 2.11: Diagrama de bloques del controlador T6963C. ....	- 17 -
Figura 2.12: Estructura de una pantalla táctil resistivo. ....	- 17 -
Figura 2.13: Funcionamiento de un panel resistivo. ....	- 18 -
Figura 2.14: Disposición de hilos de un panel táctil resistivo. ....	- 18 -
Figura 2.15: Determinación de la coordenada X y Y. ....	- 20 -
Figura 2.16: Estructura interna de un panel táctil. ....	- 20 -
Figura 2.17: Principio de funcionamiento de una pantalla táctil. ....	- 21 -
Figura 2.18: Principio de funcionamiento de un osciloscopio. ....	- 23 -
Figura 2.19: Osciloscopio digital. ....	- 24 -
Figura 2.20: Esquema de un acoplador de impedancias común. ....	- 28 -
Figura 2.21: Acoplador en L. ....	- 28 -
Figura 2.22: Acoplador en T. ....	- 29 -
Figura 2.23: Acoplador en $\pi$ . ....	- 30 -
Figura 2.24: Esquema de un amplificador operacional. ....	- 31 -
Figura 2.25: Pinout del amplificador operacional LM358. ....	- 32 -
Figura 2.26: Esquema de un divisor de tensión común. ....	- 32 -
Figura 2.27: Esquema de un divisor de tensión fijo. ....	- 33 -
Figura 2.28: Esquema de un divisor de tensión variable. ....	- 34 -
Figura 2.29: Diagrama de un divisor resistivo. ....	- 34 -

Figura 2.30: Pinout del multiplexor analógico.....	- 35 -
Figura 2.31: Pinout del multiplexor analógico CD4051. ....	- 37 -
Figura 2.32: Pinout de un regulador de voltaje.....	- 37 -
Figura 2.33: Vista frontal regulador de voltaje LM317T.....	- 38 -
Figura 2.34: Modelos de presets.....	- 39 -
Figura 4.1: Diagrama de bloques del sistema.....	- 47 -
Figura 4.2: Circuito de medición del pulso de los inyectores. ....	- 52 -
Figura 4.3: Circuito de determinación de velocidad angular del motor.....	- 53 -
Figura 4.4: Circuito para determinar la posición de la mariposa. ....	- 53 -
Figura 4.5: Circuito de medición del flujo de aire. ....	- 54 -
Figura 4.6: Circuito de control del panel táctil. ....	- 54 -
Figura 4.7: Circuito de interfaz con el programador. ....	- 55 -
Figura 4.8: Interfaz para adquisición de señal de ignición. ....	- 56 -
Figura 4.9: Circuito manejador del buzzer. ....	- 56 -
Figura 4.10: Diagrama de conexión entre la GLCD y el microcontrolador. ....	- 57 -
Figura 4.11: Circuito de alimentación del módulo maestro. ....	- 58 -
Figura 4.12: Diagrama de flujo del programa principal.....	- 61 -
Figura 4.13: Mensaje de bienvenida despegado en la pantalla de la GLCD.....	- 62 -
Figura 4.14: Mapa de bits de la pantalla principal del sistema.....	- 62 -
Figura 4.15: Mapa de bits para la activación del TPS, MAF y CMP.....	- 63 -
Figura 4.17: Mapa de bits para la activación del salva pantallas. ....	- 63 -
Figura 4.18: Diagrama de flujo del funcionamiento del osciloscopio.....	- 64 -
Figura 4.19: Ford F-150 Flareside.....	- 68 -
Figura 4.20: Localización de componentes del sistema de inyección. ....	- 69 -
Figura 4.21: Desmontaje de la ECM del vehículo. ....	- 69 -
Figura 4.22: Pinout de la ECM del vehículo. ....	- 70 -
Figura 4.23: Diagrama de conexión de la ECM usando el código de colores. ...	- 71 -
Figura 4.24: Adquisición de las señales a partir de la ECM. ....	- 72 -
Figura 4.25: Constitución del arnés de cables de las señales adquiridas. ....	- 72 -
Figura 4.26: Forraje y protección del arnés de cables. ....	- 73 -
Figura 4.27: Arnés de alimentación del sistema.....	- 73 -

Figura 4.28: Aislamiento del arnés de alimentación y de señales.....	- 74 -
Figura 4.29: Simulación del osciloscopio en protoboard.....	- 74 -
Figura 4.30: Soldadura de cada arnés con su respectivo conector MOLEX. ....	- 75 -
Figura 4.31: Primera placa soldada del osciloscopio .....	- 76 -
Figura 4.32: Segunda placa soldada del osciloscopio .....	- 76 -
Figura 4.33: Placa interna de la GLCD y el panel táctil.....	- 77 -
Figura 4.34: Unión de las placas soldadas con la placa de la touch screen. ....	- 77 -
Figura 4.35: Conexión del arnés con las placas soldadas. ....	- 78 -
Figura 4.36: Comprobación de las señales de sensores y actuadores .....	- 78 -
Figura 4.37: Comprobación de la señal de un inyector. ....	- 79 -
Figura 4.38: Calibración de los divisores de voltaje. ....	- 79 -
Figura 4.39: Comprobación de las calibraciones realizadas .....	- 80 -
Figura 4.40: Vista superior del osciloscopio .....	- 80 -
Figura 4.41: Comprobación de la alimentación del sistema.....	- 81 -
Figura 4.42: Regulación del contraste de la GLCD. ....	- 81 -
Figura 4.43: Construcción y fijación del soporte al sistema de osciloscopio. ....	- 82 -
Figura 4.44: Fijación del pedestal a la base.....	- 82 -
Figura 4.45: Conexión de los arneses al sistema.....	- 83 -
Figura 4.46: Puesta en marcha del equipo. ....	- 83 -
Figura 4.47: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del CMP.....	- 85 -
Figura 4.48: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del CMP.....	- 86 -
Figura 4.49: Curva de dispersión del voltaje mínimo de la señal del TPS. ....	- 87 -
Figura 4.50: Curva de dispersión del voltaje máximo de la señal del TPS.....	- 87 -
Figura 4.51: Curva de dispersión del voltaje mínimo de la señal del MAF.....	- 88 -
Figura 4.52: Curva de dispersión del voltaje máximo de la señal del MAF. ....	- 89 -
Figura 4.53: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 5. ....	- 90 -
Figura 4.54: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 5. ....	- 90 -
Figura 4.55: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 6. ....	- 91 -
Figura 4.56: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 6. ....	- 92 -
Figura 4.57: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 7. ....	- 93 -
Figura 4.58: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 7. ....	- 93 -

Figura 4.59: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 8. .... - 94 -

Figura 4.60: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 8. .... - 95 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Equivalencias en unidades de frecuencia de muestreo. ....	- 8 -
Tabla 2.2: Pinout de la GLCD 240x128.....	- 11 -
Tabla 2.3: Rangos máximos absolutos del controlador T6963C.....	- 14 -
Tabla 2.4: Características eléctricas del controlador T6963C.....	- 14 -
Tabla 2.5: Pinout para la interfaz con la CPU. ....	- 15 -
Tabla 2.6: Pinout para la interfaz con la LCD.....	- 16 -
Tabla 2.7: Cuadro de ventajas y desventajas de una pantalla táctil.....	- 22 -
Tabla 2.8: Tabla de verdad para multiplexores CD. ....	- 36 -
Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente. ....	- 41 -
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente. ....	- 44 -
Tabla 4.1: Tabla de verdad para la selección del inyector. ....	- 52 -
Tabla 4.2: Estados de visualización y función correspondiente a cada botón. .	- 67 -
Tabla 4.3: Medición de la frecuencia de la señal del sensor CMP. ....	- 85 -
Tabla 4.4: Medición del voltaje del sensor TPS. ....	- 86 -
Tabla 4.5: Medición del voltaje del sensor MAF.....	- 88 -
Tabla 4.6: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 5. ....	- 89 -
Tabla 4.7: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 6. ....	- 91 -
Tabla 4.8: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 7. ....	- 92 -
Tabla 4.9: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 8. ....	- 94 -
Tabla 4.10: Error máximo para cada prueba ejecutada. ....	- 95 -
Tabla 5.1: Descripción del software empleado.....	- 97 -
Tabla 5.2: Descripción de recursos materiales empleados.....	- 98 -
Tabla 5.3: Costo de los componentes electrónicos del sistema digital. ....	- 99 -

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1: Ecuación de una función g. ....	- 26 -
Ecuación 2.2: Fórmula alternativa de una función g. ....	- 26 -
Ecuación 2.3: Cálculo del voltaje de Salida. ....	- 30 -
Ecuación 2.4: Voltaje de salida de un divisor resistivo. ....	- 34 -
Ecuación 2.5: Voltaje de salida de un divisor capacitivo. ....	- 35 -
Ecuación 4.1: Voltaje de salida en regulador variable LM317T. ....	- 59 -
Ecuación 4.2: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil. ....	- 65 -
Ecuación 4.3: Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil. ....	- 66 -

## PRESENTACIÓN

En el proyecto, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE”**, se relacionan un sin número de conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra carrera.

La Escuela Politécnica del Ejército siempre ha impulsado la creación de nuevos proyectos prácticos e innovadores que faciliten el trabajo de personas, es por este motivo que surge la necesidad de diseñar y crear un sistema de osciloscopio a bordo que permita al operario monitorear continuamente y en tiempo real las señales que emiten los componentes del sistema de inyección electrónica, tornándose en una práctica herramienta de diagnóstico automotriz. El sistema se verá implementado en un vehículo Ford F-150 Flareside, con la posibilidad de que a través de modificaciones en el firmware y acorde a los requisitos de funcionamiento del sistema se pueda implementar en otros modelos de vehículos o de ser necesario banco de pruebas o diagnóstico.

El capítulo 1 presenta el análisis metodológico del problema a resolver.

El capítulo 2 expone el marco teórico que se emplea en el desarrollo de la presente investigación.

El capítulo 3 refiere el planteamiento de las hipótesis y operacionalización de todas y cada una de las variables, ya sean dependientes o independientes.

El capítulo 4 trata sobre la proposición y esquematización de la propuesta para resolver el problema de investigación y alcanzar los objetivos planteados.

El capítulo 5 analiza el marco administrativo que relaciona los recursos empleados en el desarrollo de la propuesta con el entorno económico financiero.

# CAPÍTULO 1

## EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Conforme avanza el tiempo, se ha ido fusionando la electrónica de aplicación con la ingeniería automotriz para desarrollar vehículos con mejores características. Es esta la razón principal por la cual los fabricantes de vehículos buscan siempre innovaciones en su campo para estar al día en lo que se refiere a la tecnología.

En lo relacionado a la gestión del automóvil, los tableros de instrumentos de los vehículos serie disponen funciones elementales que permiten verificar y controlar parámetros básicos de funcionamiento; mientras que sistemas de monitoreo avanzado solo poseen vehículos de gama alta.

La falta de funciones en el sistema de monitoreo, genera dudas en los usuarios ya que no pueden verificar si las variables principales del vehículo están trabajando dentro de los rangos seguros de funcionamiento.

En base a esta problemática, se determinó necesario el diseño e implementación de un osciloscopio a bordo para el monitoreo de sensores en el automóvil, haciendo de éste un dispositivo que brinde confianza y seguridad al usuario.

Hay disponibles soluciones que tienen aplicación funcional con costos de adquisición e implementación elevados. Además de ser intransferibles, están elaborados para cierta gama de vehículos.

No existe un sistema a bordo que permita visualizar en tiempo real las señales provenientes de los sensores y de la centralita de control de la inyección.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema de osciloscopio a bordo para monitoreo de sensores correspondientes al sistema de inyección electrónica de combustible a gasolina de un vehículo Ford F-150.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar la programación para intervenir en los diferentes controladores analógicos y digitales, tanto de encendido, de muestreo de señales y de regulación de los ejes o canales a ser observados.
- Elaborar un hardware basado en microelectrónica automotriz, para monitorear gráficamente y en tiempo real las señales proporcionadas por los distintos sensores del motor de inyección electrónica de gasolina y verificar las señales de respuesta de la ECM.
- Utilizar del software MIKRO C DSPIC para la programación de controladores digitales de señales dsPICs en lenguaje C, y el editor gráfico de capas EAGLE para el diseño de diagramas esquemáticos y placas de circuito impreso.
- Realizar ensayos en laboratorios de autotróica y con especialistas, mediante la utilización de osciloscopios automotrices y estándar, con el fin de realizar las adecuaciones necesarias al sistema de osciloscopio a bordo, de este modo cuantificar los datos obtenidos en un proceso real de funcionamiento.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Es indispensable generar una aplicación que permita monitorear en tiempo real y gráficamente las variables de funcionamiento del motor, a través de una pantalla LCD.

No están en auge aquellos sistemas complicados de maniobrar y poco amigables, sea cual fuere su aplicación. Bajo este concepto, precisamos que hace falta un mecanismo electrónico que muestre una interfaz sencilla y fraterna con el operador, admita ajuste de tolerancias de medida y posea suficiente versatilidad para que, con ligeras modificaciones de hardware y firmware, consienta su empleo en cualquier tipo de automotor.

Es un equipo con índice costo – beneficio aceptable, vida útil larga, mantenimiento barato y repuestos accesibles en nuestro medio.

El diseño y construcción de este sistema se basa en conocimientos, habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes, vinculadas a nuestra competencia profesional.

Para ello, aplicamos conocimientos adquiridos en: microcontroladores, sistemas digitales, electrotecnia y autotrónica.

### **1.5. METAS DEL PROYECTO**

- Disponer de un sistema de osciloscopio a bordo de un vehículo Ford F-150 para el monitoreo de variables que relacionan parámetros del sistema de inyección electrónica en el plazo de 1 año.
- Generar y disponer de un manual de pruebas y resultados, tomando como punto de partida el desarrollo práctico y experimental del sistema de osciloscopio a bordo, para cimentar una base para la implementación en otros modelos de vehículos u otros sistemas aplicados al campo automotriz.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para el desarrollo del proyecto es de vital importancia tener en claro conceptos en cuanto se trata a parámetros en eléctrica y electrónica del vehículo, por lo que en la presente se abordan temas afines a microcontroladores, pantallas GLCD y paneles táctiles, divisores de voltaje t un sin número de temas que nos dan las guías y las bases intelectuales para proceder con el diseño y la construcción del osciloscopio.

#### 2.2. CONTROLADOR DIGITAL DE SEÑALES

Un controlador digital de señales o por sus siglas en inglés DSC, es un controlador embebido ó independiente que combina de manera perfecta ciertas propiedades operativas de dos dispositivos electrónicos, tales son las capacidades de control de un microcontrolador (MCU) y las capacidades de computación y rendimiento de un procesador digital de señales (DSP).

Device	Pins	Program Mem. Bytes/Instructions	SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	Moto Control PWM	A/D 10-bit 500 Ksps	Quad Enc	UART	SPI™	I <sup>2</sup> C™	CAN
dsPIC30F2010	28	12K/4K	512	1024	3	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F3010	28	24K/8K	1024	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F4012	28	48K/16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	1
dsPIC30F3011	40/44	24K/8K	1024	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	-
dsPIC30F4011	40/44	48K/16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	1
dsPIC30F5015	64	66K/22K	2048	1024	5	4	4	8 ch	16 ch	Yes	1	2	1	1
dsPIC30F6010	80	144K/48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	Yes	2	2	1	2

**Fuente:** <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70043F.pdf>.

**Figura 2.1:** Comparación de características periféricas entre dsPIC30F.

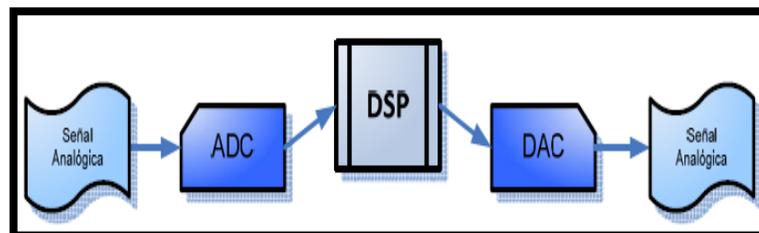
Este dispositivo conjuga todo lo que se puede esperar de un poderoso microcontrolador de 16-bits, tales como gestión de interrupciones rápida, flexible y sofisticada; un amplio ordenador de periféricos analógicos y digitales; gestión del consumo; opciones de reloj flexibles; POWER-ON-RESET; BROWN-OUT; WATCHDOG; seguridad en código, emulación en tiempo real a plena velocidad; y soluciones de depuración en circuito a plena velocidad.

### 2.3. POTENTE MCU DE 16-BITS

La mayor parte de las instrucciones que el dsPIC30F realiza son llevadas a cabo en cuatro ciclos; lo cual se considera como 33ns a 30 MIPS, logrando así una combinación perfecta entre alto rendimiento y capacidades propias de DSP como “ZERO OVERHEAD LOOPING” y multiplicación de 16-bit en un único ciclo, logrando obtener uno de los MCU de 16-bit más poderosos.

### 2.4. DSP

Un DSP o DIGITAL SIGNAL PROCESSOR (Procesador Digital de Señales) es un microprocesador que tiene como especialidad el análisis de señales en tiempo real. Su principal característica es la de poseer un set de instrucciones que permiten manejar de manera eficiente el procesado de una señal.



Fuente: <http://www.redeya.com>.

**Figura 2.2:** Esquema de la utilización de un DSP.

Su diseño está basado en el manejo eficiente de una señal digitalizada, ya que debido a la latencia típica de cualquier procesador, la operación matemática debe

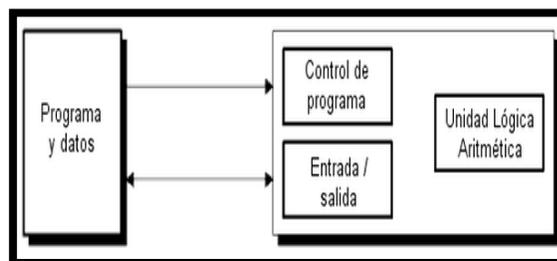
hacerse en un tiempo acotado, para que se pueda trabajar en tiempo real. Cuando se convierte una señal analógica en digital, esta es muestreada cada cierto intervalo, por lo que cualquier operación matemática debe hacerse entre muestras, es decir, una vez que llegue una muestra se debe realizar la operación y debe estar lista antes de que llegue la otra. Un DSP proporciona una rapidez y baja latencia, que permite el procesamiento de señales en tiempo real, y aún así siendo una herramienta de bajo consumo.

#### 2.4.1. APLICACIONES PRINCIPALES

- Ámbito industrial (automatización, control, bombas, compresión, robótica, etc.).
- Automotriz (dirección electrónica, sensado de presión de torque y de inercia, sensor de colisión, etc.).
- Digital (AC/DC, UPS, DC/AC, displays LCD, etc.).
- Sensado Avanzado (RFID, medición óptica, lector de código de barras, sensado y análisis médico, medidor de flujo, control de pantallas Touch Screen, efectos de audio y control retroalimentado, etc.).
- Control de motores (fase simple, trifásicos, inducción AC, Brushless DC, etc.).

#### 2.4.2. MODELOS DE ARQUITECTURA

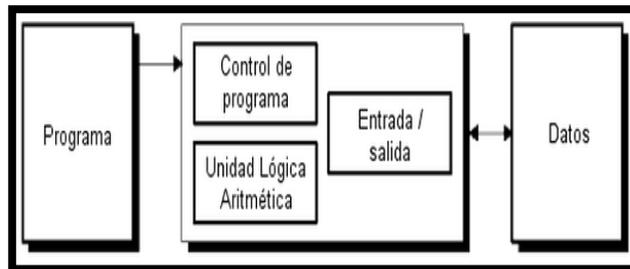
Los D.S.P. abandonan la arquitectura clásica de Von Neumann, en la que datos y programas están en la misma zona de memoria, y apuestan por la denominada arquitectura Harvard.



Fuente: <http://www.redeya.com>.

**Figura 2.3:** Esquema de una arquitectura Von Neumann.

En una arquitectura Harvard existen bloques de memoria físicamente separados para datos y programas. Cada uno de estos bloques de memoria se direcciona mediante buses separados (tanto de direcciones como de datos), e incluso es posible que la memoria de datos tenga distinta anchura de palabra que la memoria de programa (como ocurre en ciertos microcontroladores).



Fuente: <http://www.redeya.com>.

**Figura 2.4:** Esquema de una arquitectura Harvard.

## 2.5. CONVERSION ANÁLOGO DIGITAL

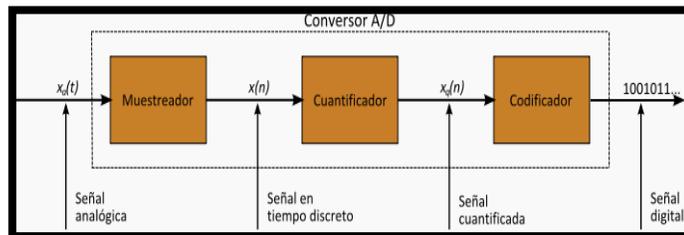
Un ANALOG TO DIGITAL CONVERTER ó CAD (Convertor Analógico-Digital), es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario. Su principal utilización se da en equipos electrónicos tales como ordenadores, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

Estos conversores poseen dos señales de entrada llamadas  $V_{ref+}$  y  $V_{ref-}$  y determinan el rango en el cual se convertirá una señal de entrada.

El dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (digital) dependiendo de su resolución. Esta resolución se puede saber, siempre y cuando conozcamos el valor máximo que la entrada de información utiliza y la cantidad máxima de la salida en dígitos binarios.

### 2.5.1. PROCESO DE CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL

La conversión analógica – digital (CAD) es un proceso que comprende la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el mayor propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer que la señal resultante (la digital) sea lo más limpia y libre de ruido, así como otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n\\_anal%C3%B3gica-digital](http://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n_anal%C3%B3gica-digital).

**Figura 2.5:** Esquema de la conversión analógica a digital.

### 2.5.2. FRECUENCIA DE MUESTREO (KSPS)

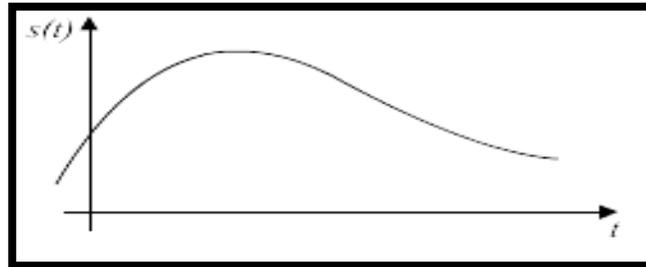
La tasa o frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal continua para producir una señal discreta, durante el proceso necesario para convertirla de analógica en digital. Como todas las frecuencias, generalmente se expresa en hercios (Hz, ciclos por segundo) o múltiplos suyos, como el kilohercio (kHz), aunque pueden utilizarse otras magnitudes. Aquí tenemos algunos ejemplos:

MUESTRA EN HZ	EQUIVALENCIA
50 Hz	50 muestras por segundo
100 Hz	100 muestras por segundo
1 KHz	1000 muestras por segundo (al agregar "K" de kilo multiplicamos por mil).

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

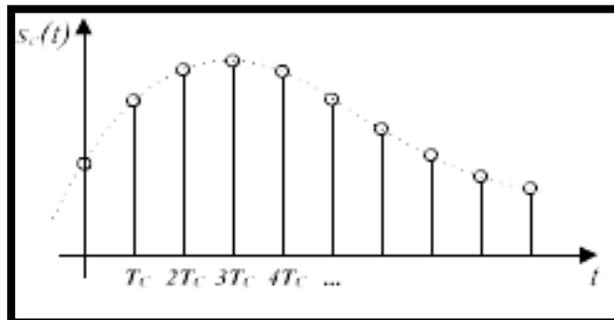
**Tabla 2.1:** Equivalencias en unidades de frecuencia de muestreo.

Entonces cuando hablamos de una frecuencia de muestreo de 44.1 KHz es lo mismo que decir 44100 muestras por segundo.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia\\_de\\_muestreo](http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_de_muestreo).

**Figura 2.6:** Gráfica de una señal digital.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia\\_de\\_muestreo](http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_de_muestreo).

**Figura 2.7:** Muestreo de la señal digital.

### 2.5.3. MILLONES DE INSTRUCCIONES POR SEGUNDO

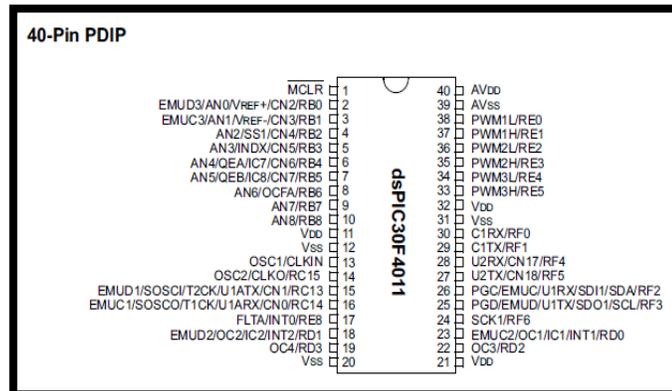
Los procesadores son dispositivos que cuentan con una cierta potencia, y las MIPS son la forma más clara para revisar la potencia de dichos elementos. Sin embargo, esta medida sólo es útil para comparar procesadores con el mismo juego de instrucciones y usando puntos de referencia que fueron compilados por el mismo compilador y con el mismo nivel de optimización.

Esto se da debido a que la misma tarea puede necesitar un número de instrucciones diferentes si los juegos de instrucciones también lo son; y por motivos similares en las otras dos situaciones descritas. En las comparativas,

usualmente se representan los valores de pico, por lo que la medida no es del todo realista. Los PC actuales realizan un máximo de 18.000 millones de operaciones lógicas por segundo. Si se ejecutan 6 instrucciones por ciclo y hay 3.000 millones de ciclos por segundo, se tienen 18.000 MIPS.

## 2.6. DSPIC30F

La familia de dsPIC30F tiene una amplia variedad de aplicaciones de características embebidas, que requieren de un MCU de 16 bits. Aunque las aplicaciones que usan interfaces para CODEC son aquella especialmente destinadas a temática de audio.



Fuente: Hoja de datos dsPIC30F4011.

Figura 2.8: Pinout del dsPIC 30F4011.

## 2.7. PANTALLA TOUCHSCREEN

Una pantalla táctil (o touchscreen en inglés) es una pantalla que mediante un contacto directo ya sea con los dedos, un lápiz o una herramienta similar sobre una superficie o área determinada nos permite realizar el ingreso de datos y órdenes a cualquier tipo de dispositivo electrónico. En la actualidad hay paneles táctiles que pueden instalarse sobre una pantalla normal o un LCD de determinadas características, como es el caso de la pantalla táctil superpuesta al LCD, y que se usa como un periférico de entradas de comandos y opciones de pantalla.

### 2.7.1. PANTALLA GLCD 240X128 MONOCROMÁTICA

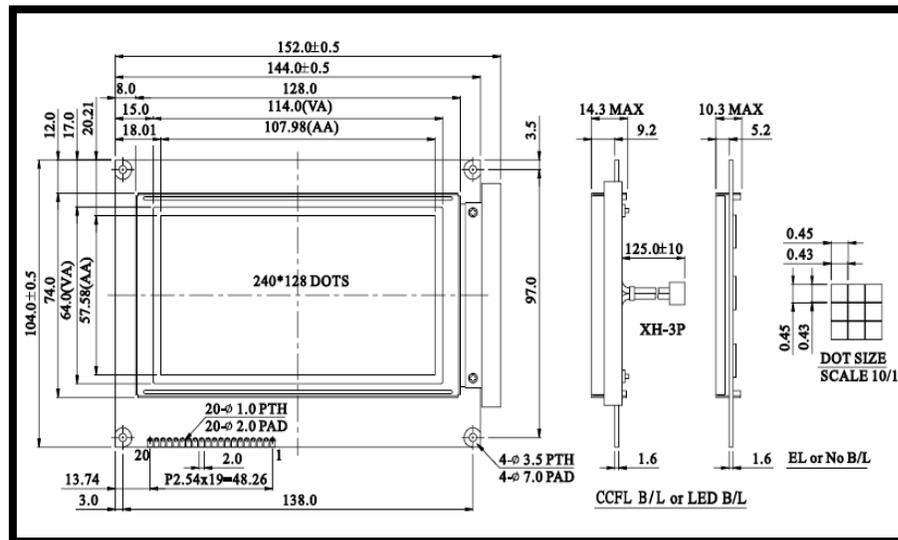
Una Pantalla Gráfica de Cristal Líquida o GLCD (acrónimo del inglés GRAPHIC LIQUID CRYSTAL DISPLAY) es una pantalla plana formada por una matriz de píxeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. Con mucha frecuencia se la utiliza en dispositivos electrónicos de pilas o baterías, debido a la gran ventaja de ser un dispositivo que emplea cantidad de energía eléctrica realmente bajas. Existe una gran variedad de pantallas GLCD con diferentes controladores embebidos tales como el Samsung KS0107, Samsung KS0108 o el Toshiba T6963.

Número de Pin	Símbolo	Función
1	VEE/FG	Salida de Voltaje Negativo/ Toma de Tierra
2	VSS	Tierra
3	VDD	Fuente de Alimentación +5V
4	V0	Escanear la puesta en marcha de la señal
5	WR	Marco de la señal de marcha atrás (señal alternativa)
6	RD	Datos pulso cierre
7	CE	Pantalla la señal de habilitación
8	C/D	Desplazamiento de datos de pulso
9	RST	Display señal de datos
10	DB0	Línea de bus de datos
11	DB1	Línea de bus de datos
12	DB2	Línea de bus de datos
13	DB3	Línea de bus de datos
14	DB4	Línea de bus de datos
15	DB5	Línea de bus de datos
16	DB6	Línea de bus de datos
17	DB7	Línea de bus de datos
18	FS	18 pines FS para la selección de la fuente; H: 6 x 8, L: 8 x 8

**Fuente:** <http://www.vishay.com/docs/37401/lcd240h128t.pdf>

**Tabla 2.2:** Pinout de la GLCD 240x128.

La pantalla GLCD dispone de una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad que dispone la pantalla, por ejemplo una pantalla que tiene 128 pixeles de largo por 64 pixeles de alto (128x64) tiene una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64).



Fuente: <http://www.vishay.com/docs/37401/lcd240h128t.pdf>.

Figura 2.9: Medidas de la pantalla monocromática de 240x128.

## 2.8. CONTROLADOR LCD T6963C

El T6963C es un controlador de LCD diseñado para ser utilizado con conductores de control LCD, LSI y memorias de visualización de datos. Tiene 8-bits de bus de datos en paralelo y control de líneas para la lectura o escritura a través de una interfaz MPU. Se puede conectar directamente a un TMPZ-80.

Tiene una memoria ROM de 128, generadora de caracteres que puede controlar una pantalla RAM externa de hasta 64 Kbytes.

Asignación de texto, gráficos y memoria RAM externa generadora de caracteres se puede hacer fácilmente y la ventana de visualización se puede mover libremente dentro del rango de memoria asignada.

El dispositivo es compatible con una amplia gama de formatos de pantalla LCD, permitiendo la selección de combinaciones diferentes a través de un conjunto de entradas programables. Puede ser utilizado en el texto, gráficos y modos de combinación de gráficos y texto, e incluye varias funciones de atributo.

### **2.8.1. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

- El Chip, puede ejercer de interfaz entre la pantalla y cualquier microcontrolador (MPU) de 8 bits.
- También permite la comunicación entre la MPU y la memoria RAM que poseen las pantallas (VRAM).
- Se encarga de generar las señales de tiempo y datos necesarias para el correcto funcionamiento del resto de circuitos integrados que contribuyen al manejo de la pantalla de cristal líquido.
- Además, tiene una memoria ROM que le permite generar 128 caracteres diferentes (CG-ROM) y posee capacidad para controlar hasta 64 Kbytes de memoria RAM externa (VRAM). Esta última puede estar dedicada a textos, gráficos e incluso a generar caracteres adicionales a parte de los 128 que genera internamente el Chip.
- Por último, cabe destacar que este Chip puede soportar una amplia gama de formatos de pantallas y tiene la capacidad de combinar textos y gráficos dentro del LCD.

### **2.8.2. RANGOS MÁXIMOS ABSOLUTOS**

Se definen a continuación los máximos valores y rangos de las características y elementos más importantes para la alimentación, uso, etc. del chip T6963C,

permitiéndonos así el funcionamiento básico del resto de pantallas gráficas que existen en el mercado y utilizan el mismo chip como base de control de sus opciones.

Elemento	Símbolo	Valor	Unidades
Voltaje de alimentación	VDD	-0.3 a +7.0	V
Voltaje de entrada	Vin	-0.3 a +0.3	V
Temperatura de operación	Top	-10 a +70	°C
Temperatura de almacenamiento	Tstg	-55 a +125	°C

**Fuente:** <http://www.ingenieriayelectronica.com>.

**Tabla 2.3:** Rangos máximos absolutos del controlador T6963C.

### 2.8.3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

A continuación se muestran en una tabla las condiciones eléctricas más interesantes del chip para su posterior implementación con una pantalla gráfica, pantalla LCD, etc.

Elemento	Símbolo	Condición	Mínimo	Máximo	Unidades
Voltaje de operación	VDD	---	4.5	5.5	V
Voltaje de entrada	VIH/VIL	---	VDD-2	VDD	V
Voltaje de salida	VOH/VOL	---	VDD-0.3	VDD	V
Impedancia de salida	ROH/ROL	Vout =VDD-0.5	---	400	Ω
Consumo de corriente	IDD	VDD =5.0V	---	6	MA
Oscilación interna	Fosc	---	0.4	5.5	MHz
Frecuencia del reloj	Fcp	---	---	2750	KHz
Escalón del reloj	Trcp,tfcp	---	---	30	Ns

**Fuente:** <http://www.ingenieriayelectronica.com>.

**Tabla 2.4:** Características eléctricas del controlador T6963C.

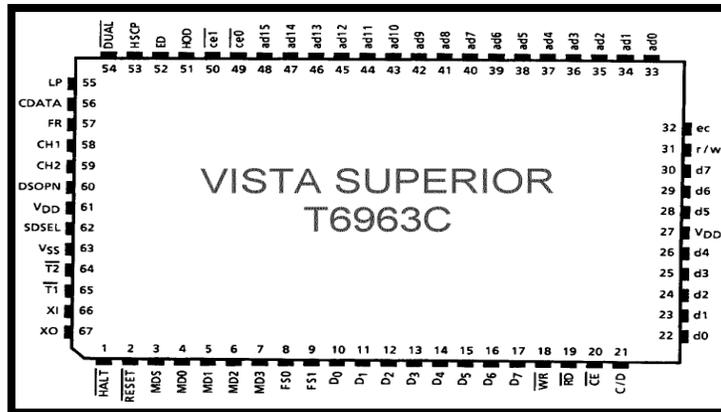
## 2.8.4. INTERFAZ CON LA CPU

En este apartado se tratan las funciones de las distintas patillas del chip para su comunicación con la CPU. Para ello se muestra en las líneas que siguen una tabla con la nomenclatura de los pines así como con la función correspondiente que desempeñan.

Nombre	Número Pin/Pata PIC	Entrada (I) / Salida (O)	Función del Pin
FGND	1	----	Tierra Virtual
GND	2	----	Tierra (0V)
VDD	3	----	Fuente (+5V)
VEE	4	I/O	Voltaje de operación pantalla
WR	5 / A0	I	Escritura en el T6963C desde la CPU
RD	6 / A1	I	Lectura del T6963C desde la CPU
CE	7 / A2	I	Chip activado
C/D	8 / A3	I	Selector de registros: "1"=Comandos; "2"=Datos
NC	9	----	No conexión
RST	10 / A4	I/O	Reset
DB0	11 / B0	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 0)
DB1	12 / B1	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 1)
DB2	13 / B2	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 2)
DB3	14 / B3	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 3)
DB4	15 / B4	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 4)
DB5	16 / B5	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 5)
DB6	17 / B6	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 6)
DB7	18 / B7	I/O	Bus de datos bidireccional (línea 7)
MD2	19	I	Selector de modo: "H"=40 columnas; "H"=32 columnas
RV	20	I/O	H: reverse; L: no reverse

**Fuente:** <http://www.ingenieriayelectronica.com>.

**Tabla 2.5:** Pinout para la interfaz con la CPU.



Fuente: Hoja de datos controlador Toshiba T6963C.  
 Figura 2.10: Esquema físico del controlador T6963C.

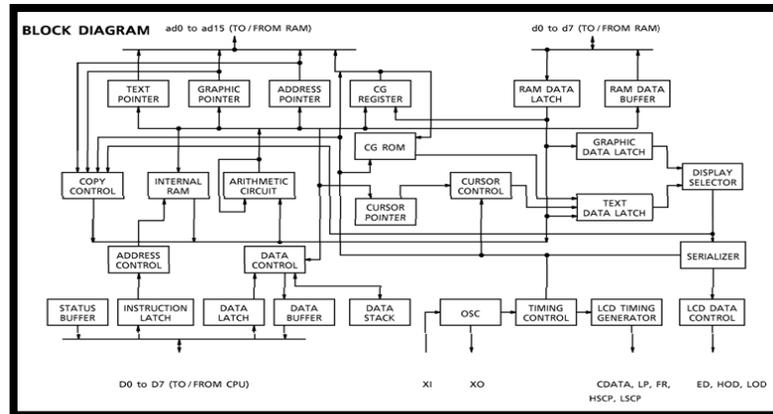
### 2.8.5. INTERFAZ CON LA LCD

En este caso, en cambio, se definen los pines encargados con la comunicación (o interfaz) del chip con la propia pantalla (propia de cada sistema o proyecto). Para ello, como en el caso anterior, se da el nombre del pin correspondiente, así como la función que desempeña y si es entrada o salida (o bien ambas alternativamente):

Nombre del Pin	Entrada(I)/Salida(O)	Función del Pin
D1	O	Datos serie línea 1
FLM (CDATA)	O	Puntero de comienzo línea
M (FR)	O	Señal de Control
CL1 (LP)	O	Reloj "cerrojo" (Latch)
CL2 (SCP)	O	Reloj para datos serie
D2	O	Datos serie línea 2
VDD	----	Fuente de alimentación para circuitos lógicos
Vss	----	Tierra
VEE	----	Fuente de alimentación para drivers 'LC'
Vo	----	Voltaje de operación para drivers 'LC'

Fuente: <http://www.ingenieriaelectronica.com>.

Tabla 2.6: Pinout para la interfaz con la LCD.



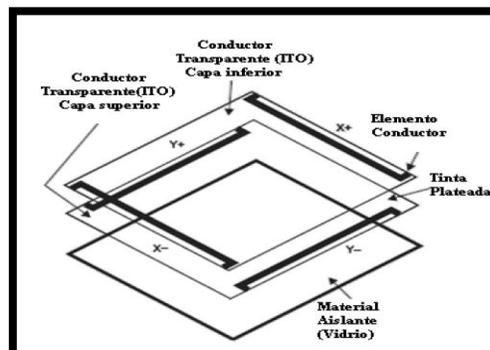
Fuente: Hoja de datos controlador Toshiba T6963C.

Figura 2.11: Diagrama de bloques del controlador T6963C.

## 2.9. PANEL TÁCTIL TIPO RESISTIVO

Este tipo de panel táctil es una versión anterior al panel capacitivo que tanto se usa hoy en día, por lo que su diseño y tecnología no son tan avanzados como los sistemas modernos, y su fabricación es mucho más barata, representando que los dispositivos que cuentan con este tipo de panel sean más baratos y asequibles a los consumidores.

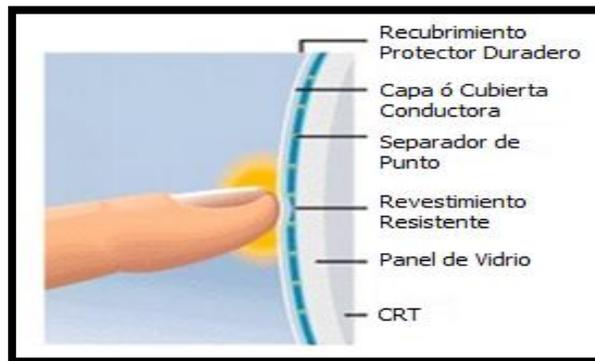
La pantalla táctil resistiva está formada por un panel de vidrio o acrílico revestido por varias capas de material conductor y resistivo hechos de óxido de indio (ITO), existiendo entre estas una ligera separación que será la base de su modo de operación.



Fuente: <http://www.ecojoven.com/dos/05/tactil.html>.

Figura 2.12: Estructura de una pantalla táctil resistivo.

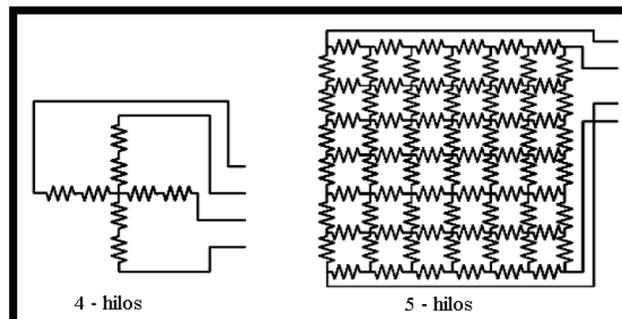
Para que esta pantalla funcione es necesario aplicar cierta presión cualquier botón que exista en el display para que capas hagan contacto y se reconozca la pulsación como una acción del usuario. La principal desventaja es que el usuario puede experimentar cierta demora en la respuesta del dispositivo a la acción que desee ejecutar, e incluso en algunas veces será necesario el repetir la acción de presionar para obtener una respuesta. Para estos dispositivos también existe la posibilidad de usar lápices o Stylus.



**Fuente:** <http://www.ecojoven.com/dos/05/tactil.html>.

**Figura 2.13:** Funcionamiento de un panel resistivo.

Existen varios tipos de diseños en las pantallas táctiles con paneles resistivos, pero las más comunes son en disposiciones de cuatro y cinco hilos (según como se quiera medir la presión que se aplica en un punto presionado) para determinar coordenadas X-Y donde se ha detectado una presión por parte del usuario en la pantalla.



**Fuente:** <http://www.convertronic.net/Pantallas-Tactiles/pantallas-tactiles.html>.

**Figura 2.14:** Disposición de hilos de un panel táctil resistivo.

La principal ventaja que este tipo de pantalla nos presenta es su alto índice de resistencia al polvo o a diversos tipos de partículas que pueden adentrarse en el display, pero en cambio otra de sus principales desventajas es la fragilidad que nos presenta, ya que una sobrepresión sobre la pantalla podrá ocasionar una perforación del panel, dañando por completo el sistema de entrada táctil.

### **2.9.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL TÁCTIL**

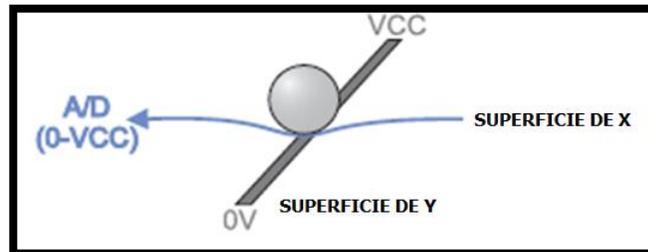
Un panel táctil resistivo está compuesto por dos láminas rígidas transparentes, formando una estructura “sandwich”, que tienen una capa resistiva en sus caras internas. La resistencia de estas capas no excede normalmente de 1Kohm.

Los lados opuestos de las láminas disponen de contactos para acceder a un cable plano. El procedimiento para determinar las coordenadas de la posición del panel que ha sido presionada puede dividirse en dos pasos. El primero es la determinación de la coordenada X y el segundo el de la coordenada Y del punto. Para determinar la coordenada X, es preciso conectar el contacto izquierdo de la superficie X a masa y el contacto derecho a la fuente de alimentación. Esto permite obtener un divisor de tensión presionando el panel táctil.

El valor de la tensión obtenida en el divisor se puede leer en el contacto inferior de la superficie Y. La tensión variará en el rango de 0 V a la tensión suministrada por la fuente de alimentación y depende de la coordenada X. Si el punto está próximo al contacto izquierdo de la superficie X, la tensión estará próxima a 0 V. Para la determinación de la coordenada Y, es preciso conectar el contacto inferior de la superficie Y a masa, mientras que el contacto superior se conectará a la fuente de alimentación.

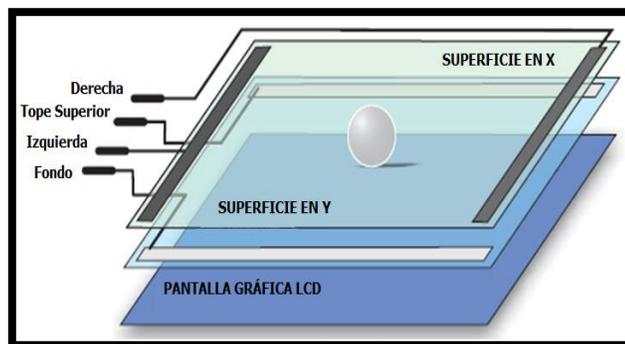
Teniendo en cuenta que la superficie del panel táctil es ligeramente mayor que la del LCD gráfico, en el caso de querer mayor precisión en la determinación de las coordenadas, es preciso incluir el software de calibración del panel táctil.

En este caso, la lectura de la tensión se hará en el contacto izquierdo de la superficie X.



**Fuente:**[http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/488/es\\_mikroe\\_article\\_pascal\\_pic\\_01\\_09.pdf](http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/488/es_mikroe_article_pascal_pic_01_09.pdf).

**Figura 2.15:** Determinación de la coordenada X y Y.



**Fuente:**[http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/488/es\\_mikroe\\_article\\_pascal\\_pic\\_01\\_09.pdf](http://www.mikroe.com/eng/downloads/get/488/es_mikroe_article_pascal_pic_01_09.pdf).

**Figura 2.16:** Estructura interna de un panel táctil.

## 2.10. PANTALLA TÁCTIL

Una pantalla táctil permite al usuario interactuar con la computadora presionando regiones de la pantalla representadas ya sea por unas imágenes, palabras u otros elementos demostrativos.

Su aplicación ha sido considerada de suma importancia y va desde simple publicidad en kioscos hasta entrenadores basados en PC, aboliendo de manera definitiva el uso del mouse y el teclado.

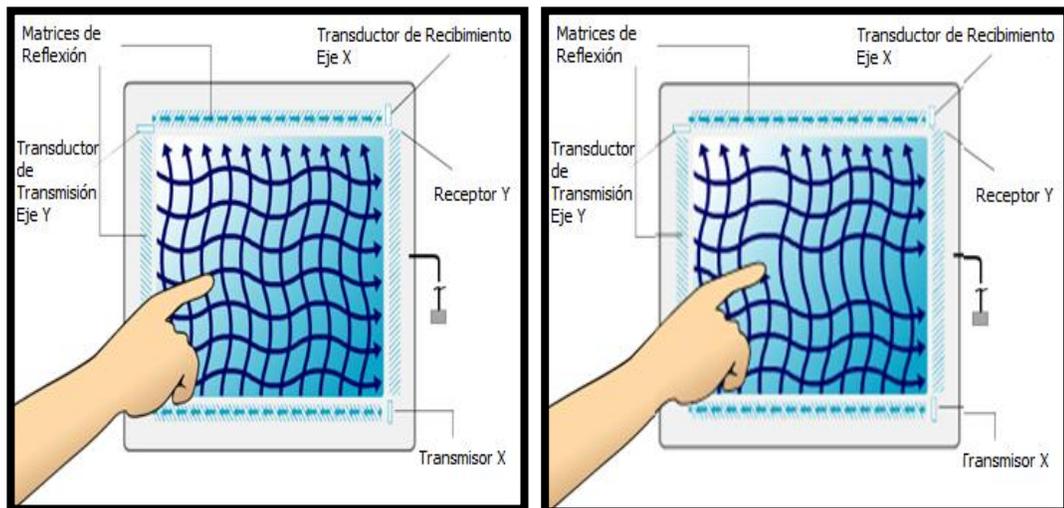
Una pantalla táctil se compone de tres elementos que son: una pantalla normal o LCD, un controlador y un panel táctil superpuesto a la pantalla.

### 2.10.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Esta tecnología consiste en una membrana de vidrio con transductores emisores y receptores ubicados en los bordes frontales de la pantalla.

La controladora envía una señal eléctrica de 5mhz al transductor transmisor que convierte la señal en ondas ultrasónicas y las envía sobre la superficie del vidrio a través de una serie de deflectores. Cuando esta señal le llega a los deflectores del lado opuesto, este la envía al transductor receptor que reconvierte las ondas acústicas en una señal digital. Este proceso se repite en cada eje.

Cuando uno toca la pantalla absorbe las ondas acústicas que viajan sobre la misma. Las señales recibidas por X e Y son comparadas con el mapa original, el cambio es reconocido y se calcula así la coordenada.



**Fuente:** <http://www.taringa.net/posts/info/1038249/Como-funciona-una-pantalla-touchscreen.html>.

**Figura 2.17:** Principio de funcionamiento de una pantalla táctil.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Fácil interacción con el usuario</p> <p>Gran resolución.</p> <p>Sellados contra el polvo.</p> <p>Fácil integración con aplicaciones existentes.</p> <p>Integrados con monitores LCD planos que no se calientan y dimensiones atractivas.</p>	<p>Se ensucian – requiere mantenimiento y limpieza.</p> <p>Destinado a interiores - Con mucha luz es difícil ver la información.</p> <p>Dependen de la integridad del sistema que los controle. Si el software o la computadora fallan el sistema se inutiliza completamente.</p> <p>Difícil tener varias aplicaciones operando al mismo tiempo en un sistema.</p> <p>Uso rudo - Las membranas táctiles se dañan bajo el uso rudo. Para estos ambientes existen tecnologías capacitivas.</p>

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

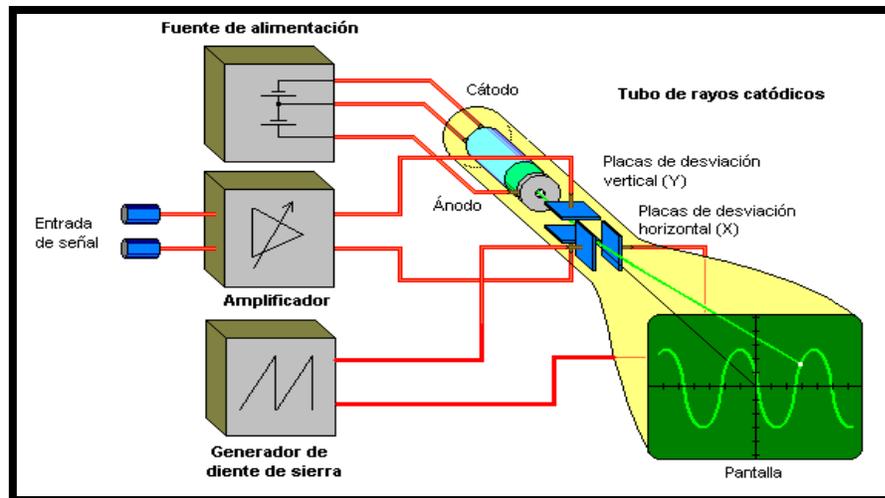
**Tabla 2.7:** Cuadro de ventajas y desventajas de una pantalla táctil.

## 2.11. OSCILOSCOPIOS DIGITALES

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo.

Su principal característica es la de presentar los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. La imagen así obtenida se denomina oscilograma. Suelen incluir otra entrada, llamada "eje THRASHER" o "Cilindro de Wehnelt" que controla la luminosidad del haz, permitiendo resaltar o apagar algunos segmentos de la traza.

Los osciloscopios, clasificados según su funcionamiento interno, pueden ser tanto analógicos como digitales, siendo el resultado mostrado idéntico en cualquiera de los dos casos, en teoría.



**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Osciloscopio>.

**Figura 2.18:** Principio de funcionamiento de un osciloscopio.

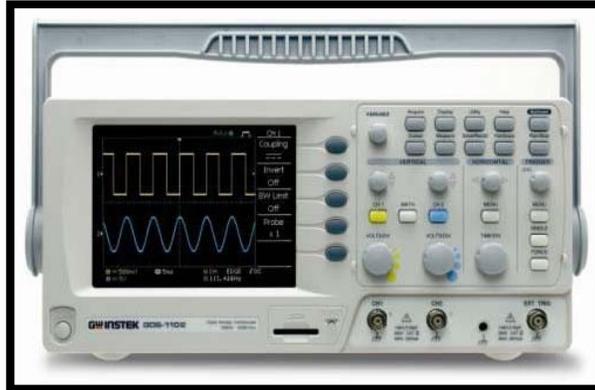
Los osciloscopios analógicos están siendo desplazados en gran medida por los osciloscopios digitales, entre otras razones por la facilidad de poder transferir las medidas a una computadora personal o pantalla LCD.

En el osciloscopio digital la señal es previamente digitalizada por un conversor analógico digital. Al depender la fiabilidad de la visualización de la calidad de este componente, esta debe ser cuidada al máximo.

Las características y procedimientos señalados para los osciloscopios analógicos son aplicables a los digitales. Sin embargo, en estos se tienen posibilidades adicionales, tales como el disparo anticipado (PRE-TRIGGERING) para la visualización de eventos de corta duración, o la memorización del oscilograma transfiriendo los datos a un PC. Esto permite comparar medidas realizadas en el mismo punto de un circuito o elemento. Existen asimismo equipos que combinan etapas analógicas y digitales.

La principal característica de un osciloscopio digital es la frecuencia de muestreo, la misma determinará el ancho de banda máximo que puede medir el instrumento, viene expresada generalmente en MS/s (millones de muestra por segundo).

La mayoría de los osciloscopios digitales en la actualidad están basados en control por FPGA (del inglés FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY), el cual es el elemento controlador del conversor analógico a digital de alta velocidad del aparato y demás circuitería interna, como memoria, buffers, entre otros.



**Fuente:** <http://www.solucionesinteligentes.cl/catalog/images/GDS1000.jpg>

**Figura 2.19:** Osciloscopio digital.

Estos osciloscopios añaden prestaciones y facilidades al usuario imposibles de obtener con circuitería analógica, como los siguientes:

- Medida automática de valores de pico, máximos y mínimos de señal. Verdadero valor eficaz.
- Medida de flancos de la señal y otros intervalos.
- Captura de transitorios.
- Cálculos avanzados, como la FFT para calcular el espectro de la señal.
- También sirve para medir señales de tensión

## 2.12. TEOREMA DE MUESTREO DE NYQUIST

Este teorema nos dice para poder replicar con exactitud (es decir, siendo matemáticamente reversible en su totalidad) la forma de una onda es necesario que la frecuencia de muestreo sea superior al doble de la máxima frecuencia a muestrear.

Es un error frecuente y extendido creer que una misma señal muestreada con una tasa elevada se reconstruye mejor que una muestreada con una tasa inferior. Esto es falso (siempre que las tasas empleadas cumplan el criterio de Nyquist, naturalmente). El proceso de muestreo (que no debe ser confundido con el de cuantificación) es, desde el punto de vista matemático perfectamente reversible, esto es, su reconstrucción es exacta, no aproximada.

Dicho de otro modo, desde el punto de vista matemático al que se refiere el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, la reconstrucción de una señal de 10 kHz es idéntica tanto si se obtiene de una tasa de muestreo de 25000 muestras por segundo como de una de 50000 muestras por segundo. No aporta nada incrementar la tasa de muestreo una vez que ésta cumple el criterio de Nyquist. También son errores frecuentes y extendidos, relacionados con lo expuesto en este párrafo, creer que los puntos que resultan del proceso de muestreo se unen en la reconstrucción mediante rectas formando dientes de sierra o que existe un proceso de cálculo que realiza la interpolación de manera simulada.

En resumen, el teorema de muestreo demuestra que toda la información de una señal contenida en el intervalo temporal entre dos muestras cualesquiera está descrita por la serie total de muestras siempre que la señal registrada sea de naturaleza periódica (como lo es el sonido) y no tenga componentes de frecuencia igual o superior a la mitad de la tasa de muestreo; no es necesario inventar la evolución de la señal entre muestras.

### **2.13. TRANSFORMADA DE FOURIER**

La transformada de Fourier es el espectro de frecuencias de una función. Un buen ejemplo de eso es lo que hace el oído humano, ya que recibe una onda auditiva y la transforma en una descomposición en distintas frecuencias (que es lo que finalmente se escucha). El oído humano va percibiendo distintas frecuencias a

medida que pasa el tiempo, sin embargo, la transformada de Fourier contiene todas las frecuencias contenidas en todos los tiempos en que existió la señal; es decir, en la transformada de Fourier se obtiene un sólo espectro de frecuencias para toda la función.

En matemática, la transformada de Fourier es una aplicación que hace corresponder a una función  $f$ , con valores complejos y definidos en la recta, con otra función  $g$  definida de la manera siguiente:

$$g(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\xi \cdot x} dx$$

**Ecuación 2.1:** Ecuación de una función  $g$ .

Donde  $f$  es  $L1$ , o sea  $f$  tiene que ser una función integrable en el sentido de la integral de Lebesgue. El factor, que acompaña la integral en definición facilita el enunciado de algunos de los teoremas referentes a la transformada de Fourier. Aunque esta forma de normalizar la transformada de Fourier es la más comúnmente adoptada, no es universal. En la práctica las variables  $x$  y  $\xi$  suelen estar asociadas a dimensiones (como el espacio -metros-, frecuencia -segundos-) y entonces es correcto utilizar la fórmula alternativa:

$$g(\xi) = \sqrt{\frac{\beta}{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\beta\xi \cdot x} dx$$

**Ecuación 2.2:** Fórmula alternativa de una función  $g$ .

De forma que la constante beta cancela las dimensiones asociadas a las variables obteniendo un exponente adimensional.

La transformada de Fourier así definida goza de una serie de propiedades de continuidad que garantizan que puede extenderse a espacios de funciones mayores e incluso a espacios de funciones generalizadas.

Además, tiene una multitud de aplicaciones en muchas áreas de la ciencia e ingeniería: la física, la teoría de los números, la combinatoria, el procesamiento de señales (electrónica), la teoría, la estadística, la óptica, la propagación de ondas y otras áreas. En procesamiento de señales la transformada de Fourier suele considerarse como la descomposición de una señal en componentes de frecuencias diferentes, es decir,  $g$  corresponde al espectro de frecuencias de la señal  $f$ .

## **2.14. INTERFACES ANALÓGICAS**

Durante los primeros pasos de la informática popularizada y las videoconsolas, a diferencia de otros conectores (y controladores), la mayoría de puertos eran íntegramente analógicos con algún tipo de conversor análogo-digital para interpretar los movimientos de ciertos periféricos.

Pronto, los manuales de IBM PC describían la capacidad de este puerto para conectar más de un eje analógico. Esta aproximación permitía una mejor simulación en las imágenes en el caso de los videojuegos, y en otros casos especialmente en los simuladores de vuelo.

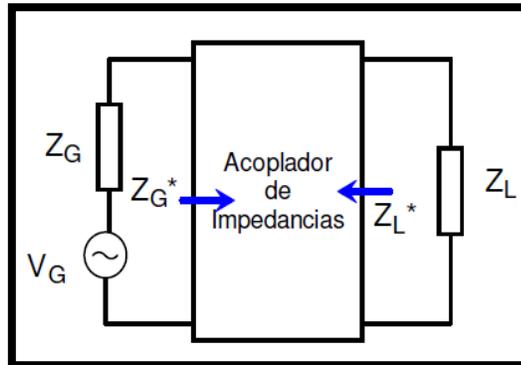
## **2.15. ACOPLADORES DE IMPEDANCIAS**

Los acopladores de impedancia son elementos indispensables para conseguir la máxima transferencia de potencia entre circuitos, ya sean amplificadores, osciladores, mezcladores, etc.

Un caso de aplicación importante es en el acoplamiento de líneas de transmisión y antenas.

La función del acoplador es hacer que el generador vea en sus terminales una impedancia compleja igual al conjugado de su impedancia interna.

En estas condiciones, se dice que las impedancias están acopladas, o adaptadas, en base a las impedancias imagen. Esto significa que tanto el generador como la carga, ven en sus terminales las imágenes (el conjugado) de sus respectivas impedancias. Esto puede realizarse con circuitos formados por reactancias puras y, en el caso más simple, mediante un transformador.

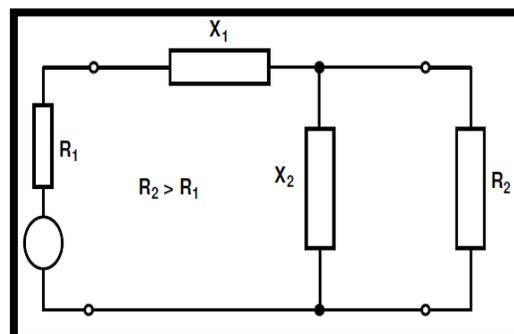


**Fuente:** <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/ACOPLADORES%20DE%20IMPE DANCIA.pdf>.

**Figura 2.20:** Esquema de un acoplador de impedancias común.

### 2.15.1. ACOPLADOR EN L

El acoplador en L es el más simple y se configura con dos reactancias, una en serie y otra en paralelo como se muestra en la figura siguiente.



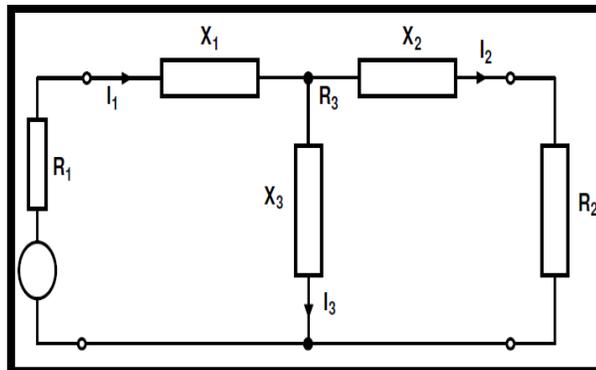
**Fuente:** <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/ACOPLADORES%20DE%20IMPE DANCIA.pdf>.

**Figura 2.21:** Acoplador en L.

### 2.15.2. ACOPLADOR EN T

Este tipo de acoplador se usa también cuando las impedancias de carga y del generador son puramente resistivas.

Tiene la propiedad de que el desfaseamiento es independiente de la relación entre las resistencias de entrada y salida y puede considerarse como formado por dos acopladores en L conectados espalda con espalda. En este circuito se tienen dos  $Q_s$  con carga, una  $Q$  de entrada y otra de salida.



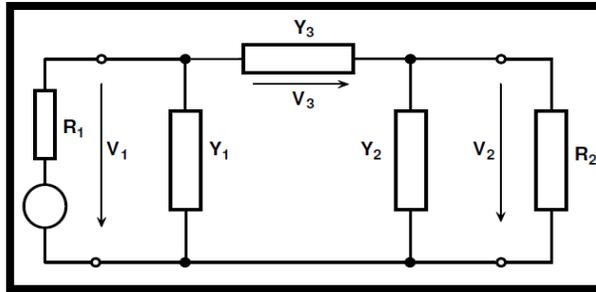
Fuente: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/ACOPLADORES%20DE%20IMPE-DANCIA.pdf>.

Figura 2.22: Acoplador en T.

### 2.15.3. ACOPLADOR EN $\pi$

Este acoplador también puede considerarse como formado por dos acopladores en L y son válidas las consideraciones sobre la  $Q$  con carga realizadas para el acoplador T.

En este caso se utilizan susceptancias en lugar de reactancias, a fin de simplificar los cálculos. La resistencia en el punto medio de una red  $p$  siempre es menor que  $R_1$  o  $R_2$ . Se considera, además, que una red  $p$  es de retardo o fase negativa cuando  $Y_3$  es positiva y viceversa.



**Fuente:** <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/ACOPLADORES%20DE%20IMPE-DANCIA.pdf>.

**Figura 2.23:** Acoplador en  $\pi$ .

## 2.16. AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Es un dispositivo compacto activo y lineal de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor ( $G$ ) (ganancia):

$$V_{out} = G * [(V+) - (V-)]$$

**Ecuación 2.3:** Cálculo del voltaje de Salida.

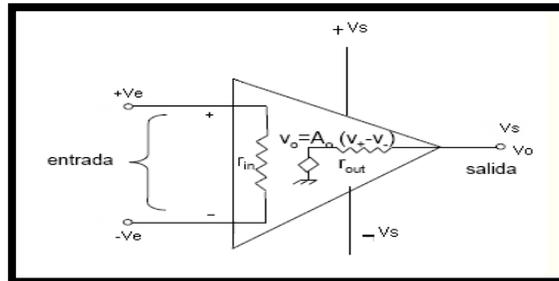
Se caracterizan por ser contruidos en sus componentes más genéricos, dispuestos de modo que en cada momento se puede acceder a los puntos digamos "vitales" en donde se conectan los componentes externos cuya función es la de permitir al usuario modificar la respuesta y transferencia del dispositivo.

### 2.16.1. FAMILIA DE LOS LM

Un amplificador operacional es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que obtenga excursiones tanto por arriba como por debajo de masa o punto de referencia que se considere.

Se caracteriza especialmente porque su respuesta en, frecuencia, cambio de fase y alta ganancia que se determina por la realimentación introducida externamente.

Por su concepción, presenta una alta impedancia ( $Z$ ) de entrada y muy baja de salida. Este es el símbolo:



**Fuente:** [http://www.hispavila.com/3ds/tutores/opam\\_files/ao-universal.gif](http://www.hispavila.com/3ds/tutores/opam_files/ao-universal.gif)

**Figura 2.24:** Esquema de un amplificador operacional.

En la figura, se observan dos patillas de alimentación bipolar (+Vs y -Vs), una entrada no inversora (+Ve), una entrada inversora (-Ve) y una de salida (Vout), algunos como el LM386, disponen de una patilla de bypass. El amplificador sólo responde a la diferencia de tensión entre los dos terminales de entrada, no a su potencial común. Es decir, la misión del amplificador operacional es amplificar la diferencia de tensión entre las dos señales de entrada, respecto de masa.

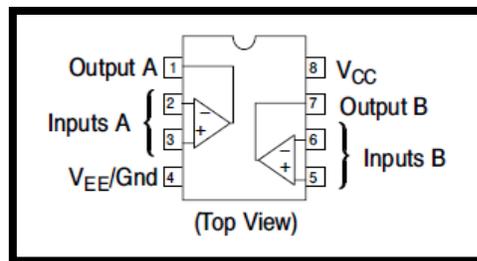
### 2.16.2. AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358

El amplificador operacional LM358 está formado por dos amplificadores operacionales de alta ganancia, con un nivel interno de frecuencia compensados, diseñados específicamente para operar a partir de una sola potencia suministro en un amplio rango de voltajes.

Operación de dividir fuentes de alimentación también es posible y la fuente de alimentación de baja consumo de corriente es independiente de la magnitud del voltaje de la fuente de alimentación.

Las aplicaciones son varias e incluyen amplificadores transductores, bloques de ganancia DC y todos los circuitos convencionales amplificador operacional que en la actualidad puede ser más fácil de implementar en un solo sistema de suministro de energía.

Por ejemplo, el LM359 puede ser operado fuera de la norma de tensión 5V de alimentación de energía que se utiliza en los sistemas digitales y provee fácilmente la interfaz requerida de la electrónica sin necesidad de adicionales  $\pm 15V$  fuentes de alimentación.

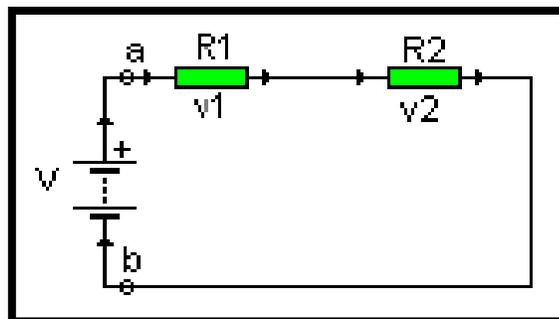


**Fuente:** Hoja de datos amplificador operacional LM358.

**Figura 2.25:** Pinout del amplificador operacional LM358.

## 2.17. DIVISOR DE TENSIÓN

Un divisor de tensión es una configuración de circuito eléctrico que reparte la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas en serie.



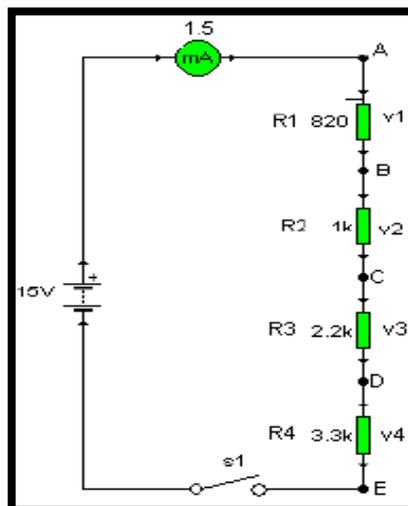
**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 2.26:** Esquema de un divisor de tensión común.

### 2.17.1. DIVISOR DE TENSIÓN FIJO

Se llama divisor de tensión fijo a la disposición de varias resistencias en serie en un circuito cerrado. El voltaje recorrerá cada elemento resistivo que se encuentre dispuesto en el circuito de manera que la medición de los voltajes se la realiza en cada uno de los puntos.

La fluctuación que se puede dar en comparación del voltaje medido con el voltaje calculado se da debido a factores ajenos al error humano como son la potencia que se disipa a través de los cables, o la tolerancia de las resistencias.

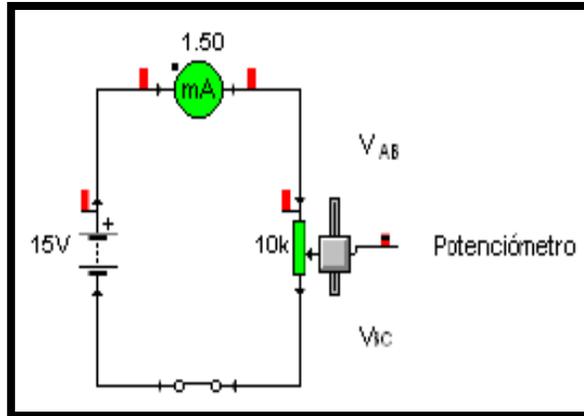


Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 2.27: Esquema de un divisor de tensión fijo.

### 2.17.2. DIVISOR DE TENSIÓN VARIABLE

A diferencia del divisor de tensión fijo, la disposición del circuito de un divisor de tensión variable cuenta con un arreglo parecido pero que difiere en las características de su elemento resistivo, ya que en este caso se procede a colocar una resistencia variable o también llamado potenciómetro, que como su nombre lo indica sirve para potenciar el paso de corriente ya que el circuito se encuentra en serie.

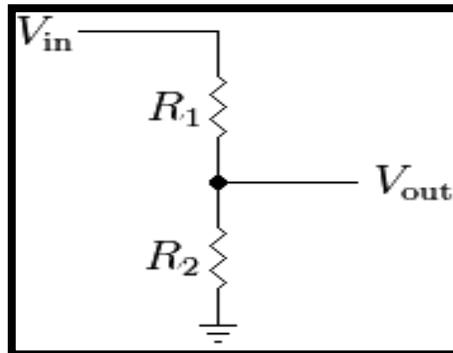


Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 2.28: Esquema de un divisor de tensión variable.

### 2.17.3. DIVISOR RESISTIVO

Un divisor resistivo es un caso especial donde ambas impedancias,  $Z_1$  y  $Z_2$ , son puramente resistivas.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Divisor\\_de\\_tensi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3n)

Figura 2.29: Diagrama de un divisor resistivo.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in}$$

Ecuación 2.4: Voltaje de salida de un divisor resistivo.

Donde  $R_1$  y  $R_2$  pueden ser cualquier combinación de resistencias en serie o paralelo.

#### 2.17.4. DIVISOR CAPACITIVO:

Un divisor capacitivo es un caso especial donde ambas impedancias,  $Z_1$  y  $Z_2$ , son puramente capacitivas.

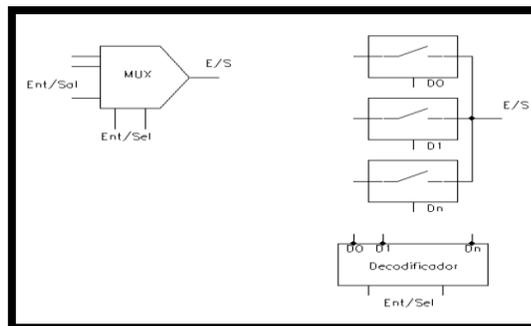
$$V_{out} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} * V_{in}$$

**Ecuación 2.5:** Voltaje de salida de un divisor capacitivo.

Donde  $C_1$  y  $C_2$  pueden ser cualquier combinación de condensadores en serie o paralelo.

#### 2.18. MULTIPLEXOR ANALÓGICO

El multiplexor analógico está constituido por una serie de entradas/salidas conectadas a una línea común de entrada/salida y regidas bajo unas entradas de selección, las cuales son las encargadas de determinar cuál entrada se conectará a la salida.



**Fuente:** [http://www.dte.us.es/ing\\_inf/ins\\_elec/temario/Tema%205.Multplexores%20Analogicos.pdf](http://www.dte.us.es/ing_inf/ins_elec/temario/Tema%205.Multplexores%20Analogicos.pdf)

**Figura 2.30:** Pinout del multiplexor analógico.

Analizando internamente a un multiplexor podemos darnos cuenta que este está formado por un conjunto de interruptores analógicos, de tal manera que en cada instante sólo uno de ellos puede estar cerrado.

Las entradas de selección actúan sobre un decodificador digital, cuyas salidas rigen los diferentes interruptores analógicos, de tal forma que en cada momento eligen el interruptor que debe ser cerrado.

La principal ventaja que presentan los multiplexores analógicos, frente a los digitales, es su carácter bidireccional, lo que le permite que cada terminal del multiplexor sea posible usarlo como entrada o como salida y el manejo de señales analógicas en vez de digitales.

### 2.18.1. MULTIPLEXOR ANALÓGICO CD4051

Este multiplexor es un multiplexor de 8 canales con 3 entradas binarias de control: A, B y C y una inhibición de entrada. Las 3 señales binarias seleccionan entre los canales 1 y 8 para encenderlos, de modo que se conecta la entrada con la salida.

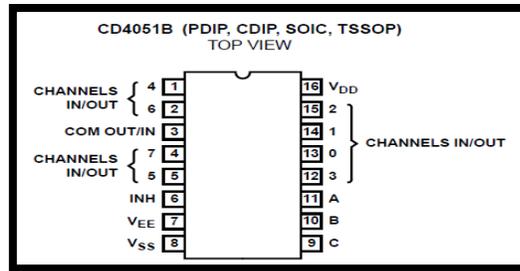
INPUT STATES				"ON" CHANNELS
INHIBIT	C	B	A	CD4051
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	*	*	*	NONE

**Fuente:** Hoja de datos multiplexor analógico CD4051.

**Tabla 2.8:** Tabla de verdad para multiplexores CD.

Sus aplicaciones son:

- Multiplexación y Demultiplexación tanto Analógica como Digital.
- Conversión A/D y D/A
- Señal de Apertura de Puerta



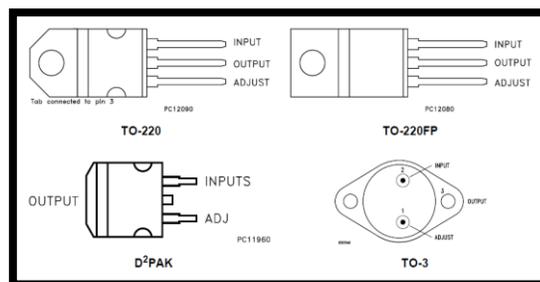
**Fuente:** Hoja de datos multiplexor analógico CD4051.

**Figura 2.31:** Pinout del multiplexor analógico CD4051.

## 2.19. REGULADOR DE VOLTAJE

Un regulador de tensión (a veces traducido del inglés como regulador de voltaje) es un dispositivo electrónico de seguridad, diseñado con el propósito de proteger aparatos eléctricos y electrónicos, responde prácticamente a las variaciones de diferencia de potencial o voltaje y ruido existente en la corriente alterna de la distribución eléctrica.

Los reguladores de tensión están presentes en la alimentación de corriente continua regulada, cuya misión es la de proporcionar una tensión constante a su salida. Un regulador de tensión eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable, es decir, para que el flujo de voltaje llegue a un aparato sin irregularidades. Esto, a diferencia de un "supresor de picos" el cual únicamente evita los sobre voltajes repentinos (picos). Un regulador de voltaje puede o no incluir un supresor de picos.



**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Regulador\\_de\\_tensi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Regulador_de_tensi%C3%B3n).

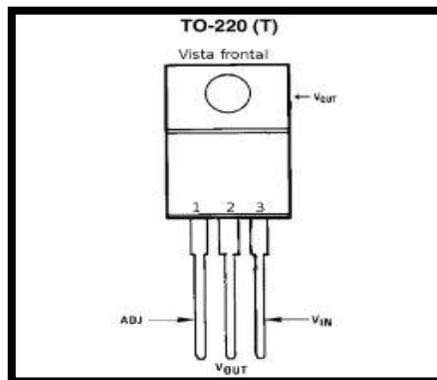
**Figura 2.32:** Pinout de un regulador de voltaje.

### 2.19.1. REGULADOR DE VOLTAJE LM317T

El LM317T regulador de voltaje de 3 terminales positivos capaz de suministrar más de 1,5 A en un rango de voltaje de salida de 1,2 V a 37 V. Este regulador de tensión es muy fácil de usar y requiere sólo dos resistencias externas para ajustar la tensión de salida.

Además, este emplea limitantes de corriente internos, apagado térmico y una compensación de la zona segura, haciendo que este dispositivo sea a prueba de explosiones.

El LM317T sirve en una amplia variedad de aplicaciones como una tarjeta de regulación local. Este dispositivo también puede ser utilizado para hacer una regulación de salida programable, o mediante la conexión de una resistencia fija entre ajuste y salida, el LM317T se puede utilizar como un regulador de corriente de precisión.



**Fuente:** [http://www.mercadolibre.com.uy/jm/img?s=MLU&f=9026070\\_640.jpg&v=P](http://www.mercadolibre.com.uy/jm/img?s=MLU&f=9026070_640.jpg&v=P)

**Figura 2.33:** Vista frontal regulador de voltaje LM317T.

Entre las características principales podemos encontrar:

- Tolerancia de 1% del voltaje de salida
- Salida de tensión ajustable de hasta 1,2v como mínimo
- Corriente máxima de salida no varía con temperatura
- Protección de cortocircuito a la salida

## 2.20. PRESETS O TRIMMERS

Un potenciómetro o ajustador preestablecido (PRESET) es un componente eléctrico regulable en miniatura. Se pretende establecer correctamente cuando está instalado en algún dispositivo y nunca ser visto o ajustado por el usuario del dispositivo. Los potenciómetros pueden ser resistencias variables, capacitores variables e inductores ajustables. Son comunes en los circuitos de precisión como componente de A/V y puede que tenga que ser ajustado cuando el equipo cuenta con el servicio.

A diferencia de muchos otros controles variables, los potenciómetros son montados directamente en placas de circuitos, cambiados usando un destornillador pequeño, así mismo son calificados para muchos menos ajustes durante su vida. Los potenciómetros como inductores ajustables y capacitores variables se encuentran generalmente en superheterodino receptores de radio y televisión, en la frecuencia intermedia, oscilador y circuitos de RF. Estén ajustados en la posición correcta durante el procedimiento de alineación del receptor.

Los potenciómetros vienen en una variedad de tamaños y niveles de precisión; por ejemplo, existen potenciómetros ajustables multi-vueltas, en los que tiene que dar varias vueltas el tornillo de ajuste para alcanzar el valor final, permitiendo altos grados de precisión.



**Fuente:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Trimmer\\_\(electronics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Trimmer_(electronics)).

**Figura 2.34:** Modelos de presets.

## **CAPÍTULO 3**

### **PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

¿El sistema de osciloscopio permitirá un monitoreo electrónico de un motor a inyección electrónica de gasolina para valorar en tiempo real las señales generadas por los sensores y las señales de respuesta de la ECM, ante las distintas condiciones de funcionamiento?

#### **3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Diseñar e implementar un sistema de osciloscopio a bordo de un vehículo Ford F-150 Flareside.

##### **3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

- Monitoreo gráfico de las diferentes señales de inyección de gasolina electrónica emitidas por los sensores de un vehículo Ford F-150.
- Probar minuciosamente variables como son el punto de disparo, frecuencia de muestreo, calibración del eje del voltaje, y calibración del eje del tiempo.
- Generar un software de simulación y pruebas bajo condiciones reales de funcionamiento.
- Disponer de un software de programación, destinado a los mandos y controles electrónicos del hardware y del sistema de osciloscopio a bordo del vehículo Ford F-150.

### 3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### a. Variable Independiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE.	Académica  Tecnológica	Número de placas de las que consta el osciloscopio = 3.  Número de indicadores que maneja el sistema = 4.  Número de relés con los que cuenta el multiplexor electromecánico = 3.	¿Cuál es el número de placas con las que cuenta el osciloscopio?  ¿Cuál es el número de indicadores que maneja el osciloscopio para el monitoreo?  ¿Con cuántos relés cuenta el multiplexor electromecánico destinado al monitoreo de inyectores?

Fuente: Campaña D. – Morales W.

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente.

**b. Variable Dependiente**

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
<b>MONITOREO GRÁFICO DE LAS DIFERENTES SEÑALES DE INYECCIÓN DE GASOLINA ELECTRÓNICA EMITIDAS POR LOS SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE.</b>	<b>Académica</b>	<b>Número de sensores que poseen señales pulsantes = 1.</b>	<b>¿Cuál es el número de sensores que generan un control mediante señales pulsantes?</b>
	<b>Tecnológica</b>	<b>Número de sensores que poseen señales analógicas = 2.</b>	<b>¿Cuál es el número de sensores que generan un control mediante señales analógicas?</b>
		<b>Número de inyectores monitoreados = 4.</b>	<b>¿Cuál es el número de inyectores monitoreados en este vehículo mediante este equipo?</b>
<b>PROBAR MINUCIOSAMENTE VARIABLES COMO SON EL PUNTO DE DISPARO, FRECUENCIA DE</b>	<b>Académica</b>  <b>Tecnológica</b>	<b>Factor de división de voltaje para el sensor CMP = 10; y para los inyectores = 20.</b>	<b>¿Para un factor de cuánto se da la división de voltaje en los sensores que trabajan con</b>

<p>MUESTREO, CALIBRACIÓN DEL EJE DEL VOLTAJE, Y CALIBRACIÓN DEL EJE DEL TIEMPO.</p>		<p>Número de pasos para la calibración del área de visualización en la pantalla del osciloscopio = 3.</p>	<p>señales pulsantes?  ¿Qué pasos deben realizarse para la calibración del área de visualización en la pantalla del osciloscopio?</p>
<p>GENERAR UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y PRUEBAS BAJO CONDICIONES REALES DE FUNCIONAMIENTO.</p>	<p>Académica  Tecnológica</p>	<p>Número de muestras que se recopilan antes de graficar = 200.  Tiempo que tarda un ciclo de análisis individual de muestra = 16.  Tiempo que demora en recopilar el número total de muestras = 800.</p>	<p>¿Cuál es el número de muestras que el sistema recopila antes de graficarlas?  ¿Qué tiempo (micro segundo) demora un ciclo para cada muestra recopilada?  ¿Qué tiempo (micro segundo) emplea el sistema en recopilar nuevamente doscientas muestras?</p>

<p>DISPONER DE UN SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN, DESTINADO A LOS MANDOS Y CONTROLES ELECTRÓNICOS DEL HARDWARE Y DEL SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO DEL VEHÍCULO FORD F-150.</p>	<p>Académica</p> <p>Tecnológica</p>	<p>Frecuencia de corte para el filtro pasabajos <math>\leq 200</math>.</p> <p>Velocidad de comunicación de datos y comandos del microncontrolador = 8.</p> <p>Canales empleados para monitorear cuatro inyectores = 1.</p>	<p>¿Cuál es la frecuencia (herz) de corte del filtro pasabajos?</p> <p>¿Qué velocidad (bites) de comunicación de datos y comandos posee el microncontrolador?</p> <p>¿Canales empleados para el monitoreo de los cuatro inyectores?</p>
---	-------------------------------------	--	---

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Tabla 3.2:** Operacionalización de la variable dependiente.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150.**

#### **4.1. ESQUEMA DE LA PROPUESTA**

##### **4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El dispositivo es un sistema de monitoreo gráfico en tiempo real de varios componentes del sistema digital de inyección entre los que se encuentran sensores y actuadores. Dentro del automóvil, sus funciones principales son la de monitorear las señales emitidas por dichos componentes a través de una pantalla gráfica, para determinar el funcionamiento de cualquiera de estos elementos.

Los diversos mecanismos implementados en el sistema permiten:

- Monitorear de manera precisa y en tiempo real las señales que emiten diversos elementos implicados en el sistema de inyección del vehículo.
- Analizar la configuración de las curvas y de los parámetros a ser obtenidos bajo cualquier condición de funcionamiento del motor.
- Determinar y comparar las curvas obtenidas con las ideales bajo determinados parámetros y condiciones de trabajo.
- Diagnosticar posibles fallas o errores que se estén suscitando en el sistema de inyección de combustible para luego proponer soluciones.

##### **4.1.2. REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los requisitos se detallan teniendo en cuenta las condiciones del ambiente de trabajo, las especificaciones del vehículo y las características de funcionamiento del sistema.

#### **4.1.3. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO**

- Inmunidad al ruido e interferencia eléctrica provenientes de elementos del motor o subsistemas anexos a éste.
- Protección ante vibraciones provenientes del trabajo del motor o como consecuencia de la rodadura sobre superficies irregulares.
- Capacidad de procesamiento y visualización bajo severas temperaturas de trabajo.
- Impacto moderado en los sistemas de sensado y diagnóstico del vehículo.

#### **4.1.4. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES VEHICULARES**

- Protección ante la presencia de contra tensiones generadas por ciertos elementos del sistema de inyección.
- Colocación de sistema de seguridad contra conexión invertida y sobre voltajes, para así evitar daños prematuros y permanentes en el subsistema de procesamiento y diagnóstico o de visualización.
- Manejo de filtros para la lectura nítida de las señales obtenidas y su correcto procesamiento en los sistemas subsiguientes.

#### **4.1.5. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO**

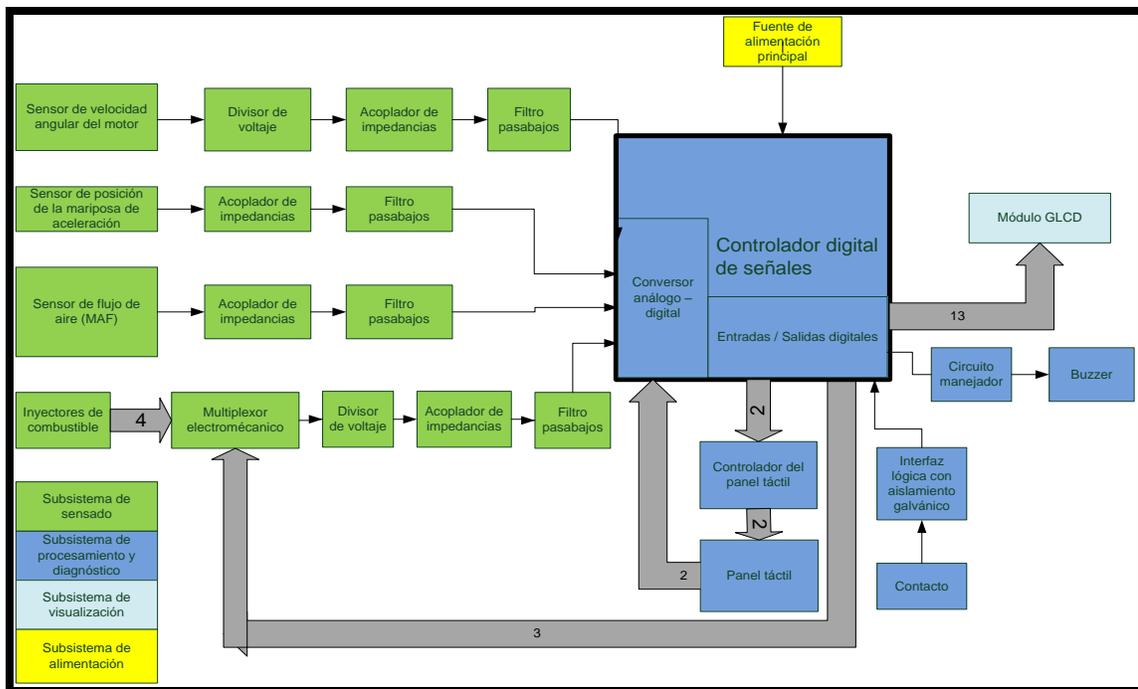
- Nitidez en la lectura de las señales emitidas por los diversos elementos y su posterior procesamiento y visualización en referencia a la frecuencia de muestreo.
- Alta velocidad de captura y comparación, conversión, procesamiento y visualización de los datos.
- Exactitud en la configuración de ajuste de los parámetros inmersos en el funcionamiento del sistema para su correcta visualización.
- Calibración adecuada de los ejes de voltaje y tiempo, y así mismo de sus canales y elementos ajustables.

- Interfaz gráfica explícita y legible para el control táctil de las opciones de ajuste del dispositivo.
- Innovación y versatilidad en las interfaces para permitir que el sistema pueda ser adaptado a más de un tipo de vehículo, con ciertas modificaciones en hardware y firmware.
- Vida útil larga con mantenimiento mínimo.

## 4.2. APROXIMACIÓN DE LA PROPUESTA

### 4.2.1. APROXIMACIÓN EN BLOQUES

La concepción básica del dispositivo se basa en bloques agrupados en subsistemas, de acuerdo a sus funciones generales (sensado, procesamiento y diagnóstico, visualización y alimentación), tal como se muestra en el siguiente diagrama:



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.1: Diagrama de bloques del sistema.

### **a. Subsistema de sensado**

Este subsistema se encarga de la adquisición y comparación de las diferentes señales tanto pulsantes como analógicas generadas por determinados elementos correspondientes al sistema de inyección electrónica de combustible del vehículo.

Las señales pulsantes corresponden al sensor de velocidad angular del motor (CMP) y a los inyectores, mientras que las señales analógicas corresponden al sensor de posición de la mariposa (TPS) y al sensor de flujo de aire (MAF). Al estar estas señales divididas en dos clasificaciones distintas, requieren un tratamiento diferente por lo cual los elementos a ser empleados para su tratamiento no serán los mismos.

El siguiente proceso que se dispone será compartido para cualquier elemento que genere señales pulsantes, ya que este tipo de señales son únicamente generados por elementos inductivos, motivo por el cual las tensiones que se manejan dentro de ellos son elevadas, para esto es necesario emplear divisores de voltaje, que como su nombre lo indican hacen que la tensión se divida en cuantas veces se desee, para de esta manera la tensión de entrada no afecte o dañe a los elementos posteriores.

Posterior a la disminución de tensión se encuentran los acopladores de impedancias, estos se caracterizan por tener una alta impedancia de entrada (bajo consumo de corriente) y una alta impedancia de salida. En otras palabras estos elementos replican la tensión de salida con la tensión de entrada pero con una corriente mucho más alta, con el propósito de alimentar a los filtros pasabajos (necesitan corrientes altas), evitando así que el sistema no afecte en ninguna forma las señales que van a la computadora.

Debido a la naturaleza de los elementos inductivos y a las señales pulsantes en sí, la interferencia es un factor que afecta a gran escala a la visualización y nitidez en

la representación de sus curvas, por lo que es necesaria la utilización de filtros pasabajos en su tratamiento. Debido al efecto de la inducción de otros elementos se presentan ciertas tensiones parásitas que se adentran en la tensión generada por un elemento, asumiendo dichas tensiones parásitas como propias, generando así interferencia y error en la lectura de datos.

Las tensiones parásitas tienen un periodo de oscilación realmente bajo por lo que su frecuencia será sumamente alta. La ventaja característica del filtro pasabajos es que únicamente permite el trabajo con frecuencias bajas que son las frecuencias propias de las señales generadas. Dichos elementos como los filtros y los acopladores de impedancias son compartidos en el tratamiento tanto de señales pulsantes como analógicas debido a la naturaleza de su funcionamiento y sus características de funcionamiento.

#### **b. Subsistema de procesamiento y diagnóstico**

La característica principal de todo este subsistema es que tiene una velocidad de adquisición y procesamiento, debido a cada uno de los elementos que lo componen.

Un conversor analógico – digital de alta resolución y de alta velocidad de adquisición de kilo muestras por segundo (KSPS – kilo samples per second) es el encargado de adquirir todas las señales y dar la sensación al usuario de que todas se adquieren al mismo tiempo.

Un controlador digital de señales es el eje principal de todo el subsistema, cuenta con multiplicaciones por hardware rápidas. Además cuenta con interrupciones de prioridad para poder manejar algunos procesos en tiempo real con la ventaja de evitar la pérdida de información durante dicho manejo.

El controlador del panel táctil debe permitir al sistema conmutar de manera eficaz, con una velocidad alta y con índice bajo de caída de voltaje los pines de control del mismo.

Las entradas y salidas digitales son prácticamente las puertas de ingreso y salida de los diferentes componentes que trabajan en dicho subsistema como es el caso del panel táctil, que no es más que un periférico que permite al usuario interactuar con la computadora presionando regiones de la pantalla representadas ya sea por una imágenes, palabras u otros elementos demostrativos.

Del mismo modo se dispone de una interfaz lógica con aislamiento galvánico en función de la posición de contacto en el interruptor de encendido que permite que el sistema en general abandone su estado de reposo y prevea al usuario de que el sistema está listo para empezar a trabajar.

### **c. Subsistema de visualización**

Este subsistema comprende la interpretación, graficación y visualización de los datos obtenidos en los subsistemas previos. En este se analizan los resultados de forma visual. Está comprendido por un módulo GLCD que es un área grande (240 x 128 pixeles) que permite la visualización de los datos o resultados. Además cuenta con una serie de características únicas entre las cuales la más importante es que tiene una alta velocidad de procesamiento pero sobre todo de comunicación.

El sistema en sí es un dispositivo a bordo por lo cual debe ser manipulado por un operario presente, dándonos así ciertas características o funciones de trabajo:

- Control integro de los canales que deseamos visualizar
- Visualización en tiempo real de los pulsos eléctricos generados por los elementos del sistema de inyección de combustible.

- Comparación de los distintos niveles de trabajo con sus respectivas curvas o formas de onda.
- Regulación de cada uno de los ejes, ya sea del tiempo o de tensiones mediante la calibración con la pantalla táctil.
- Escogitamiento de la señal que deseamos analizar y compararla con una señal de un ciclo de trabajo ideal.
- Adaptación de la escala con la cual vamos a trabajar según los valores obtenidos en los pulsos eléctricos.
- Visualización de un protector de pantalla para cuando el sistema se encuentre en estado de reposo.
- Manejo completo de los parámetros mediante una interfaz táctil entre operario y pantalla

### **4.3. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE**

A pesar de que el dispositivo fue concebido pensando en su utilización de forma universal, el vehículo escogido para su implementación influyó de manera rotunda en la caracterización.

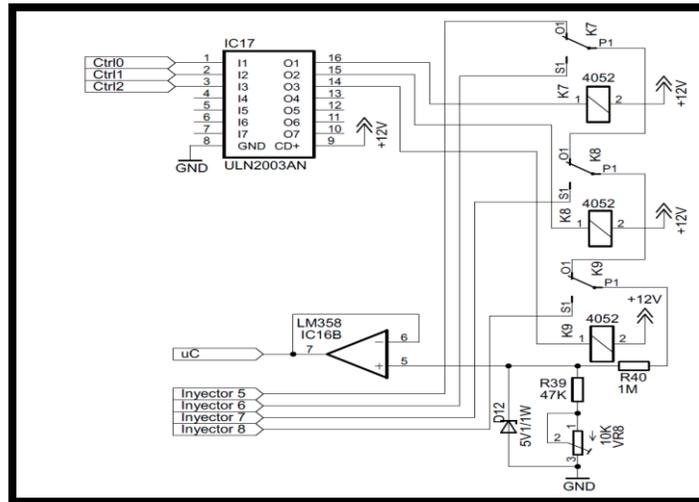
La ejecución del proyecto se la realizó sobre un vehículo Ford F-150 Flareside modelo 1994, tipo camioneta. Pero una vez colocado el módulo se prevé su futura implementación en distintos tipos de vehículos, que van desde una gama de vehículos livianos como aquellos de transporte pesado, únicamente con ligeras modificaciones en su firmware y hardware a gusto de quien lo vaya a operar.

#### **4.3.1. SUBSISTEMA DE SENSADO**

##### **a. Inyectores de combustible**

Este circuito emplea una interfaz muy sencilla que permite la adquisición de la señal emitida por cualquier inyector del vehículo. Las resistencias R40, R39 y VR8

forman un divisor de voltaje variable. El voltaje de entrada es dividido veinte veces. El máximo valor de entrada soportado es de 100V, de manera que con la división de voltaje este se reduce hasta 5V que es el valor con el cual trabajan los diferentes componentes electrónicos sin peligro de daño.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.2:** Circuito de medición del pulso de los inyectores.

El diodo D12 trabaja con un sistema de protección del sistema ante un posible sobre voltaje. Al momento en que el divisor de voltaje falla o sufre algún desperfecto el diodo reduce el voltaje hasta máximo 5.1V, que es el máximo valor tolerable para los distintos elementos, esto hace que el voltaje se regule y continúe su paso hacia el acoplador de impedancias sin ningún peligro de dañarlo.

<u>POSICIÓN LÓGICA DEL CONTROLADOR</u>			<u>POSICIÓN DEL RELÉ</u>			<u>INYECTOR SELECCIONADO</u>
<b>C0</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>N° INYECTOR</b>
0L	0L	0L	NA	NA	NA	5
1L	0L	0L	NC	NA	NA	6
---	1L	0L	---	NC	NA	7
---	---	1L	---	---	NC	8

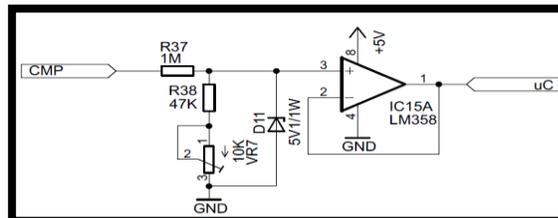
**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Tabla 4.1:** Tabla de verdad para la selección del inyector.

## b. Sensor de velocidad angular del motor

El principio de funcionamiento es idéntico a la interfaz utilizada para el manejo de la señal de los inyectores. Debido a la amplitud de la señal de entrada se usa un divisor de voltaje. Por lo tanto la señal ingresada al sistema estará dividida para tres.

El dispositivo es un sensor de efecto hall, y es por este motivo que la señal que se adquiere es de forma cuadrada, por ello no necesita un tratamiento de conformación de pulsos.

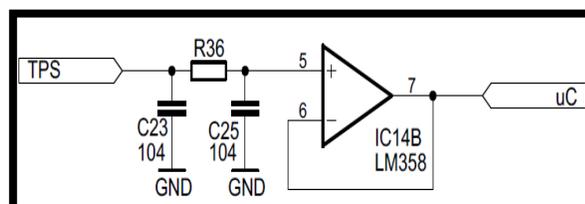


Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.3: Circuito de determinación de velocidad angular del motor.

## c. Sensor de posición de la mariposa

Teniendo en cuenta que la señal del TPS está entre 0 y 5V no es necesario el uso de una interfaz complicada. Así, se usa C23 para amortiguar las posibles oscilaciones de la señal de entrada debido a la inserción de interferencia. R36 y C25 forman un filtro pasabajos pasivo que proporciona una amortiguación adicional.

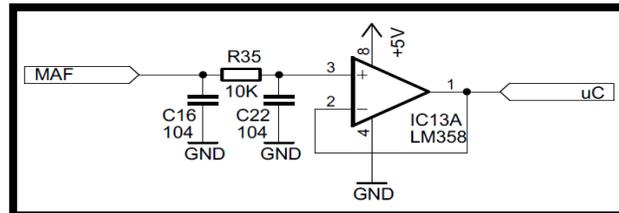


Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.4: Circuito para determinar la posición de la mariposa.

#### d. Sensor de flujo de aire

Al igual que en el circuito de medición de la posición de la mariposa, el circuito trabaja a manera de un potenciómetro o resistencia variable, por lo que el principio de funcionamiento es el mismo.



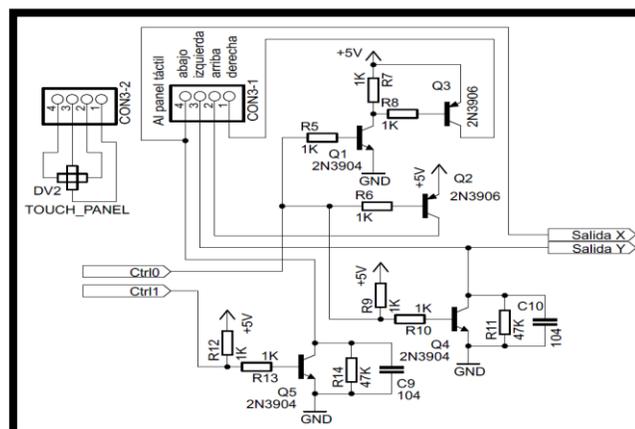
Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.5: Circuito de medición del flujo de aire.

### 4.3.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y DIAGNÓSTICO

#### a. Panel táctil

Para realizar la correcta conexión del panel táctil con el microcontrolador debemos utilizar el circuito que se especifica en la figura 4.6. Por medio de la utilización de dicho circuito, el microcontrolador conecta los contactos adecuados del panel táctil a masa y a tensión de alimentación para determinar las coordenadas X e Y, alternadamente.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

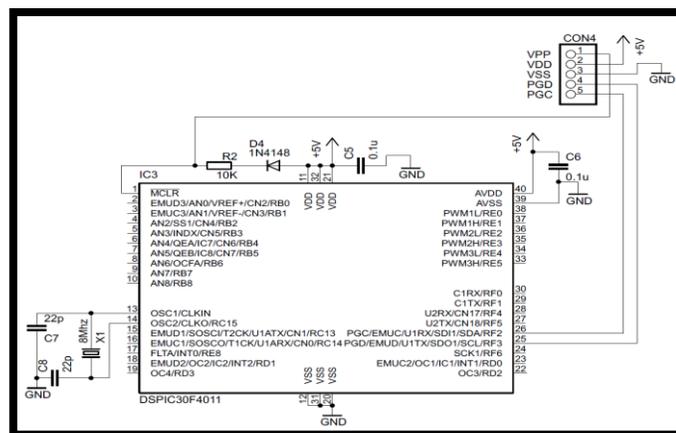
Figura 4.6: Circuito de control del panel táctil.

El contacto inferior de la superficie Y y el contacto izquierdo de la superficie X están conectados al convertor A/D del microcontrolador. Las coordenadas X y Y se determinan midiendo la tensión en los respectivos contactos.

### b. Interfaz de programador

El conector CON4 une directamente la placa del kit de programación al controlador digital de señales. Esto permite que sin necesidad de retirar el controlador, se pueda cargar el firmware tanto para depuración de errores, como para actualización del programa.

VPP lleva el voltaje alto de programación (+12V), VDD el voltaje de alimentación, VSS la tierra, PGD la transferencia de datos y PGC la señal de reloj en el sistema de comunicación sincrónica.



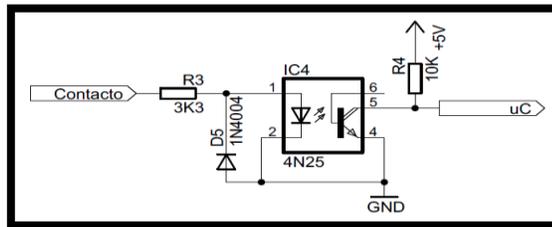
Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.7: Circuito de interfaz con el programador.

### c. Contacto

El circuito usado para la adquisición de esta variable es idéntico al que se emplea en los sistemas de alarma para verificar la apertura de puertas. La señal se toma desde el arnés de encendido, en el terminal de ignición.

Cada vez que se detecta la posición de contacto, se envía al sistema una señal de 12V; en este instante se cierra también el circuito del IRLED del optoacoplador, provocando que circule corriente entre emisor y receptor. Todo esto se puede apreciar en la Figura 4.8.



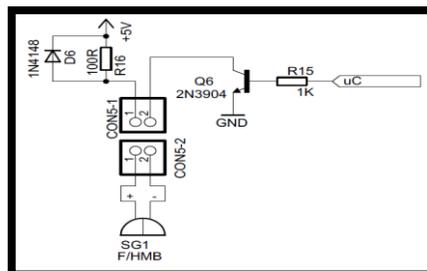
**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.8:** Interfaz para adquisición de señal de ignición.

#### d. Buzzer

Cuando el usuario presiona cualquier tecla virtual del panel táctil, tendremos un medio de respuesta audible a través de un buzzer, el cual es controlado por el microcontrolador conectado a uno de los pines para poner en alto produciendo así una respuesta audible.

Ya que el zumbador de la figura 4.9 tiene un consumo de corriente mayor a los 25mA suministrados por el pin del microcontrolador, es necesario el manejo a través del transistor Q6. La resistencia R16 y el diodo D6 evitan que las corrientes remanentes generadas por el buzzer en el momento en que éste se apaga, se propaguen hacia la línea de alimentación y causen mal funcionamiento de los dispositivos lógicos.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

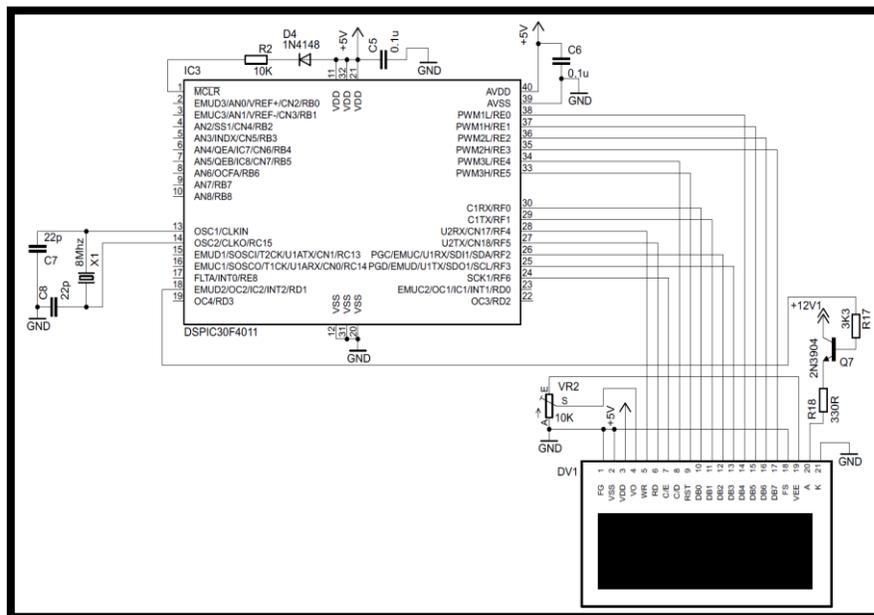
**Figura 4.9:** Circuito manejador del buzzer.

### 4.3.3. SUBSISTEMA DE VISUALIZACIÓN

#### a. Pantalla GLCD

Se maneja un visualizador gráfico que permite al usuario observar en tiempo real y de manera gráfica las curvas obtenidas de los diferentes sensores y actuadores así como el valor de las variables medidas.

Según la figura 4.10, las patitas RF<4:6> y RE<4:5> del DSPIC30F4011, configuradas como salidas, manejan los pines de control; el bus de datos está implementado en las salidas RE<0:3> y RF<0:3>.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.10: Diagrama de conexión entre la GLCD y el microcontrolador.

Los LEDs de retroiluminación de la pantalla GLCD, reciben su alimentación desde el suministro de corriente propio del vehículo a través de una resistencia que limita el paso de corriente R17. El objetivo que se logra con esto es evitar un posible recalentamiento en los reguladores lineales de voltaje como consecuencia del alto consumo de los LEDs.

El transistor Q7 permite el encendido y apagado de la luz, según lo ordenado por el microcontrolador. Del mismo modo un sistema de ajuste de contraste regido por el potenciómetro VR2, regula el voltaje que polariza al pin VO. Vale la pena resaltar que el voltaje negativo necesario para el contraste, es generado por el propio módulo GLCD a través del Pin VEE.

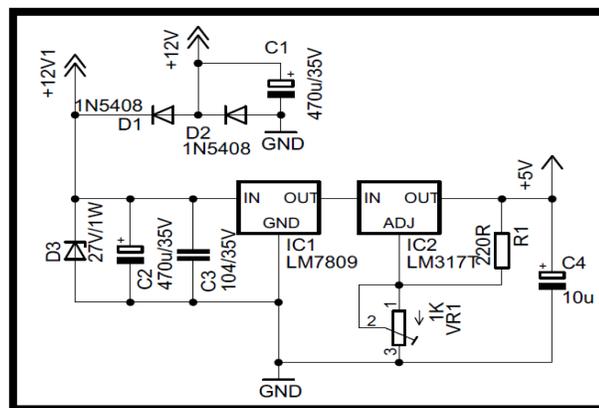
#### 4.3.4. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El subsistema de alimentación basa su funcionamiento al contener al microcontrolador maestro que se encarga de leer los sensores y el panel táctil, y manejar la GLCD.

##### a. Fuente de alimentación del módulo

La tensión de alimentación se obtiene de la batería del automóvil, dicha tensión se filtra y se aplica regulada al resto del circuito. La fuente convierte el voltaje de casi 14V de entrada en una tensión constante de 5.0V.

En la figura 4.10 la fuente de alimentación consta de un rectificador (D2, D1), una protección por sobretensión (D2), un filtro de interferencias (C1, C2, C3, C4), un regulador lineal fijo de 9V (IC1) y un regulador variable calibrado a 5V (IC2).



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.11: Circuito de alimentación del módulo maestro.

El rectificador formado por D2 y D1 recorta picos negativos de voltaje, por ende protege al circuito cuando por error, se invierte la polaridad de la batería. Si esto llegara a suceder, el fusible F1 se destruye, haciendo que el módulo se bloquee, logrando de esta manera proteger a los demás elementos que componen el sistema. De allí que la corriente nominal del fusible es la misma que del diodo D3 (2A).

La protección por sobre tensión viene dada por el zener D2, que resguarda el circuito de sobrevoltajes instantáneos. Estos pueden escaparse desde el alternador cuando se quita contacto del motor.

La regulación se hace en etapas: primero se regula a 9V y luego a 5V simultáneamente. De esta manera, la caída de voltaje de 9V (considerando un voltaje de entrada de 14V), se disipa en algunos integrados. Así, los reguladores de voltaje se calientan menos.

La ecuación 4.1, extraída y adaptada desde la hoja de datos del LM317T, indica el voltaje de salida obtenido en IC2 con la configuración de resistencias R1 y VR1.

$$V_{regulación} \cong \frac{R_2 + V_{r1}}{R_2} * (1.25V)$$

**Ecuación 4.1:** Voltaje de salida en regulador variable LM317T.

$$V_{regulación} \cong \frac{220\Omega + 660\Omega}{220\Omega} * (1.25V) = 5.0V$$

La corriente que pueden suministrar los reguladores según las hojas de datos, es de máximo 1A. Este valor es suficiente para satisfacer las necesidades de potencia del circuito.

#### **4.4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL**

El diagrama esquemático general agrupa a todos los circuitos estudiados, más ciertos componentes de igual importancia como son los condensadores de desacople que complementan al correcto funcionamiento de todo el sistema, ya que evitan que las corrientes parásitas afecten a los demás dispositivos. Además se incluyen conectores necesarios en su implementación física. Esto se muestra en el anexo A.

#### **4.5. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO**

El diseño de las placas se realizó cuidadosamente pensando en la vida útil de los componentes, para lo cual fue necesario que los circuitos de potencia estén lo suficientemente lejos de los microcontroladores. Además, se tomó en cuenta en el dibujo que los condensadores de desacople deben situarse lo más cerca posible a los integrados. Todo esto para disminuir interferencias. Se pueden apreciar los PCBs en el anexo A y B.

#### **4.6. DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE**

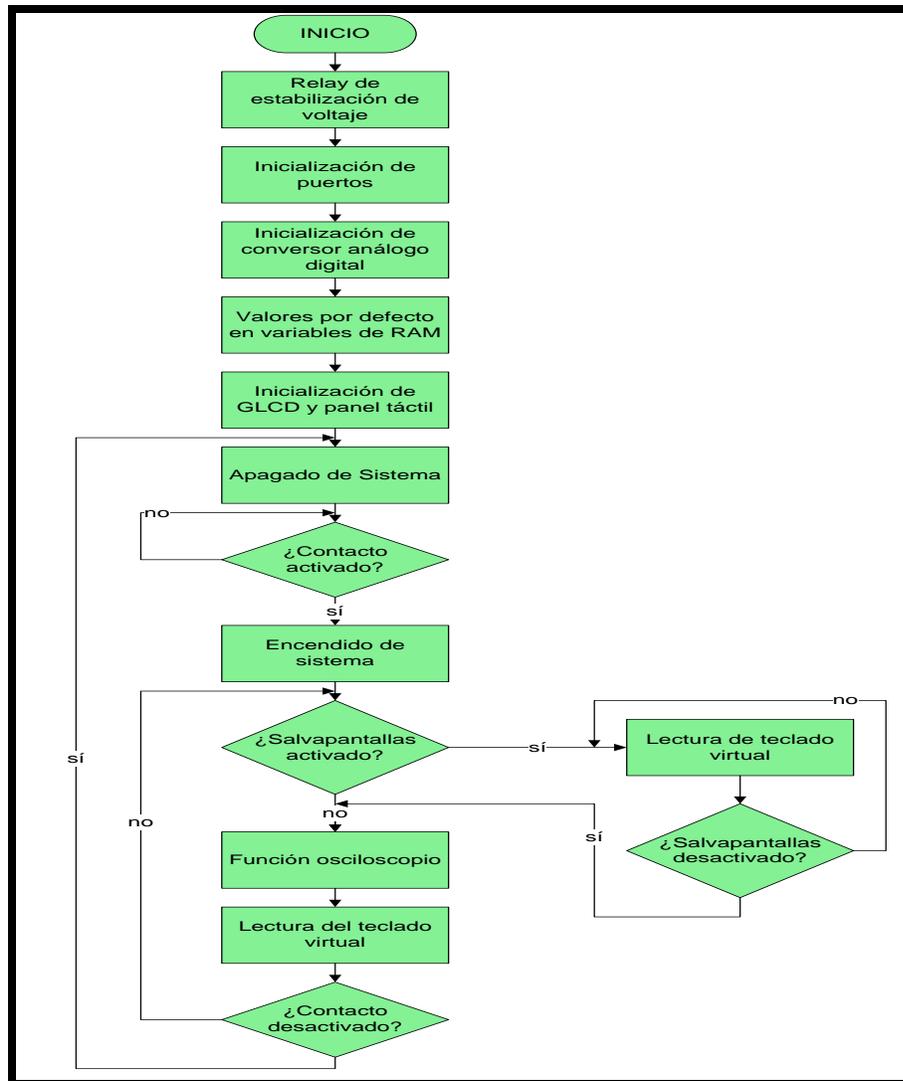
El firmware del sistema cuenta en sí de dos etapas, la primera de ellas se encarga del manejo del subsistema de visualización constituido por la GLCD, mientras que la segunda etapa está destinado al análisis y muestreo de cada una de las señales o dicho de otra manera a la función propia del osciloscopio.

##### **4.6.1. FIRMWARE DEL SISTEMA**

Mediante los diagramas de flujo se aprecia el funcionamiento del sistema paso a paso, como complemento se ha empleado mapas de bits acerca de cada una de las pantallas que se despliegan en la GLCD a medida que el operario hace uso de los diferentes comandos virtuales presentes en cada una.

### a. Programa Principal

El programa empieza con la inicialización de los puertos, con el conversor análogo digital y además con el establecimiento de ciertos valores por defecto en las distintas variables de la memoria RAM del sistema.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.12: Diagrama de flujo del programa principal.

Una vez inicializado el programa se procede con la verificación de la posición de contacto en el switch de ignición creando un bucle infinito en caso de no

detectarse dicha posición, el programa se encargará de siempre estar preguntando si la posición de contacto fue adquirida o no, y una vez que dicha condición ha sido cumplida se da inicio con el sistema en sí.

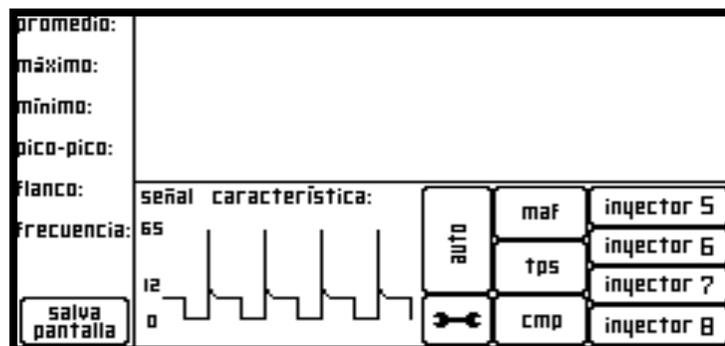
El primer punto de visualización es un mensaje de bienvenida que se despliega en la pantalla el cual nos índice que el sistema ha iniciado su trabajo en lo que se refiere a la adquisición de señales bajo un proceso que se detalla en la figura 4.13.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.13: Mensaje de bienvenida despegado en la pantalla de la GLCD.

Después de unos segundos el mensaje de bienvenida va a desaparecer y en su lugar aparecerá la imagen de la pantalla principal del sistema, sobre la cual se despliegan los menús de comandos virtuales, parámetros de medición, mapas de bits con las curvas características de cada señal y el plano cartesiano sobre el cual se gráfica la señal deseada.

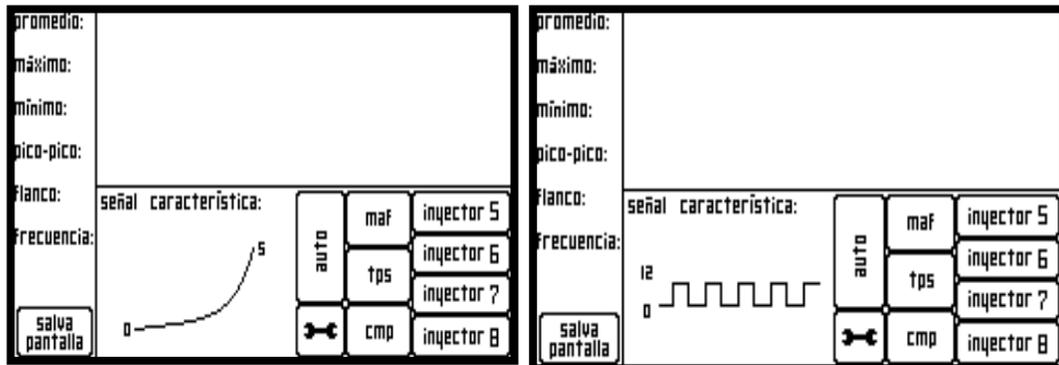


Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.14: Mapa de bits de la pantalla principal del sistema.

La pantalla que se visualiza por default es la del inyector 5 para el encendido del osciloscopio.

Mediante la activación de los diferentes comandos virtuales de las señales podemos ingresar a nuevas pantallas en las cuales se logra monitorear las señales adquiridas a través de la ECM del vehículo.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.15:** Mapa de bits para la activación del TPS, MAF y CMP.

El sistema también ofrece una opción de salva pantallas en caso de inactividad mediante el cual el sistema se coloca en stand by y despliega una pantalla en la que se visualiza el logotipo de Ford F-150 con un único comando virtual que sirve para abandonar el salva pantalla y volver al modo de osciloscopio.

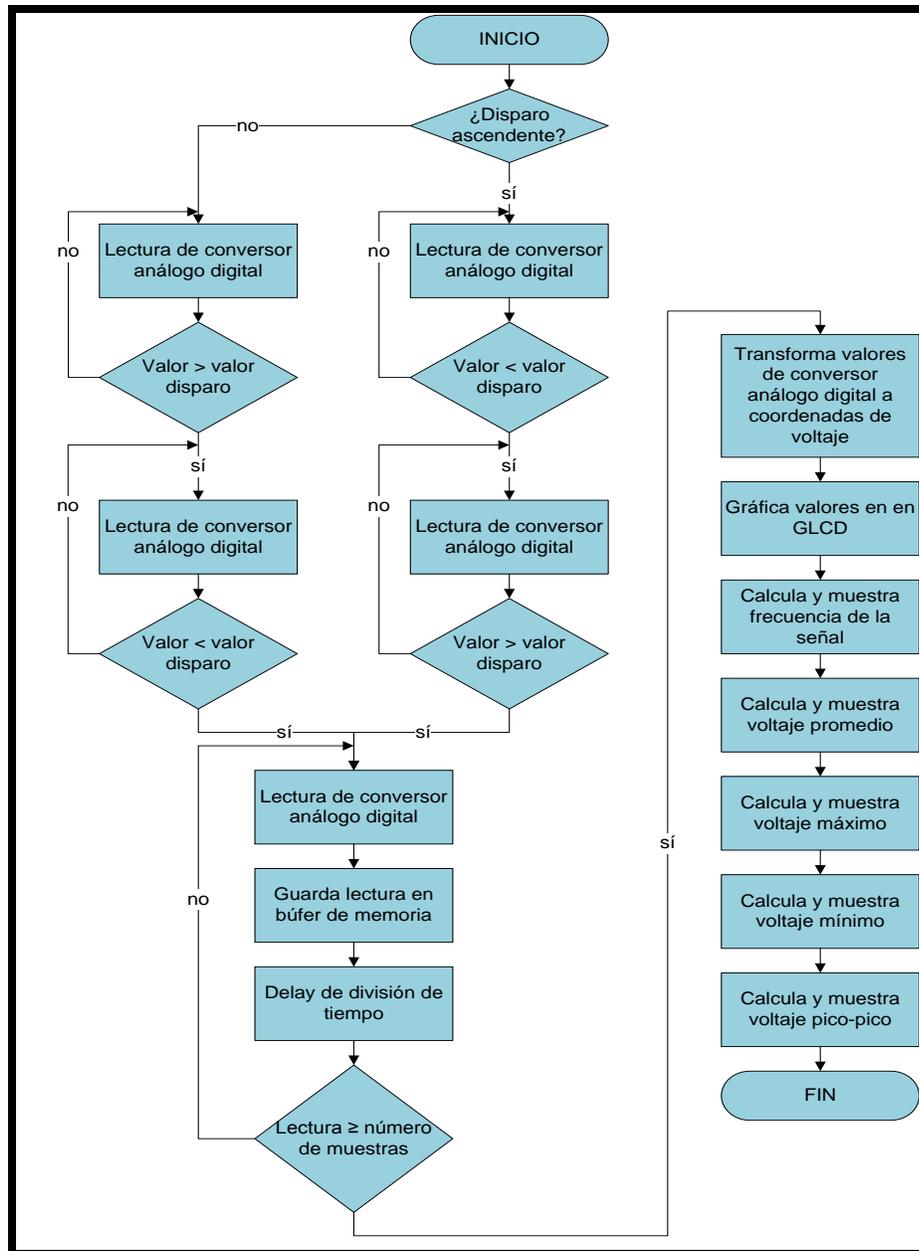


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.16:** Mapa de bits para la activación del salva pantallas.

## b. Subrutina de funcionamiento del osciloscopio

La función de osciloscopio se rige a un proceso de adquisición, comparación y graficación de datos, los cuales se generan gracias al trabajo de cada uno de los componentes del sistema de inyección electrónica de combustible del vehículo.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.17: Diagrama de flujo del funcionamiento del osciloscopio.

### c. Subrutina de manejo del panel táctil

El procedimiento mediante el cual se determinan las coordenadas de la posición del panel que ha sido presionada está dividido prácticamente en dos etapas. La primera es la encargada de determinar la coordenada X y la segunda hace lo mismo para la coordenada Y del punto.

Para determinar la coordenada X, es preciso conectar el contacto izquierdo de la superficie X a masa y el contacto derecho a la fuente de alimentación. Esto permite obtener un divisor de tensión presionando el panel táctil. El valor de la tensión obtenida en el divisor se puede leer en el contacto inferior de la superficie Y. La tensión variará en el rango de 0V a la tensión suministrada por la fuente de alimentación y depende de la coordenada X. Si el punto está próximo al contacto izquierdo de la superficie X, la tensión estará próxima a 0 V.

Para la determinación de la coordenada Y, es preciso conectar el contacto inferior de la superficie Y a masa, mientras que el contacto superior se conectará a la fuente de alimentación. En este caso, la lectura de la tensión se hará en el contacto izquierdo de la superficie X.

Para realizar la transformación de voltajes a coordenadas virtuales en el eje X, el algoritmo hace una resta entre el voltaje obtenido al presionar sobre el punto extremo derecho y el obtenido con el extremo izquierdo. Este resultado, medido en voltios, corresponde a los 240 píxeles que la pantalla GLCD tiene de largo de imagen. Con estos dos valores se obtiene el factor de conversión que da origen al siguiente modelo:

$$Píxel_x = \frac{240Píxel}{V_{x_{max}} - V_{x_{min}}} * (V_{in_x})$$

**Ecuación 4.2:** Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil.

En la ecuación anterior, el píxel presionado en X, se obtiene al reemplazar  $V_{inX}$  por el valor del voltaje obtenido mediante el conversor análogo – digital.

Similar procedimiento se realiza para transformar voltajes a coordenadas virtuales en el eje Y, considerando el voltaje obtenido al presionar el extremo superior y el extremo inferior del panel táctil.

Hay que tener en cuenta que la pantalla tiene 128 píxeles de ancho.

$$Píxel_Y = \frac{240Píxel}{V_{y_{max}} - V_{y_{min}}} * (V_{in_Y})$$

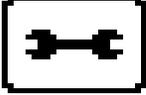
**Ecuación 4.3:** Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil.

#### d. Subrutina teclado virtual

El teclado virtual sobre la pantalla táctil tiene un algoritmo simple. La lectura de cada botón consiste únicamente en aislar el área y posición que cada uno ocupa en la pantalla.

Si el usuario presionó en un área comprendida entre los rangos X y Y correspondientes a un botón, el sistema asigna la función predeterminada para este.

El microcontrolador dibuja el botón, dependiendo de su estado anterior, lo que hace que el sistema grafique el botón en modo activado o desactivado. A través de la siguiente tabla se logra identificar la forma de cada uno de los comandos virtuales con los que cuenta y de similar forma la función que estos cumplen cuando son activados:

COMANDO VISUAL	FUNCIÓN
	Permite visualizar las señales de manera rotativa y automática. La visualización será de manera ordenada, de modo que la aparición de las señales sea alternada sin necesidad de hacer uso del resto del teclado virtual para su visualización.
	Este comando permite desplegar una imagen como protector de pantalla, de modo que en ciertos periodos de inactividad el usuario pueda poner en stand by a todo el sistema mediante la activación de este elemento.
	Cuando el salvapantallas se activa se despliega una nueva imagen en la cual se posee un solo comando virtual que es este de SALIR. Mediante su activación se abandona el modo de stand by del osciloscopio haciendo que el osciloscopio vuelva a trabajar y a monitorear cada señal y parámetro nuevamente.
	Debido a que el panel táctil determina las coordenadas de un pixel en la GLCD mediante la transformación de voltajes, este comando es necesario para delimitar el área de trabajo y por ende para situar las coordenadas.
	A través de este comando virtual se activa la interfaz con respecto al monitoreo del sensor de flujo de aire en la cual podemos apreciar la forma de onda que nos genera este sensor y del mismo modo los parámetros respectivos de medición.
	Este comando permite monitorear en tiempo real la señal analógica que genera el sensor de posición de la mariposa de aceleración al igual que sus valores o magnitudes respectivos.
	Con la activación de este comando se puede visualizar la señal con respecto a la posición angular del motor. Esta señal es una onda cuadrada debido a la presencia de un sensor de efecto hall por lo cual la frecuencia y los voltajes sentidos son de vital importancia durante su monitoreo.
   	Para el análisis y monitoreo de las señales de los principales actuadores del sistema de inyección como son los inyectores, se optó por escoger todos aquellos que se encontraban en una V del block. Mediante cualquiera de estos comandos virtuales se puede monitorear la señal que está emitiendo cada uno de los inyectores al igual que los valores de frecuencia y voltaje bajo los cuales están trabajando. Previamente se ha determinado escoger solo cuatro inyectores debido a la accesibilidad de los mismos para realizar pruebas a través de la conexión y desconexión de los mismos.

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Tabla 4.2:** Estados de visualización y función correspondiente a cada botón.

## 4.7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Para explicar el desarrollo y montaje del sistema en el vehículo se ha tomado como referencia una serie de imágenes en las cuales se detalla el proceso paso a paso.

En primera instancia el vehículo no contaba con ningún tipo de manual o guía del usuario, por lo fue necesaria la búsqueda y descarga vía internet del manual de taller de dicho automotor. Para esto se utilizó el número de chasis y la página oficial de servicio técnico de Ford.

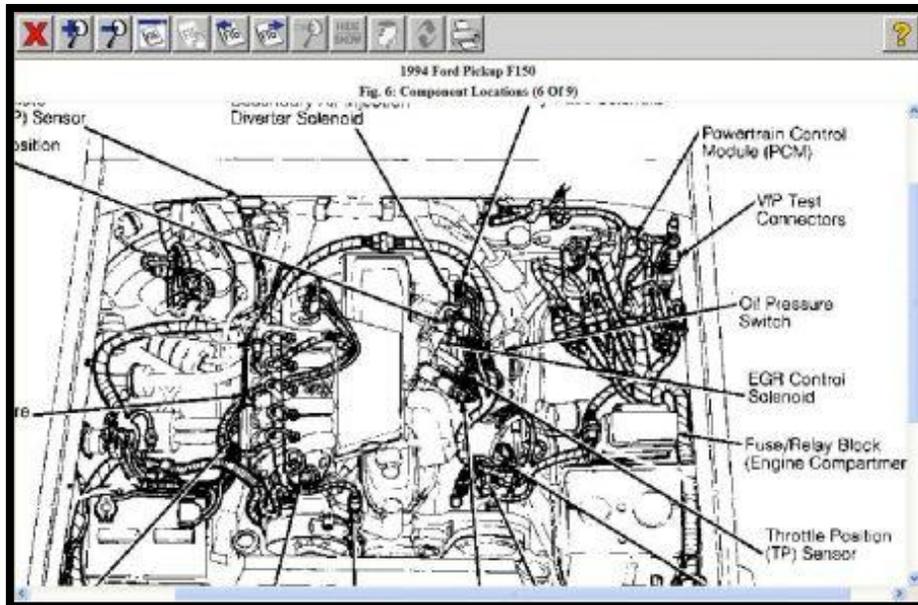


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.18:** Ford F-150 Flareside.

### 4.7.1. LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES

Mediante el uso del manual del taller se logró determinar la localización de cada uno de los componentes del sistema de inyección de combustible que iban a ser intervenidos en el desarrollo de la propuesta.

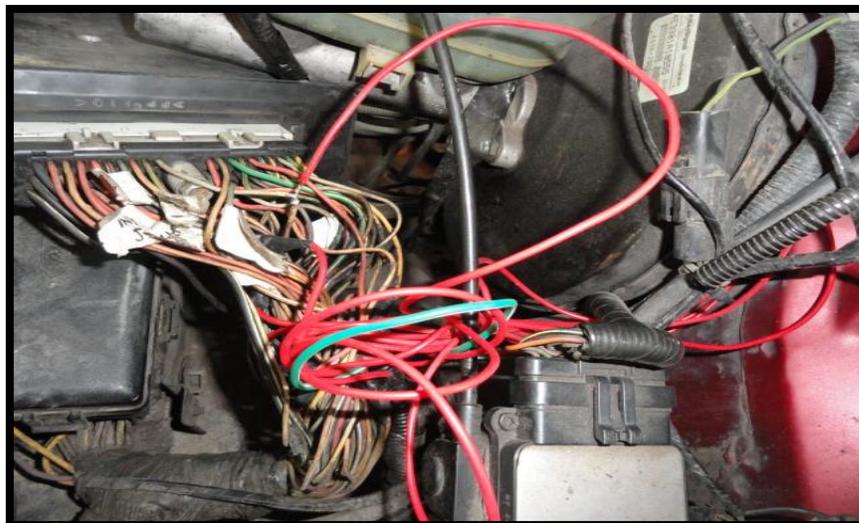


**Fuente:** Manual de Taller Ford F-150

**Figura 4.19:** Localización de componentes del sistema de inyección.

#### 4.7.2. DESMONTAJE DE LA ECM DEL VEHÍCULO

Una vez ubicados los componentes se procede al desmontaje de la ECM del vehículo, la cual está ubicada en la parte inferior izquierda del panel del conductor.

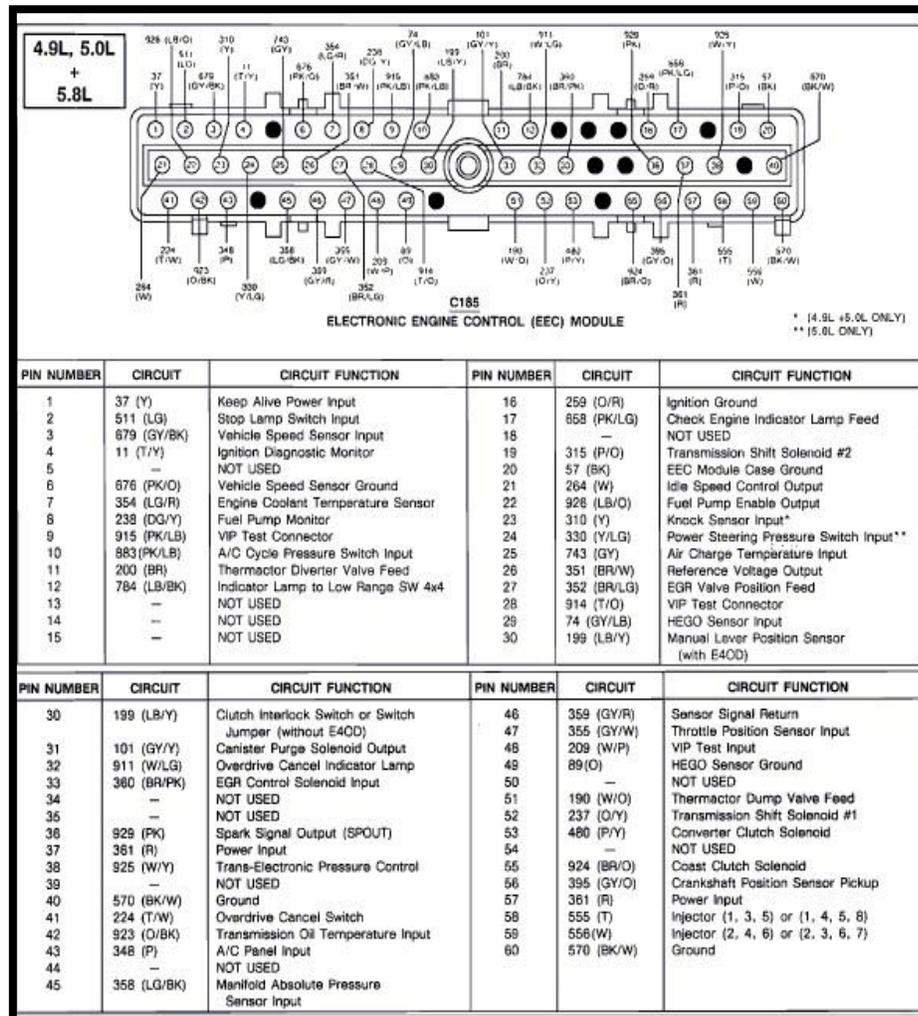


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.20:** Desmontaje de la ECM del vehículo.

### 4.7.3. ADQUISICIÓN DE SEÑALES

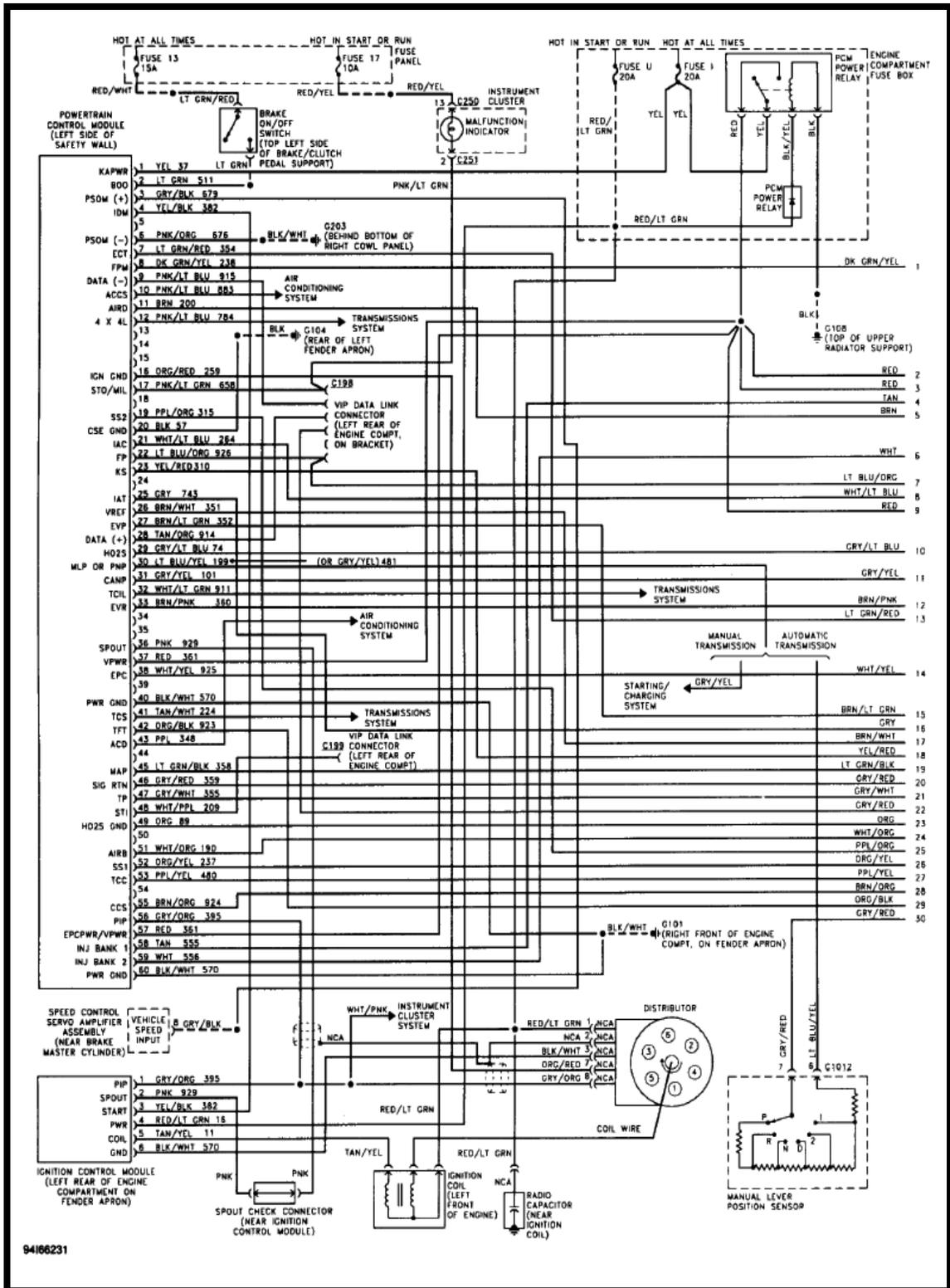
Usando el esquema gráfico de la disposición de los pines de la ECM del vehículo y mediante el código de colores de cables se obtiene las señales correspondientes a los sensores MAF, TPS, CMP y a los inyectores 5, 6, 7 y 8.



Fuente: Manual de Taller Ford F-150.

Figura 4.21: Pinout de la ECM del vehículo.

Para la adquisición de señales tomadas de la ECM, fue necesario conectar cables en paralelo de modo que las señales puedan ser compartidas para el sistema de osciloscopio.



Fuente: Manual de Taller Ford F-150.

Figura 4.22: Diagrama de conexión de la ECM usando el código de colores.

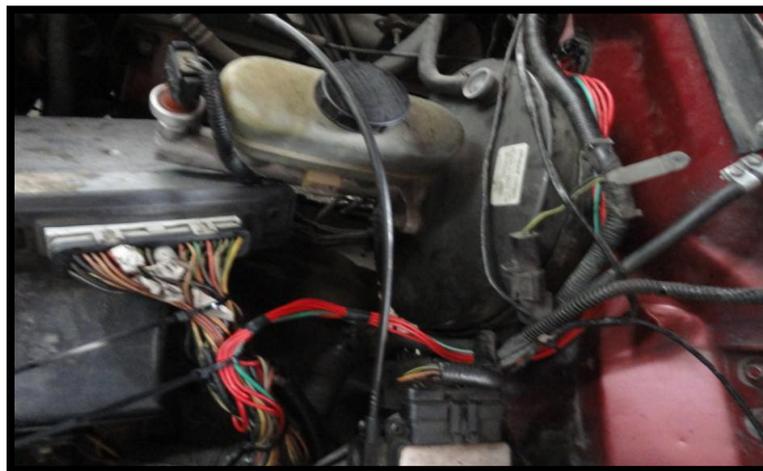


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.23:** Adquisición de las señales a partir de la ECM.

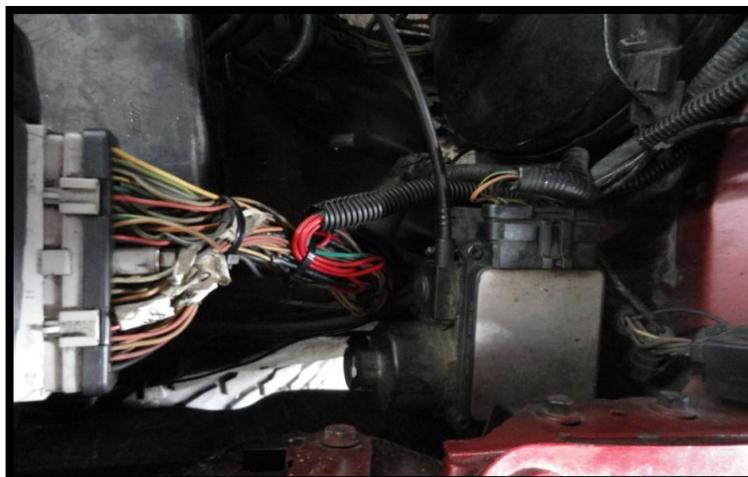
#### **4.7.4. PROTECCIÓN DEL ARNÉS DE CABLES**

La función del sistema en sí, es la de monitorear en tiempo real las señales que emiten los diferentes componentes del sistema de inyección electrónica, para lo cual se toma en paralelo las señales que ingresan a la ECM, por ende estos cables tienen que estar protegidos de las altas condiciones de trabajo a la cual se encuentra sometido el vehículo con el fin de evitar fallas en la lectura de las señales.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.24:** Constitución del arnés de cables de las señales adquiridas.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.25:** Forraje y protección del arnés de cables.

#### **4.7.5. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA**

La alimentación del sistema es de 12V que se toman desde la batería mediante un arnés de cables, el cual se encarga de llevar dicha tensión hasta el sistema para alimentar los diferentes subsistemas y elementos con los que cuenta el osciloscopio tales como el controlador digital de señales, el conversor análogo digital, la GLCD, etc. Claro está que este voltaje es previamente tratado y el sistema cuenta con las respectivas seguridades del caso.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.26:** Arnés de alimentación del sistema.

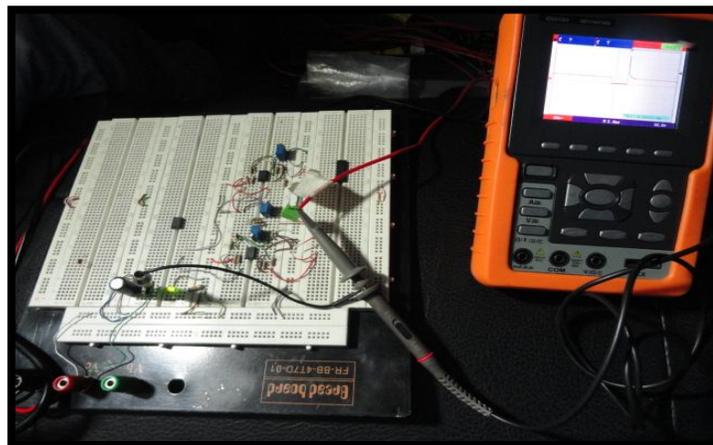


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.27:** Aislamiento del arnés de alimentación y de señales.

#### 4.7.6. SIMULACIÓN EN PROTOBOARD

Antes de realizar cualquier tipo de conexión fija o soldadura, se simula y se prueba el sistema en un protoboard junto a un osciloscopio marca OWON modelo HDS1021M para de este modo determinar fallas en los componentes electrónicos o errores de programación que pueden ser rectificados sin necesidad de volver a desmontar el dispositivo.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

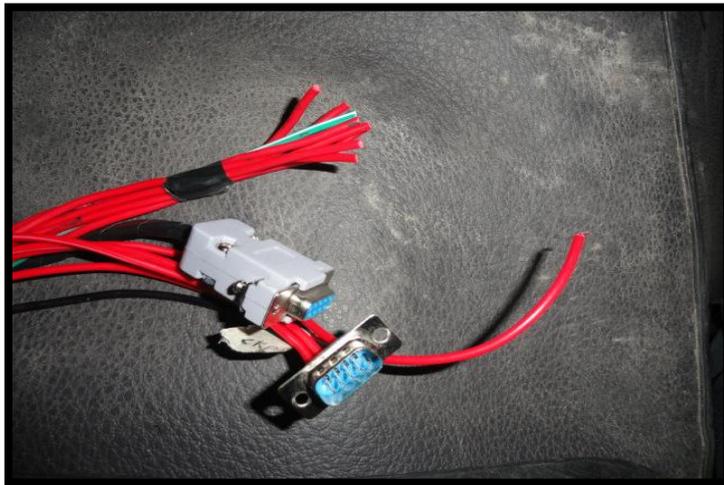
**Figura 4.28:** Simulación del osciloscopio en protoboard.

#### 4.7.7. MONTAJE INTERNO DEL OSCILOSCOPIO

Una vez que el sistema fue probado en el protoboard de manera exitosa, se pueden realizar sin ningún tipo de inconveniente las conexiones de cada uno de los elementos de las placas, para luego volverlos a probar de modo que el osciloscopio y cada una de sus opciones trabajen de manera correcta y al 100% de su capacidad. El primer paso del montaje corresponde a la conexión de los arneses de alimentación y adquisición de señales con sus conectores MOLEX respectivos.

##### a. Conector MOLEX

Se denominan MOLEX a los conectores internos de una computadora de escritorio o que intervienen en circuitos, sistemas de monitoreo y visualización. Su preferencia al utilizarlos se da debido a que brindan mayor amperaje que el que proveen los cables datos.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

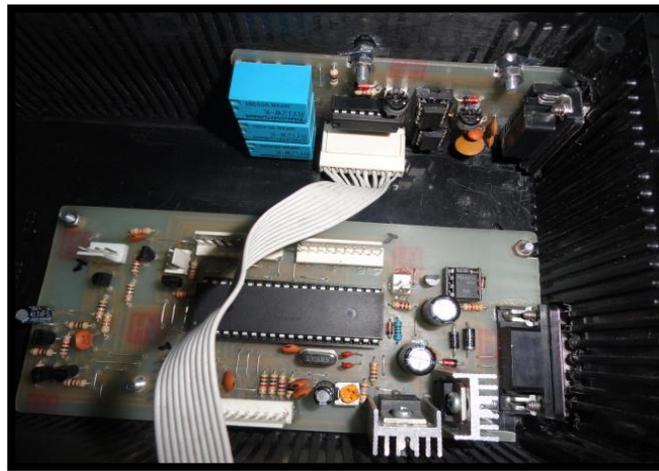
**Figura 4.29:** Soldadura de cada arnés con su respectivo conector MOLEX.

Naturalmente, existen dos tipos de conectores Molex, el primero de ellos es un conector macho y el otro es un conector hembra. Por lo general los conectores de

tipo macho se utilizan para bifurcar las salidas y dividir las en dos pero la mayoría de las veces están integradas a los PCB de los periféricos

#### 4.7.8. SOLDADURA DE LAS PLACAS

El sistema en si trabaja mediante placas, las cuales fueron diseñadas meticulosamente basándose en el diagrama esquemático general, de modo que al momento de conectar cada uno de los elementos no se presenten errores.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.30: Primera placa soldada del osciloscopio



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.31: Segunda placa soldada del osciloscopio

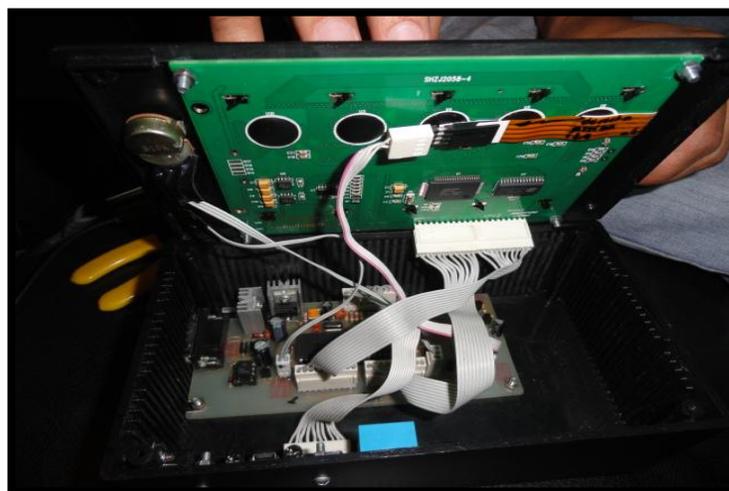
#### 4.7.9. CONEXIÓN DE LAS PLACAS SOLDADAS

Las placas soldadas a más de cumplir la función de permitir el monitoreo de las señales de sensores y actuadores cumplen otro rol importante como es el de permitir que las otras interfaces trabajen como son la interfaz de visualización, la interfaz de contacto y la interfaz de procesamiento de las entradas y salidas digitales.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.32:** Placa interna de la GLCD y el panel táctil.

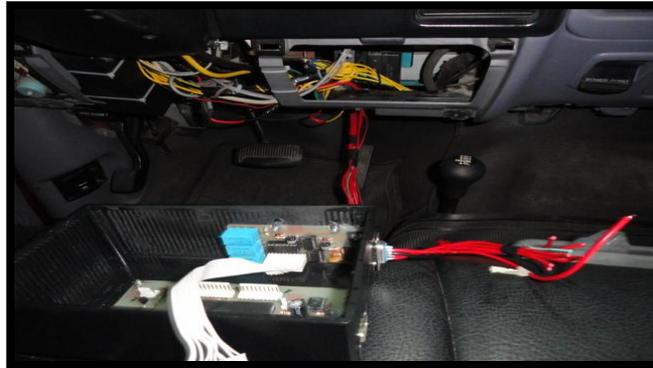


**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.33:** Unión de las placas soldadas con la placa de la touch screen.

#### 4.7.10. CONEXIÓN DE ARNESES AL SISTEMA

Posterior a la conexión de cada una de las placas se procede con la conexión de los arneses que corresponden a la alimentación del sistema y a la adquisición de señales de los elementos del sistema de inyección pre determinados para el estudio.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.34:** Conexión del arnés con las placas soldadas.

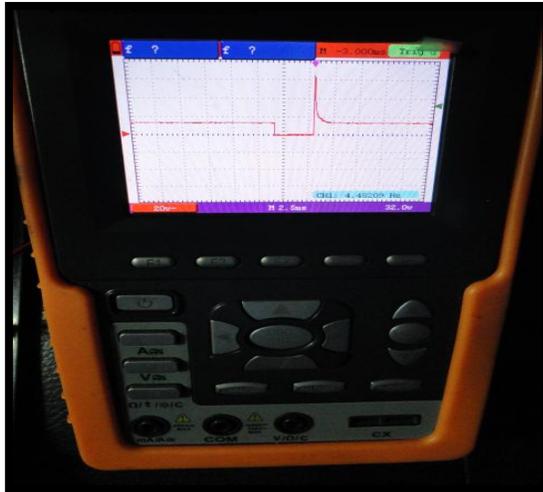
#### 4.7.11. SIMULACIÓN Y FASE DE PRUEBA

Una vez unida las placas y los respectivos conectores, el sistema ingresa en una nueva fase de pruebas mediante la cual estamos hábiles de detectar errores en el sistema o únicamente corregir ciertos detalles para que el osciloscopio trabaje sin problema y que todas las pantallas, gráficas y menús se visualicen de una manera clara en la GLCD.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.35:** Comprobación de las señales de sensores y actuadores



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.36:** Comprobación de la señal de un inyector.

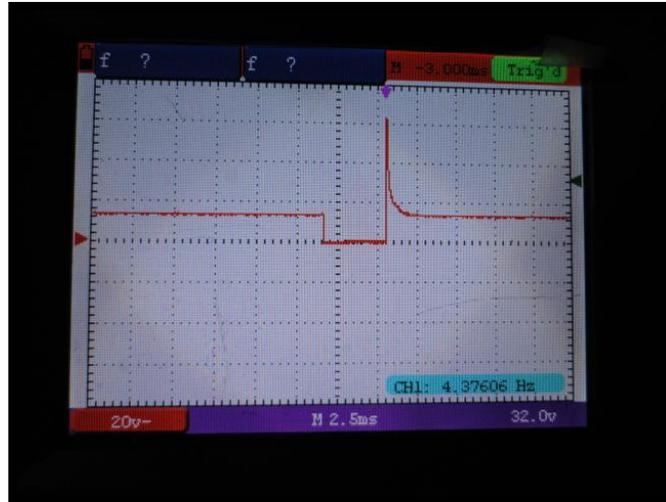
#### 4.7.12. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Después de que el sistema pasó nuevamente las pruebas de manera exitosa, y con la consigna de que trabaja correctamente, se procede a regular los divisores de voltaje, con el fin de reducir los voltajes de entrada para que estos no afecten a los componentes del sistema, y que así mismo el sistema pueda leerlos y graficarlos de mejor manera.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.37:** Calibración de los divisores de voltaje.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.38:** Comprobación de las calibraciones realizadas

#### 4.7.13. COMPROBACIÓN Y ENCENDIDO DEL SISTEMA

Cuando las calibraciones se han realizado de manera exitosa se sella el sistema mediante la colocación de la tapa plástica sobre la GLCD para finalmente proceder a encender el sistema y regular la luz de contraste de la pantalla mediante la perilla que se encuentra ubicada en el lado derecho.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.39:** Vista superior del osciloscopio



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.40:** Comprobación de la alimentación del sistema.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.41:** Regulación del contraste de la GLCD.

## **4.8. MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA EN EL VEHÍCULO**

### **4.8.1. CONTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y BASE DEL SISTEMA**

Una vez finiquitado el diseño y construcción del dispositivo de monitoreo gráfico, se procede al montaje del mismo en el interior de la cabina del vehículo Ford F-

150 Flareside. Para esto se construyó un pedestal metálico el cual va empotrado al asiento del vehículo mediante 2 pernos.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.42:** Construcción y fijación del soporte al sistema de osciloscopio.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.43:** Fijación del pedestal a la base.

#### **4.8.2. MONTAJE Y CONEXIÓN FINAL DEL DISPOSITIVO**

Una vez terminada el soporte y la base se monta el dispositivo sobre la base para que se sostenga y de igual manera se conectan los arnés con sus respectivas protecciones y sus tornillos de sujeción al equipo, en respuesta a esta conexión se

escucha un pitido que indica que el sistema está alimentado y listo para funcionar, solo hace falta arrancar el vehículo y empezar el proceso de monitoreo gráfico de cada una de las señales que emiten los componentes del sistema de inyección electrónica.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.44:** Conexión de los arneses al sistema.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.45:** Puesta en marcha del equipo.

#### **4.9. PRUEBAS**

Las verificaciones más importantes son las siguientes:

- Correcto funcionamiento de las interfaces utilizadas, así como la interacción adecuada y pertinente de estas con los microcontroladores.
- Apropia actualización de datos en tiempo real en la GLCD de acuerdo a las frecuencias de muestreo establecidas para cada elemento a ser analizado.
- Correspondencia lógica entre los valores medidos de cada uno de los elementos interventores y los valores calculados mediante las funciones de transferencia.
- Entrega exacta de voltaje desde los reguladores lineales hacia los dispositivos electrónicos que intervienen en el sistema.
- Respuesta acertada del microcontrolador maestro ante la presión de los botones virtuales, en el panel táctil.

Una vez superadas las principales verificaciones antes mencionadas y cumplido con el posterior montaje en el vehículo, se confirmó el correcto funcionamiento de todo el sistema en conjunto. Al ser un instrumento de monitoreo en tiempo real de señales digitales y analógicas, las pruebas consistieron en tomar datos ante distintas condiciones ambientales y de funcionamiento para luego realizar una exhaustiva comparación con las adquiridas desde instrumentos digitales similares de precisión aceptable.

Para las referencias de cada uno de los sensores e inyectores seleccionados para su análisis, se usó un osciloscopio automotriz digital marca OWON modelo HDS1021M.

Las muestras se tomaron con el vehículo encendido, para observar posibles fluctuaciones debidas a corrientes parásitas.

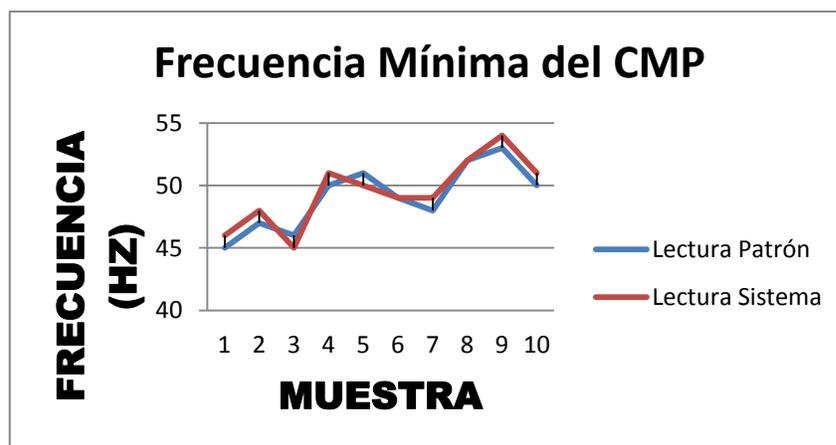
#### 4.9.1. MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL CMP

Para esta prueba el motor en funcionamiento se somete a dos tipos de cargas: carga mínima o ralentí para el análisis de las lecturas mínimas y a plena carga o con el pedal del acelerador a fondo para obtener los valores correspondientes a las lecturas máximas.

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (Hz)		LECTURA SISTEMA (Hz)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	45	283	46	282	2,222	0,353
2	47	284	48	283	2,128	0,704
3	46	285	45	286	2,174	0,000
4	50	284	51	284	2,000	0,352
5	51	288	50	287	1,961	0,347
6	49	289	49	288	0,000	0,000
7	48	286	49	285	2,083	0,699
8	52	285	52	286	0,000	0,702
9	53	283	54	283	1,887	0,707
10	50	284	51	285	2,000	0,704

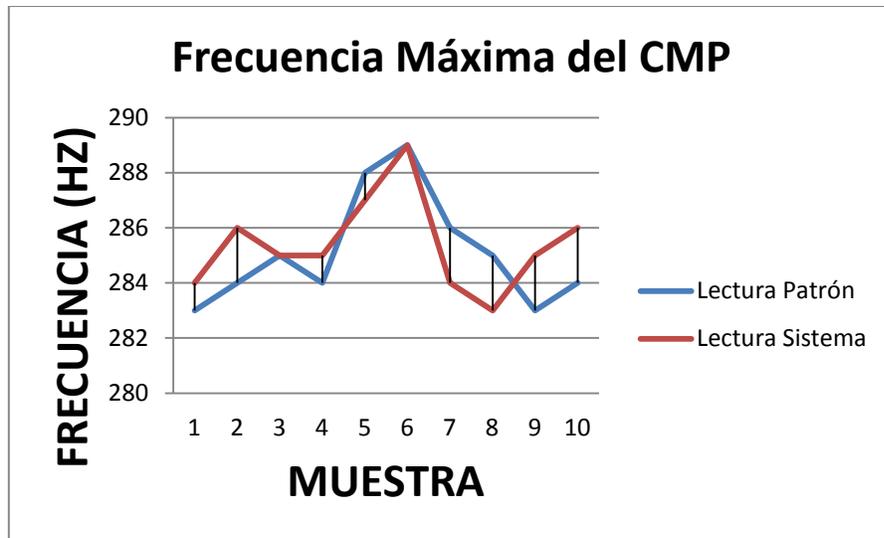
Fuente: Campaña D. – Morales W.

Tabla 4.3: Medición de la frecuencia de la señal del sensor CMP.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.46: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del CMP.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.47: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del CMP.

#### 4.9.2. MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL TPS

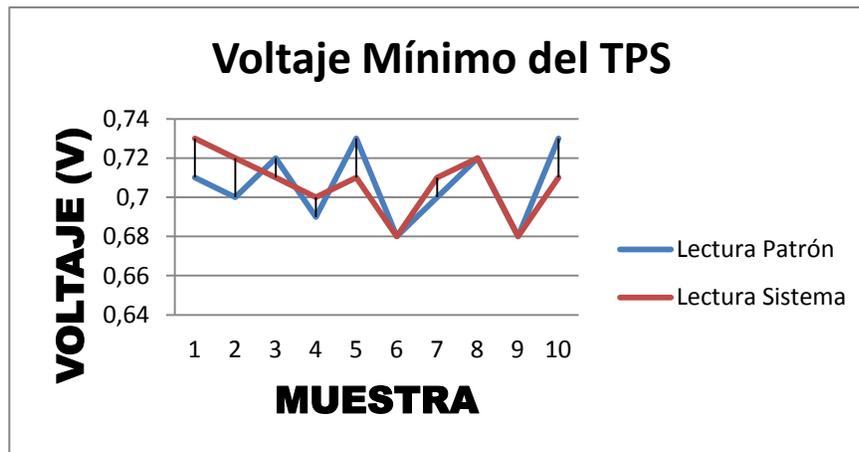
En esta prueba no es necesario que el motor esté en funcionamiento, basta únicamente colocar el switch de encendido en la posición de “contacto” e iniciar la prueba.

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (V)		LECTURA SISTEMA (V)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	0,71	3,65	0,73	3,67	2,817	0,822
2	0,70	3,68	0,74	3,66	2,857	0,543
3	0,72	3,70	0,71	3,68	1,389	0,541
4	0,69	3,66	0,72	3,65	1,449	0,273
5	0,73	3,67	0,69	3,64	2,740	0,817
6	0,68	3,64	0,70	3,68	0,000	0,000
7	0,70	3,66	0,72	3,69	1,429	0,273
8	0,72	3,70	0,74	3,65	0,000	0,541
9	0,68	3,69	0,73	3,67	0,000	0,000
10	0,73	3,68	0,71	3,68	2,740	0,272

Fuente: Campaña D. – Morales W.

Tabla 4.4: Medición del voltaje del sensor TPS.

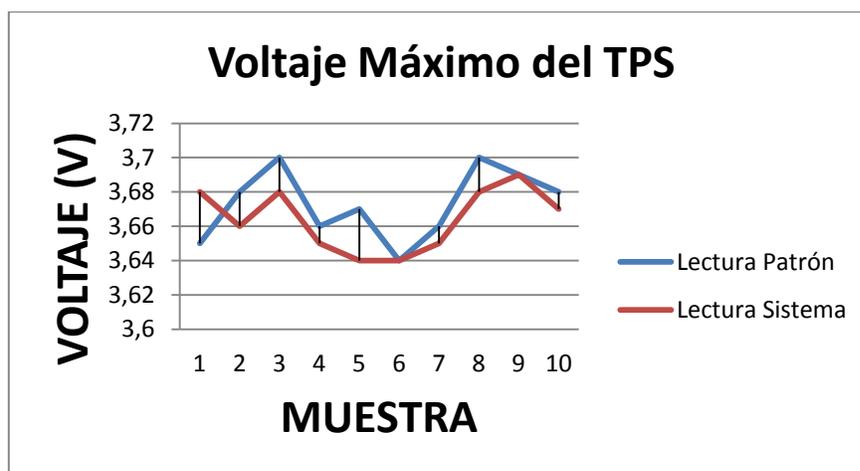
La condición para la primera parte de esta prueba es que la mariposa de aceleración este completamente cerrada por lo que el pedal del acelerador no debe someterse a ningún tipo de esfuerzo, es en este momento cuando se realice la lectura del voltaje mínimo.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.48: Curva de dispersión del voltaje mínimo de la señal del TPS.

Para la siguiente parte es necesario que la mariposa de aceleración cambie su posición de completamente cerrada a completamente abierta para lo cual se presiona el pedal del acelerador a fondo y se procede a leer el voltaje máximo.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.49: Curva de dispersión del voltaje máximo de la señal del TPS.

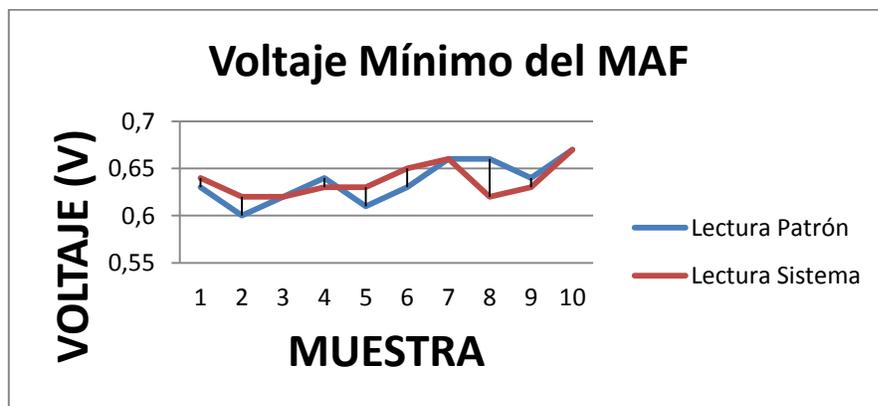
### 4.9.3. MEDICIÓN DE LA SEÑAL DEL MAF

La señal que emite el sensor MAF es una señal analógica al igual que el sensor TPS, pero requiere que el motor esté en funcionamiento para obtener los valores que genera el fenómeno físico del flujo de aire en el colector de admisión que posteriormente serán convertidos en un fenómeno eléctrico o dicho de otra manera en voltajes.

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (V)		LECTURA SISTEMA (V)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	0,63	3,73	0,65	3,75	1,587	0,000
2	0,60	3,75	0,62	3,74	3,333	0,267
3	0,62	3,77	0,64	3,76	0,000	0,265
4	0,64	3,76	0,63	3,77	1,563	0,532
5	0,61	3,74	0,66	3,78	3,279	0,535
6	0,63	3,73	0,68	3,75	3,175	0,536
7	0,65	3,71	0,65	3,76	0,000	0,539
8	0,66	3,70	0,62	3,73	6,061	0,811
9	0,64	3,72	0,63	3,72	1,563	0,000
10	0,67	3,75	0,67	3,74	0,000	0,267

Fuente: Campaña D. – Morales W.

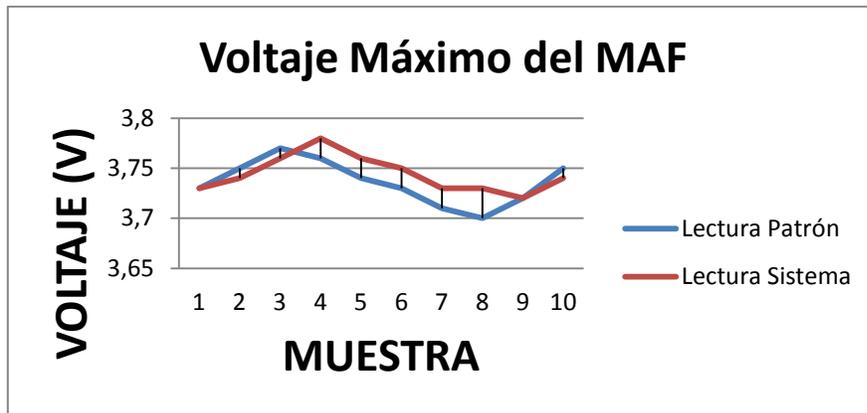
Tabla 4.5: Medición del voltaje del sensor MAF.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.50: Curva de dispersión del voltaje mínimo de la señal del MAF.

Al igual que en las pruebas anteriores el proceso para la medición de los valores mínimos como máximos es el mismo, con el motor en ralentí para luego llevarlo a sus máximas revoluciones



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.51: Curva de dispersión del voltaje máximo de la señal del MAF.

#### 4.9.4. MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE LOS INYECTORES

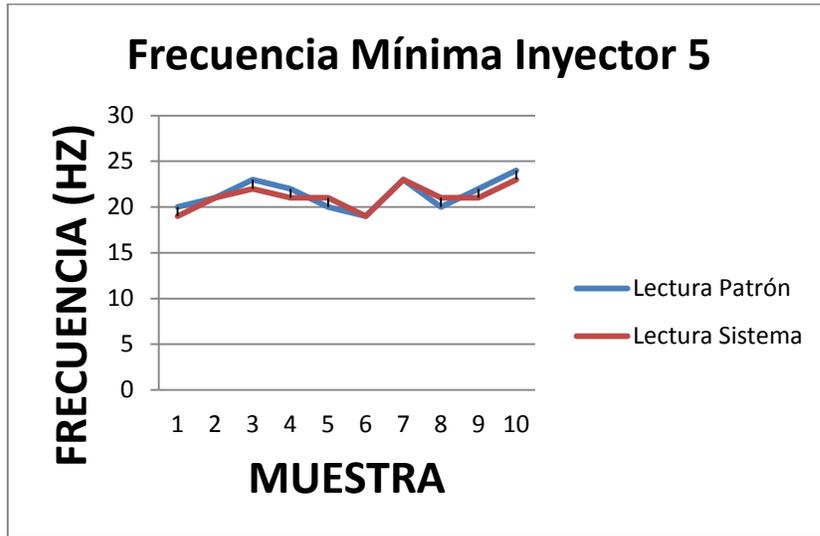
##### a. Medición de frecuencia en el inyector 5.

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (Hz)		LECTURA SISTEMA (Hz)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	20	39	22	38	5,000	5,128
2	21	36	21	39	0,000	0,000
3	23	37	24	40	4,348	2,703
4	22	40	23	37	4,545	2,500
5	20	38	25	38	5,000	0,000
6	19	41	22	39	0,000	2,439
7	23	39	20	40	0,000	2,564
8	20	37	21	38	5,000	0,000
9	22	40	24	36	4,545	2,500
10	24	39	20	37	4,167	2,564

Fuente: Campaña D. – Morales W.

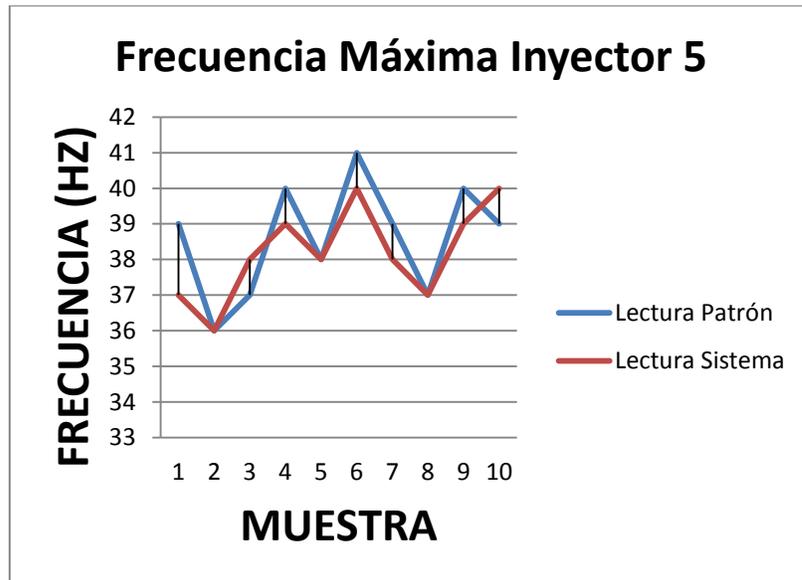
Tabla 4.6: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 5.

Los inyectores son actuadores que responden a las señales que les envía la ECM para que funcionen en lapsos establecidos, por lo tanto tienen un tipo de señal pulsante con determinada frecuencia. El proceso de prueba es relativamente el mismo con el motor trabajando a mínima y a plena carga.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.52: Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 5.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.53: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 5.

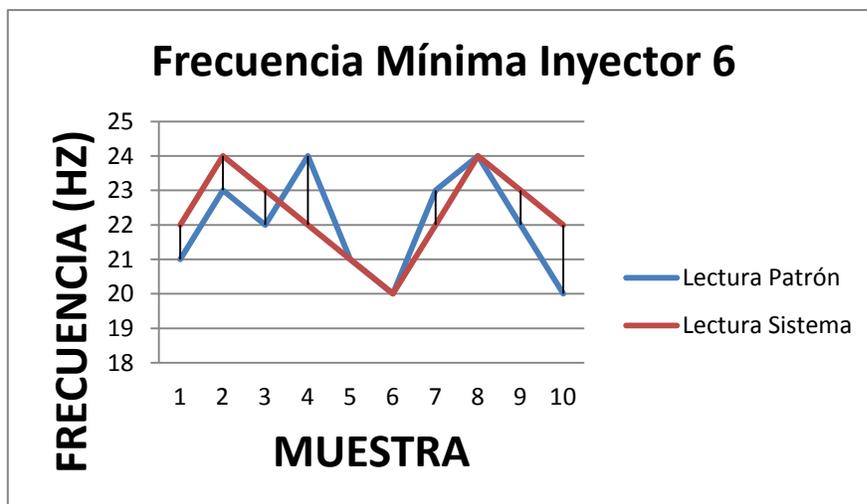
**b. Medición de frecuencia en el inyector 6.**

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (Hz)		LECTURA SISTEMA (Hz)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	21	38	22	40	4,762	5,263
2	23	36	24	39	4,348	2,778
3	22	40	23	41	4,545	0,000
4	24	37	20	41	8,333	2,703
5	21	41	21	38	0,000	2,439
6	20	38	22	37	0,000	2,632
7	23	36	20	39	4,348	0,000
8	24	37	24	40	0,000	2,703
9	22	40	23	38	4,545	2,500
10	20	39	22	36	10,000	0,000

Fuente: Campaña D. – Morales W.

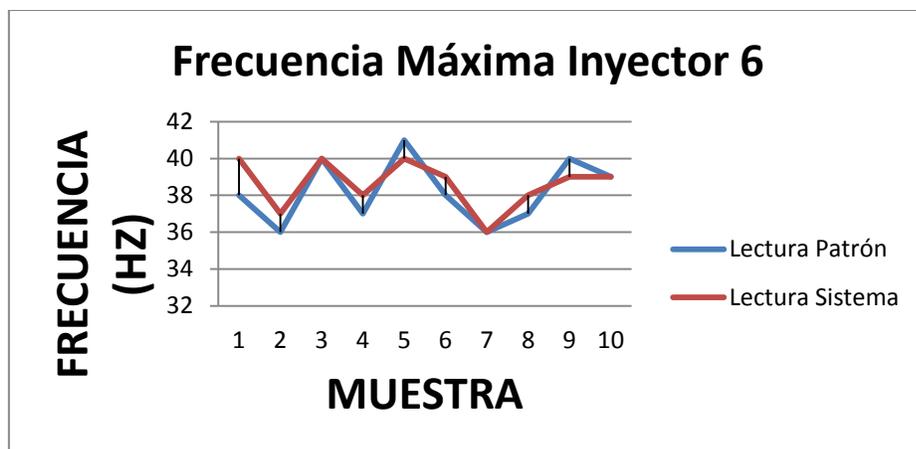
**Tabla 4.7:** Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 6.

La única pequeña diferencia es que al momento de aplicarle plena carga al motor debemos mantener el pedal del acelerador presionado por unos 2 o 3 segundos con el fin de que la lectura se estabilice y poder leerla de manera correcta.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.54:** Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 6.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.55: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 6.

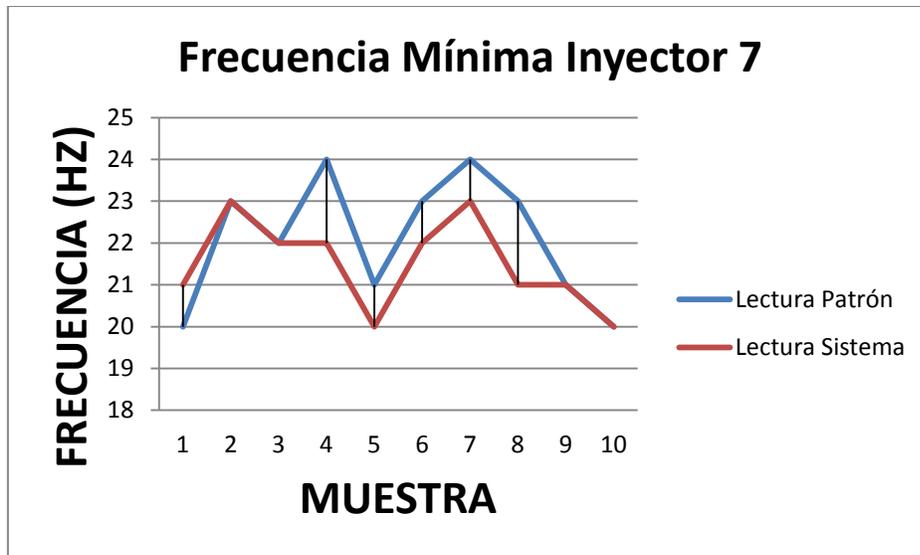
### c. Medición de frecuencia en el inyector 7.

El proceso de prueba de los inyectores se repite para todos los inyectores, y para garantizar la correspondencia de la señal con el inyector determinado se procedió a la desconexión del inyector que fue previamente analizado y probado.

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (Hz)		LECTURA SISTEMA (Hz)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	20	39	24	40	5,000	2,564
2	23	41	22	38	0,000	2,439
3	22	40	23	39	0,000	0,000
4	24	37	21	38	8,333	2,703
5	21	38	20	40	4,762	2,632
6	23	41	23	41	4,348	0,000
7	24	39	24	38	4,167	2,564
8	23	40	23	39	8,696	2,500
9	21	38	22	40	0,000	0,000
10	20	39	20	41	0,000	2,564

Fuente: Campaña D. – Morales W.

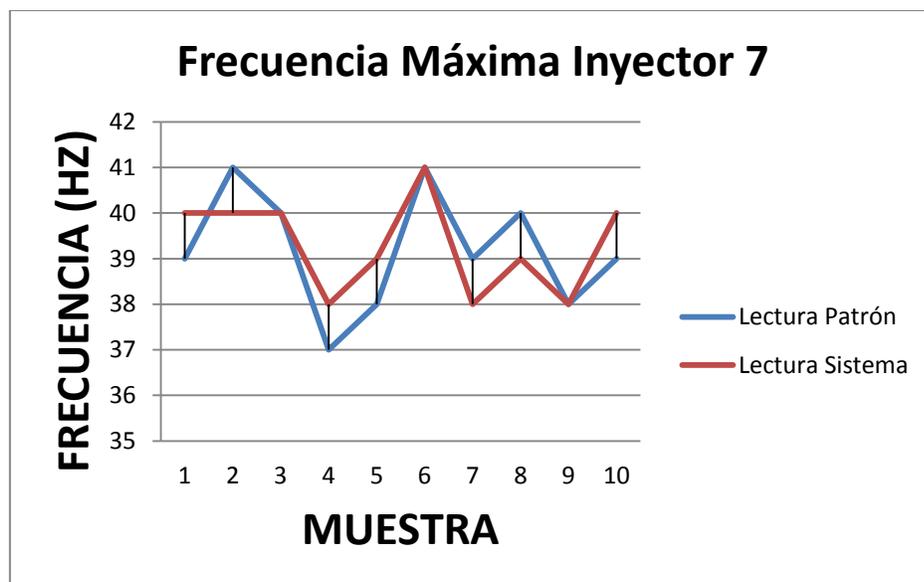
Tabla 4.8: Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 7.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.56:** Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 7.

Los inyectores trabajan bajo ciertas características de funcionamiento, y en este caso el vehículo disponía de 8 inyectores, por lo que es preciso alcanzar un rango alto de revoluciones del motor para poder apreciar la curva característica de un inyector.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.57:** Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 7.

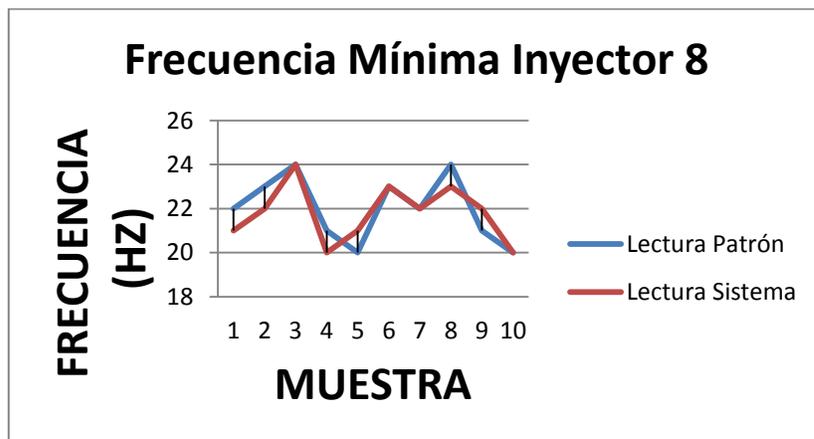
**d. Medición de frecuencia en el inyector 8.**

MUESTRA	LECTURA PATRÓN (Hz)		LECTURA SISTEMA (Hz)		ERROR (%)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	22	39	24	40	4,545	2,564
2	23	40	22	38	4,348	2,500
3	24	38	21	37	0,000	0,000
4	21	37	20	38	4,762	0,000
5	20	39	23	40	5,000	2,564
6	23	41	24	39	0,000	2,439
7	22	40	22	39	0,000	0,000
8	24	38	24	40	4,167	2,632
9	21	37	20	41	4,762	2,703
10	20	41	21	3	0,000	2,439

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

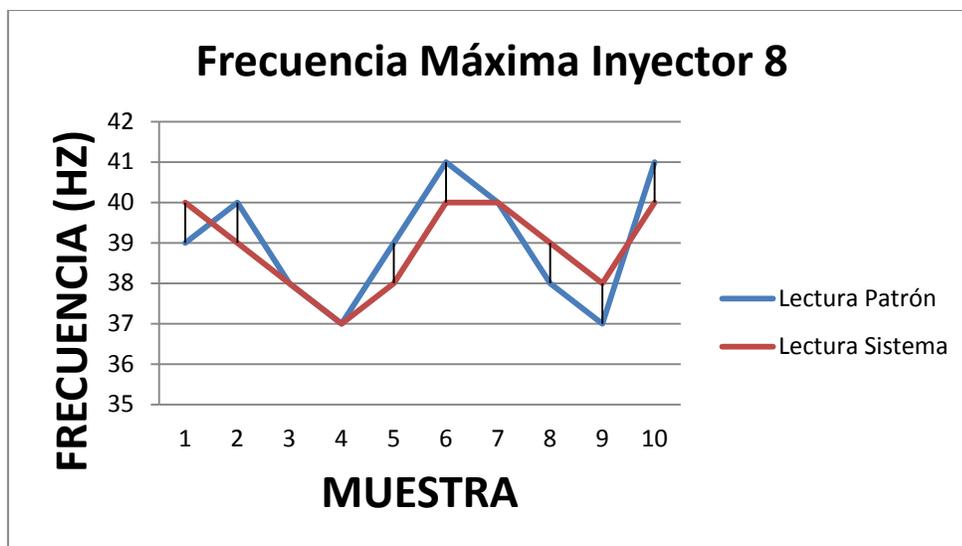
**Tabla 4.9:** Medición de la frecuencia de la señal del inyector número 8.

Por motivos de accesibilidad en el motor, se tomaron los inyectores 5, 6, 7 y 8 del vehículo para su análisis y monitoreo, todos ellos están ubicados en el ala izquierda de la “V” del block del lado del conductor.



**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Figura 4.58:** Curva de dispersión de la frecuencia mínima del inyector 8.



Fuente: Campaña D. – Morales W.

Figura 4.59: Curva de dispersión de la frecuencia máxima del inyector 8.

#### 4.9.5. DESEMPEÑO GENERAL DEL SISTEMA

VARIABLE MEDIDA	ERROR MÁXIMO (%)
Frecuencia Mínima del CMP	2,222
Frecuencia Máxima del CMP	0,707
Voltaje Mínimo del TPS	2,857
Voltaje Máximo del TPS	0,822
Voltaje Mínimo del MAF	6,061
Voltaje Máximo del MAF	0,811
Frecuencia Mínima del Inyector 5	5,000
Frecuencia Máxima del Inyector 5	5,128
Frecuencia Mínima del Inyector 6	10,000
Frecuencia Máxima del Inyector 6	5,263
Frecuencia Mínima del Inyector 7	8,696
Frecuencia Máxima del Inyector 7	2,703
Frecuencia Mínima del Inyector 8	5,000
Frecuencia Máxima del Inyector 8	2,703

Fuente: Campaña D. – Morales W.

Tabla 4.10: Error máximo para cada prueba ejecutada.

## **CAPÍTULO 5**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

#### **5.1. RECURSOS**

Con el propósito de analizar el aspecto técnico-operativo de este proyecto, se ha planteado este capítulo, mediante el cual se logrará comprender de mejor manera la operatividad del sistema en relación al funcionamiento del mismo, de igual manera se exponen los recursos tanto humanos, tecnológicos y materiales que son fundamentales para el desarrollo de la propuesta y por ende la puesta en marcha del proyecto en sí.

La planificación mediante el marco administrativo tiene como objetivo principal optimizar los recursos que se emplean para la construcción del proyecto, por lo que en este caso es sumamente necesario diseñar un plan y asegurarse de que este se cumpla a cabalidad.

##### **5.1.1. RECURSOS HUMANOS**

Para realizar el proyecto de tesis titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE”, la parte más importante constituyó la labor que nosotros, Diego Campaña y Washington Morales, desarrollamos en el campo investigativo tanto teórico como práctico. Además contamos con el asesoramiento profesional del Ing. Germán Erazo como Director quien promovió el desarrollo de nuevos métodos de investigación para revalorizar la información previamente obtenida para la puesta en marcha del proyecto y del Ing. Mauricio Cruz quién en calidad de Codirector facilitó cuantiosamente el trabajo.

### 5.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Con el objetivo de cumplir con las metas planteadas en una etapa previa al desarrollo del proyecto, fue necesaria la adquisición y utilización de diversos recursos tecnológicos como: osciloscopio digital marca OWON modelo HDS1021M, analizador de espectro, multímetro, cámara de fotos, computadoras, internet, libros, etc. Los que fueron de gran ayuda en lo que se refiere a tareas de investigación y presentación del proyecto.

No se puede pasar por alto el hecho de que cualquier recursos es válido en el amplio análisis de la tarea investigativa, pero es aquí cuando los investigadores juegan un papel de vital importancia al categorizar la información obtenida y brindarle a esta cierto nivel de relevancia al momento del desarrollo del proyecto en sí.

<b>SOFTWARE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
EAGLE	Editor de capas
MIKRO C DSPIC	Programador de microcontroladores
PROTEUS	Simulador de circuitos eléctricos y electrónicos
GLD EDITOR	Codificación de mapas de bits
SPECTRUM	Analizador de espectros

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Tabla 5.1:** Descripción del software empleado

### 5.1.3. RECURSOS MATERIALES

Entre los más representativos elementos que fueron necesarios para la materialización del proyecto están: motor de combustión interna, sistema de inyección electrónica de combustible, sistema de carga de la batería, reguladores

de voltaje, ECM, sensores, actuadores, batería, tanque de combustible, entre otros elementos más.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Sensor CMP</b>	<b>1</b>
<b>Sensor TPS</b>	<b>1</b>
<b>Sensor MAF</b>	<b>1</b>
<b>Inyector 5</b>	<b>1</b>
<b>Inyector 6</b>	<b>1</b>
<b>Inyector 7</b>	<b>1</b>
<b>Inyector 8</b>	<b>1</b>
<b>Módulo de control electrónico (ECM)</b>	<b>1</b>
<b>Batería del vehículo 12V</b>	<b>1</b>
<b>Tanque de Combustible</b>	<b>1</b>
<b>Alternador</b>	<b>1</b>
<b>Caja plástica para proyectos</b>	<b>2</b>
<b>Controlador DSPIC30F4011</b>	<b>1</b>
<b>Módulo GLCD 240x128 con BACKLIGHT</b>	<b>1</b>
<b>Panel táctil tipo resistivo</b>	<b>1</b>
<b>Relé de 12V</b>	<b>3</b>
<b>Placa de fibra de vidrio (incluida manufactura)</b>	<b>1</b>
<b>Regulador de voltaje LM317T</b>	<b>1</b>
<b>Cable automotriz (m)</b>	<b>20</b>
<b>Amplificador operacional LM358</b>	<b>2</b>
<b>Trimmer</b>	<b>3</b>
<b>Conectores MOLEX</b>	<b>10</b>
<b>Transistor BJT</b>	<b>7</b>
<b>Array ULN2003AN</b>	<b>1</b>
<b>Buzzer</b>	<b>1</b>
<b>Elementos de soldadura</b>	<b>1</b>
<b>Elementos varios (resistencias, capacitores y leds)</b>	<b>1</b>

**Fuente:** Campaña D. – Morales W.

**Tabla 5.2:** Descripción de recursos materiales empleados.

## 5.2. PRESUPUESTO

Para llegar a cumplir la meta prevista, fue necesario destinar ciertos valores económicos para la adquisición, implementación y utilización de ciertos elementos, a continuación se muestran dichos valores generados junto con su asignación, que sirvieron como control financiero del proyecto, al mismo tiempo que generará una idea de la inversión que se realizó.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Caja plástica para proyectos	2	5,00	10,00
Controlador DSPIC30F4011	1	10,00	10,00
Módulo GLCD 240x128 con BACKLIGHT	1	50,00	50,00
Panel táctil tipo resistivo	1	25,00	25,00
Relé de 12V	3	0,80	2,40
Placa de fibra de vidrio (incluida manufactura)	1	15,00	15,00
Regulador de voltaje LM317T	1	1,50	1,50
Cable automotriz (m)	20	0,50	10,00
Amplificador operacional LM358	2	1,00	2,00
Trimmer	3	0,50	1,50
Conectores MOLEX	10	1,20	12,00
Transistor BJT	7	0,25	1,75
Array ULN2003AN	1	1,00	1,00
Buzzer	1	1,00	1,00
Elementos de soldadura	1	5,00	5,00
Elementos varios (resistencias, capacitores y leds)	1	10,00	10,00
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>158,15</b>

Fuente: Campaña D. – Morales W.

**Tabla 5.3:** Costo de los componentes electrónicos del sistema digital.

### **5.3. FINANCIAMIENTO**

El financiamiento se presentó por parte de los realizadores del proyecto: Diego Campaña y Washington Morales.

### **5.4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO**

Tomando en cuenta que en la actualidad no existe un sistema en el mercado afín al diseñado, se estima una producción de alrededor de diez unidades que saldrán al mercado con un costo de doscientos cincuenta dólares americanos generándonos un margen de ganancia de noventa dólares americanos que justifica el porcentaje analizado en el proyecto.

El prototipo, al ser único en su clase, se presenta como una aplicación autotrónica novedosa y por lo tanto está en plena capacidad de ser difundida en el mercado de accesorios automotrices. Además, su naturaleza programable lo hace fácil de instalar en vehículos de distintas características.

El sistema tiene bajo costo en relación a su gran desempeño.

### **5.5. CRONOGRAMA**

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
1 ENTREGA DEL PLAN EN SECRETARIA	10 días	lun 27/06/11	vie 08/07/11	SRA SECRETARIA - SRS CAMPAÑA - MORALES
2 DESIGNACION DE COMISION PARA EL ESTUDIANTE	31 días	lun 11/07/11	lun 23/08/11	DIRECTOR DE CARRERA
3 APROBACION EN EL CONSEJO DE CARRERA	7 días	mar 23/08/11	mié 31/08/11	DIRECTOR DE CARRERA - MIEMBROS DEL CONSEJO
4 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA	43 días	jue 01/09/11	lun 31/10/11	SRS CAMPAÑA - MORALES
5 REVISION Y TUTORIA	4 días	mar 01/11/11	vie 04/11/11	ING ERAZO - ING CRUZ
6 DESARROLLO CAPITULO I EL PROBLEMA	31 días	lun 07/11/11	lun 19/12/11	SRS CAMPAÑA - MORALES
7 REVISION CAPITULO I	2 días	mar 20/12/11	mié 21/12/11	ING ERAZO - ING CRUZ
8 DESARROLLO CAPITULO II MARCO TEORICO	23 días	jue 22/12/11	lun 30/01/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
9 REVISION CAPITULO II	2 días	mar 31/01/12	mié 01/02/12	ING ERAZO - ING CRUZ
10 DESARROLLO CAPITULO III PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	25 días	jue 02/02/12	mié 07/03/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
11 REVISION CAPITULO III	2 días	jue 08/03/12	vie 09/03/12	ING ERAZO - ING CRUZ
12 DESARROLLO CAPITULO IV METODOLOGIA	33 días	lun 12/03/12	mié 25/04/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
13 REVISION CAPITULO IV	2 días	jue 26/04/12	vie 27/04/12	ING ERAZO - ING CRUZ
14 DESARROLLO CAPITULO V MARCO ADMINISTRATIVO	27 días	lun 30/04/12	mar 05/06/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
15 REVISION CAPITULO V	2 días	mié 06/06/12	jue 07/06/12	ING ERAZO - ING CRUZ
16 DESARROLLO ANEXO A DIAGRAMAS	7 días	vie 08/06/12	lun 18/06/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
17 DESARROLLO ANEXO B DISEÑO DE PLACAS	5 días	mar 19/06/12	lun 25/06/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
18 DESARROLLO ANEXO C MANUAL DEL USUARIO	5 días	mar 26/06/12	lun 02/07/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
19 DESARROLLO ARTICULO Y CORRECCIONES FINALES	2 días	mar 03/07/12	mié 04/07/12	SRS CAMPAÑA - MORALES
20 REVISION FINAL TEORICA	3 días	jue 05/07/12	lun 09/07/12	ING ERAZO - ING CRUZ
21 REVISION FINAL PRACTICA	2 días	mar 10/07/12	mié 11/07/12	ING ERAZO - ING CRUZ



## CONCLUSIONES

Finalizando el presente trabajo de investigación se pone a consideración las siguientes conclusiones y recomendaciones, a fin de que sean consideradas por quien utilice el presente como fuente de consulta:

- Se diseñó, construyó e implementó un osciloscopio a bordo de un vehículo Ford F-150 Flareside para el monitoreo gráfico en tiempo real de las señales emitidas por sensores y actuadores escogidos previamente.
- Se desarrolló una programación apta para el manejo exacto de cada uno de los controladores en cuanto a señales analógicas y pulsantes se refiere, mediante lo cual fue posible intervenir parámetros de referencia tales como la regulación de variables en los ejes, el encendido y alimentación del sistema, la posición de contacto y el escogitamiento de los canales a ser analizados y muestreados.
- Se elaboró un hardware basado en micro electrónica automotriz para el monitoreo de señales emitidas correspondientes al sistema de inyección electrónica de combustible del vehículo.
- El sistema presenta un desarrollo relativamente eficiente, debido a la calidad de herramientas que se vieron ocupados durante su construcción. El compilador MIKRO C DSPIC permitió la programación del firmware del microcontrolador con relativa facilidad mientras que el PROTEUS permitió realizar ciertas simulaciones del hardware y firmware. Además, empleamos el software llamado EAGLE que facilitó el diseño de los diagramas electrónicos.

- Se desarrollaron pruebas determinantes en el vehículo mediante el uso del sistema, las pruebas realizadas arrojaron resultados exactos y positivos que nos indican que el prototipo de nuestro sistema de monitoreo es sumamente confiable, versátil y su desempeño es alto.

## RECOMENDACIONES

- Al momento de la instalación del sistema tener mucha precaución con aquellos elementos del sistema eléctrico que se encuentren deteriorados, tales como batería, bornes, cables de batería y arranque, conexiones a tierra, etc. Ya que estos producen una alta caída del voltaje al momento de dar arranque el vehículo y el sistema tiende a reiniciarse.
- No exponer el sistema al fuego, agua o intemperie ya que al ser un dispositivo electrónico sus componentes pueden verse afectados parcial o totalmente.
- No usar líquidos de alta concentración química como alcohol para la limpieza de la pantalla de visualización, hacerlo únicamente con un paño seco y libre de grasas de una manera muy sutil.
- No exponer a temperaturas altas a los módulos de funcionamiento.
- La activación de los sistemas en la pantalla táctil debe ser de preferencia con la yema de los dedos y una fuerza mínima, evitar la manipulación o activación con objetos corto punzantes.
- De ser necesario un proceso de soldadura en cualquier parte del vehículo desconectar ambos terminales de la batería con el fin de evitar daños al sistema electrónico.
- Verificar que los voltajes de entrada del sistema sean adecuados.
- Conectar o desconectar el dispositivo únicamente con el vehículo apagado.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS:

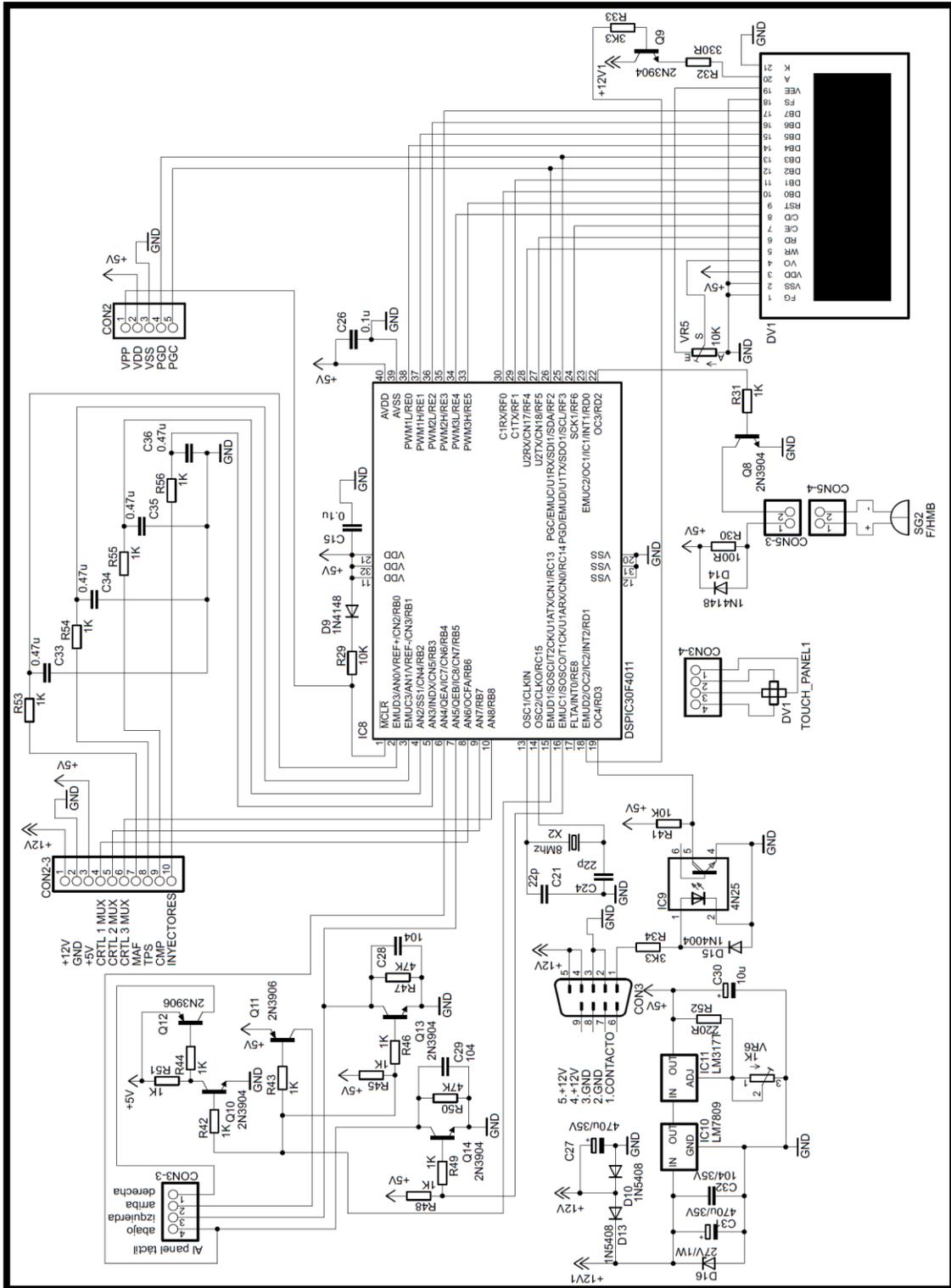
- BATES Martin (2006), Interfacing PIC Microcontrollers: Embedded Design by Interactive Simulation, Burlington MA 01803, USA: Elsevier.
- CROUSE William (1992), Equipo eléctrico y electrónico del automóvil, México: Alfaomega.
- IBRAHIM Dogan (2008), Advanced PIC Microcontroller Projects in C, Burlington MA 01803, USA: Elsevier.
- IBRAHIM Dogan (2006), Microcontroller Based Applied Digital Control, England: John Wiley & Sons.
- JOHNSON David (1995), Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Quinta Edición, México: Prentice-Hall Hispanoamérica S.A.
- MALVINO Albert Paul (2002), Principios de Electrónica, Sexta Edición, España: McGraw – Hill.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC (1997) Embedded Control Handbook, Arizona, USA: Microchip Technology Inc.
- MOMPIM José (1979), Electrónica y automática industriales, Barcelona, España: Marcombo Boixareu.
- RAMOS Guillermo (2000), Electrónica Digital y Circuitos Integrados, Pereira, Colombia: Compañía Editorial Tecnológica.

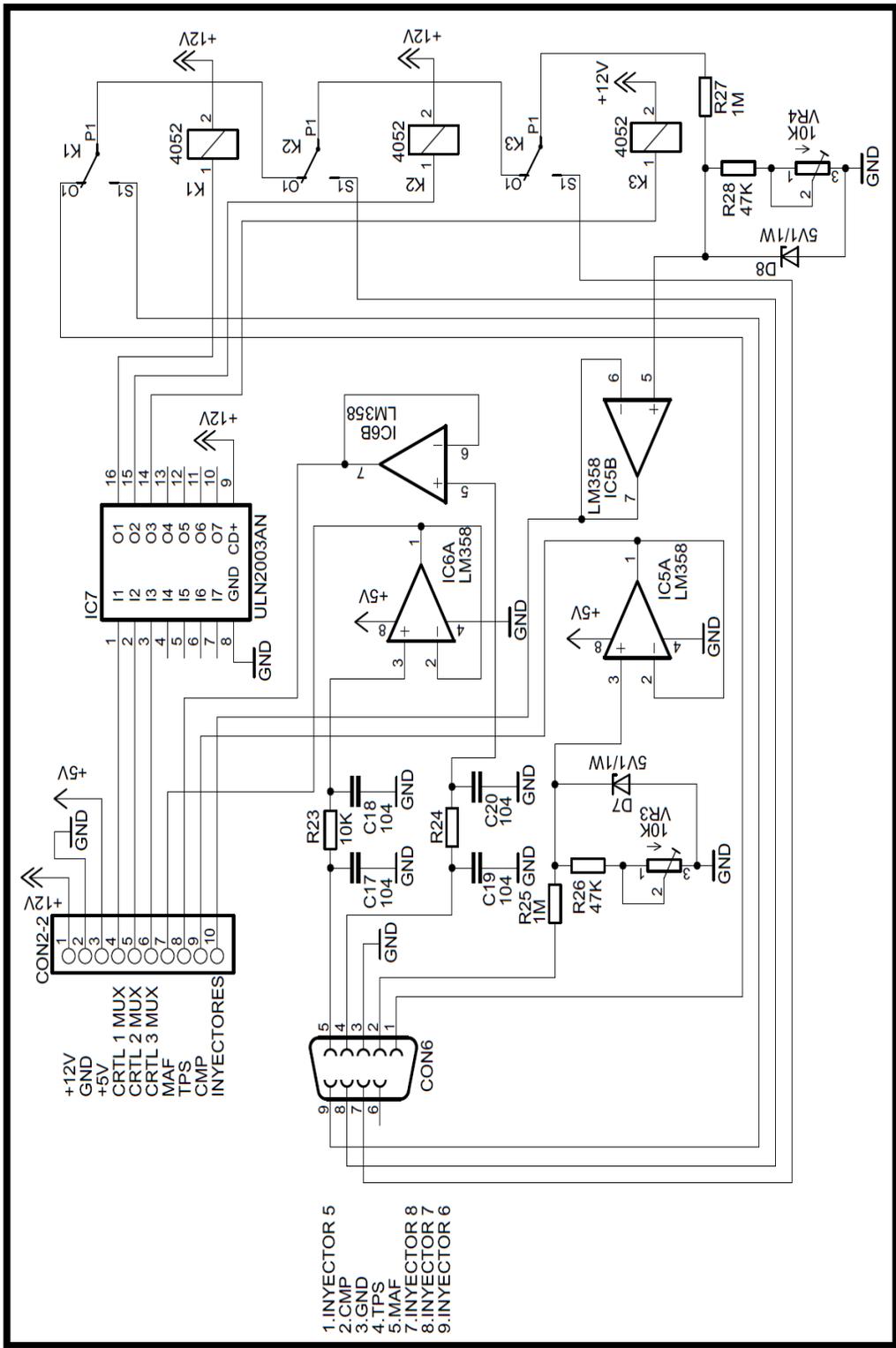
## NETGRAFÍA

- De acuerdo. Ahora necesitas una pantalla táctil. Mikroelektronika. (1995). Recuperado el 15 de Febrero del 2012 en <http://www.mikroelektronika.com>
- Descarga de manuales eléctricos de cualquier tipo de vehículo. (2000). FORD. Recuperado el 7 de Enero del 2012 en <http://www.eserviceinfo.com/index.php?what=search2&searchstring=FORD>.
- Página oficial de servicio y mantenimiento de vehículos Ford. (1995). FORD. Recuperado el 8 de Enero del 2012 en [https://www.fleet.ford.com/maintenance/owners\\_manuals/default.asp?Police=Y](https://www.fleet.ford.com/maintenance/owners_manuals/default.asp?Police=Y).
- Portal de descarga de hojas de datos de componentes electrónicos y semiconductores. (1998). Recuperado el 15 de Noviembre del 2011 en <http://www.datasheetcatalog.com/>

## **ANEXOS**

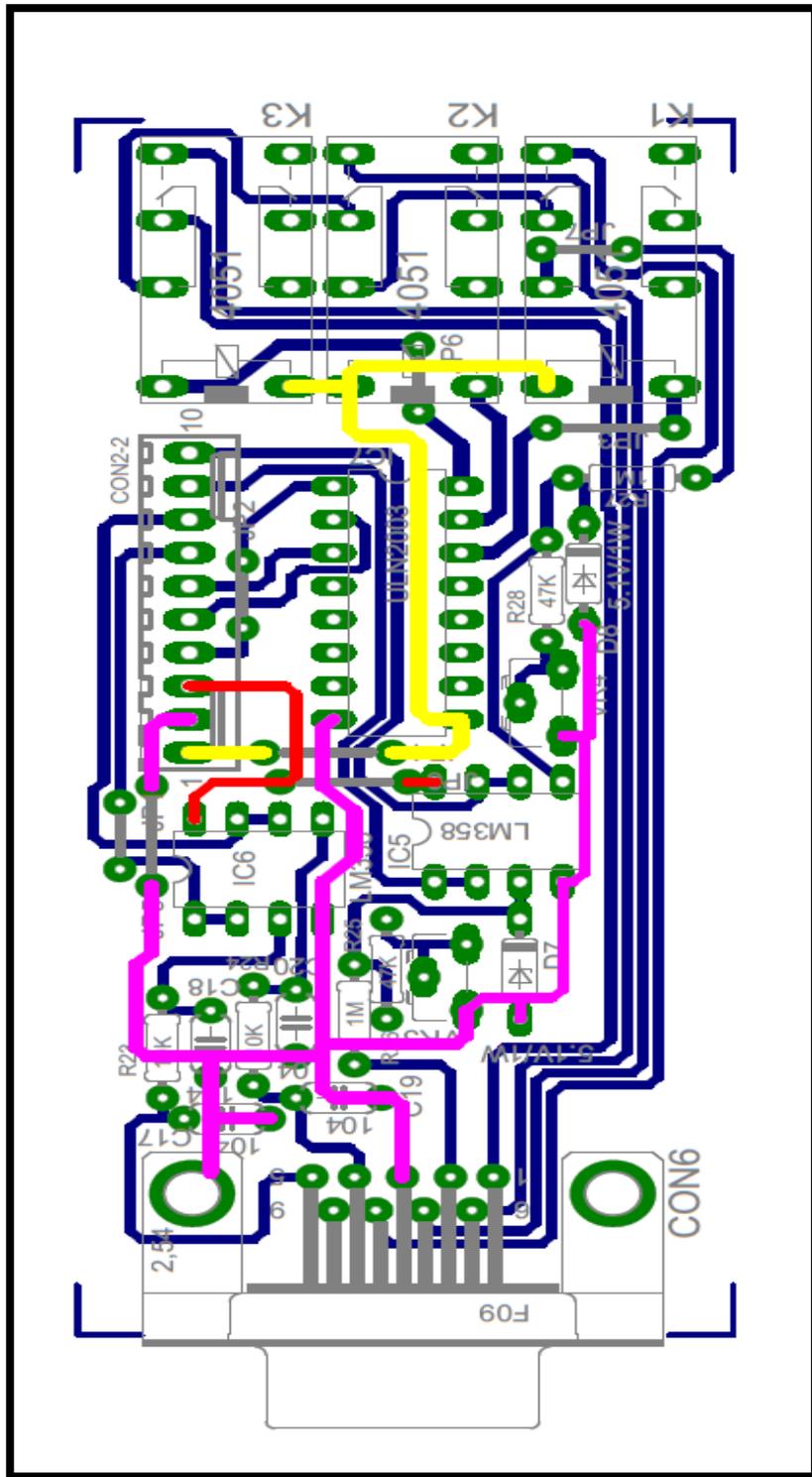
## **ANEXO “A”. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL**





**ANEXO “B”. DISEÑO DE LAS PLACAS DEL CIRCUITO  
IMPRESO**





## **ANEXO “C”. ARTÍCULO DEL PROYECTO**

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OSCILOSCOPIO A BORDO PARA MONITOREO DE SENSORES DE UN VEHÍCULO FORD F-150 FLARESIDE**

Diego Campaña  
Washington Morales  
Ing. Germán Erazo  
Ing. Mauricio Cruz

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Latacunga – Ecuador

E-mail: diego\_atecapsa@yahoo.com  
downfall\_angel316@hotmail.com  
wgerazo@espe.edu.ec  
cruz-mauricio@hotmail.com

## **RESUMEN:**

El presente artículo expone el proceso de diseño y construcción de un sistema de osciloscopio a bordo, el que se enfoca para un vehículo de marca Ford modelo F-150 Flareside fabricado en los Estados Unidos, con el fin de monitorear en tiempo real las diversas señales correspondientes a los sensores y actuadores que intervienen en el sistema de inyección electrónica de combustible, entre los que encontramos a los sensores CMP, TPS, MAF además de cuatro inyectores predeterminados, todo a

través de una pantalla táctil y una interfaz de comandos virtuales.

## **I. INTRODUCCION**

Conforme avanza el tiempo y el despunte tecnológico es cada vez mayor, los vehículos y sus sistemas en sí se vuelven cada vez más sofisticados y complejos, haciendo que las herramientas de diagnóstico se tornen totalmente obsoletas e inadecuadas para las demandas o requisitos de las nuevas tendencias tecnológicas en el mundo tuerca.

La fusión de la electrónica con el campo automotriz ha sido uno de los más grandes pasos hacia el desarrollo de vehículos con mayores prestaciones para el consumidor, pero así mismo, ha obligado a los fabricantes a diseñar nuevas herramientas para el manejo y mantenimiento de cada uno de los sistemas del vehículo.

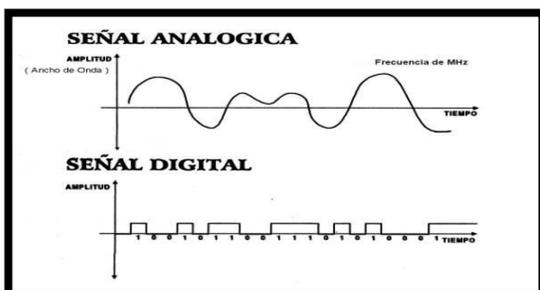


Figura 1. Señales digitales.

Durante décadas el osciloscopio ha sido uno de las herramientas de mayor efectividad en lo que se refiere al monitoreo de señales aplicadas a la ingeniería automotriz o a otro tipo de ciencias, por lo que su perfeccionamiento se ha mantenido en constante evolución.

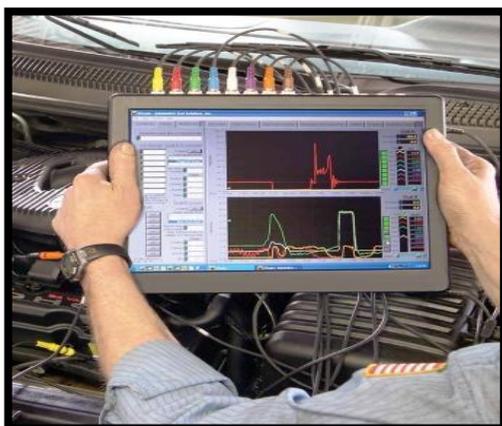


Figura 2. Osciloscopio automotriz.

La problemática en general de este tipo de herramientas portátiles es en ciertos casos el número limitado de canal o canales que disponen además de que son equipos que requieren determinada calibración en función de la señal a ser monitoreada, en la mayoría de casos estas calibraciones se las hace mediante perillas lo que genera dudas en los usuarios al momento de verificar las variables de funcionamiento del vehículo.

Debido a ésta problemática, se vio necesario el diseño e implementación de un osciloscopio a bordo para el monitoreo de sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica de combustible del automóvil, el cual cuenta con autorregulación para cada una de las señales monitoreadas y regido por comandos virtuales desplegados sobre un pantalla táctil, haciendo de éste un dispositivo que brinde confianza y seguridad al usuario.



Figura 3. Osciloscopio a bordo.

## II. PANTALLA GLCD

Es la encargada de la visualización de todas y cada una de las pantallas que se despliegan sobre ella, indicando de esta manera el comportamiento del programa en forma visual.

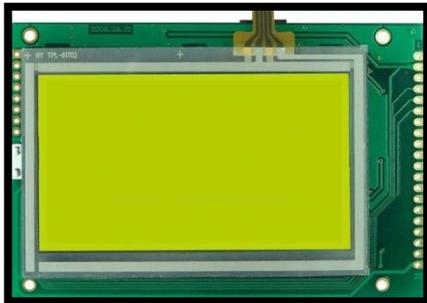


Figura 4. Pantalla GLCD

Esta pantalla cuenta con un controlador Toshiba T6963C que es el encargado de controlar y realizar todas las operaciones y procesos para la posterior visualización en la pantalla.

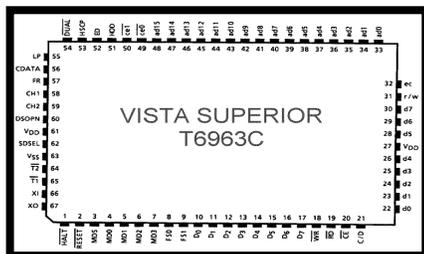


Figura 5. Controlador Toshiba T6963C.

## III. MICRONCONTROLADOR dspic30F4011

Es el encargado del procesamiento de todos y cada uno de los procesos tanto para la parte del sistema de

osciloscopio como para la parte de la visualización y la GLCD. Este pequeño dispositivo es el responsable de las operaciones que el programa requiere para su correcto funcionamiento.



Figura 6. Microcontrolador dspic30F4011

## IV. DESPLIEGUE DE MAPAS DE BITS

Para la visualización de las pantallas se han creado varios mapas de bits con los cuales se logra acceder a cada una de las pantallas del osciloscopio, así también sirven como base para la designación de las funciones de los comandos virtuales que se despliegan sobre cada mapa.

Estos mapas de bits aparecen antes, durante y después de la activación del equipo de osciloscopio, ya que una vez que la posición de contacto se verifique en el switch de ignición, el programa despliega un mensaje de bienvenida en la pantalla, el cual nos dice que el sistema ha comenzado a trabajar.



Figura 4. Pantalla de bienvenida.

Después de unos cuantos segundos, éste mensaje va a desaparecer dando lugar a la imagen de la pantalla principal de los diferentes sistemas, sobre la cual se despliegan los menús de comandos virtuales, los cuáles permiten el acceso a cada una de las opciones que están a la disposición del operario, tanto del osciloscopio como de la pantalla GLCD.

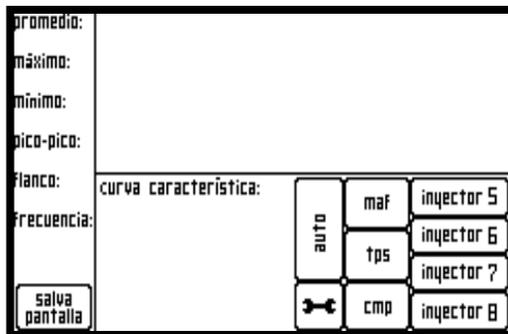


Figura 5. Menús de comandos virtuales

Mediante la activación de los diferentes comandos virtuales de las señales, podemos ingresar a nuevas pantallas para monitorear las señales adquiridas a través de la ECM.

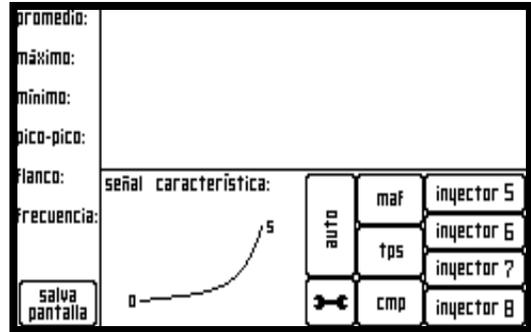


Figura 6. Mapa de bits para activación del TPS y MAF

El sistema nos permite el monitoreo tanto de señales pulsantes como de señales analógicas de cada uno de los componentes previamente escogidos.

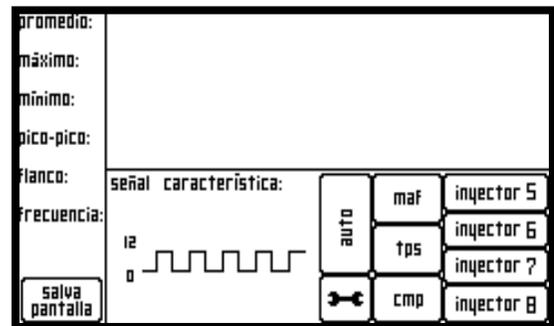


Figura 7. Mapa de bits para activación del CMP

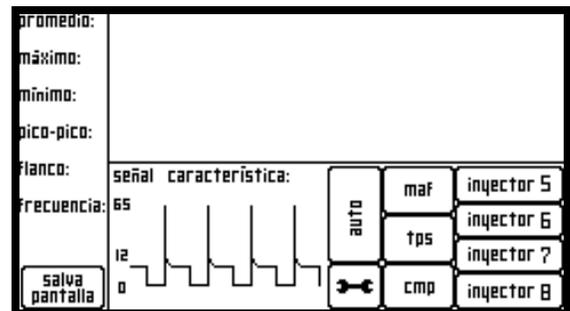


Figura 8. Mapa de bits para activación de los inyectores

A más del monitoreo de señales, el sistema ofrece una opción de salva pantallas en caso de inactividad.



Figura 9. Salvapantallas

## V. COMANDOS DE VISUALIZACIÓN

### AUTO

Permite visualizar las señales de manera rotativa y automática. Estas se proyectarán en forma ordenada y alternada, sin necesidad de hacer uso del resto del teclado virtual.



Figura 10. Comando Auto

### SALVAPANTALLA

Permite desplegar una imagen como protector de pantalla, de modo que en ciertos periodos de inactividad del sistema, el usuario pueda poner en stand by a todo el sistema.



Figura 11. Comando Salva Pantalla

### SALIR

Se activa en el salvapantallas, mediante su activación abandona el modo stand by haciendo que el osciloscopio empiece a trabajar.



Figura 12. Comando Salir

### AJUSTES

Permite delimitar el área de trabajo y situar las coordenadas al momento de tocar la touch screen.

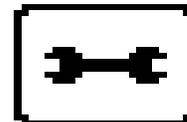


Figura 13. Comando Ajustes

## VI. COMANDOS DE MONITOREO

### MAF

Permite monitorear la señal del sensor de flujo de aire y sus respectivos parámetros de funcionamiento.



Figura 14. Comando MAF

El sensor MAF mide el flujo de aire que ingresa al vehículo a través del colector de admisión.

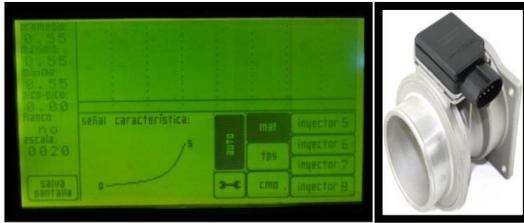


Figura 15. Monitoreo del sensor MAF.

### TPS

Permite monitorear la señal del sensor de posición de la mariposa de aceleración y sus respectivos parámetros de funcionamiento.



Figura 16. Comando TPS

Su función radica en registrar la posición de la mariposa enviando la información hacia la unidad de control.

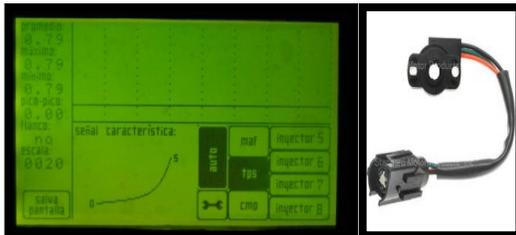


Figura 17. Monitoreo del sensor MAF.

### CMP

Permite monitorear la señal con respecto a la posición angular del motor y sus respectivos parámetros de funcionamiento.



Figura 18. Comando CMP

El CMP tiene como objetivo conocer la posición del árbol de levas enviando esta señal a la ECM.

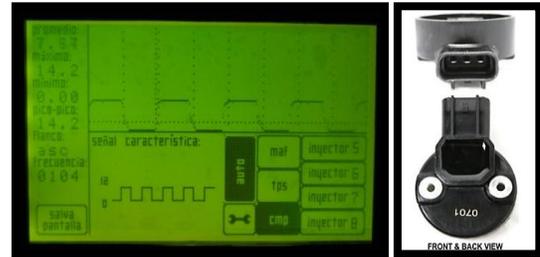


Figura 19. Monitoreo del sensor MAF.

### INYECTORES

Permite monitorear la señal de los diferentes actuadores del motor y sus respectivos parámetros de funcionamiento.

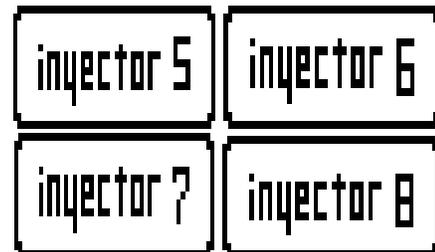


Figura 20. Comando Inyectores

Los inyectores son diseñados para entregar cantidades pequeñas y precisas de combustible hacia el múltiple de admisión

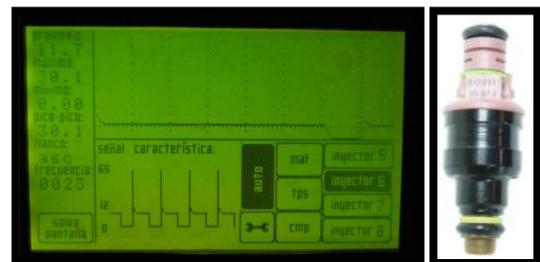


Figura 21. Monitoreo del sensor MAF.

## VII. PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA

Para configurar el sistema, debemos encender el vehículo, y presionar el comando ajustes ubicado en la parte inferior de la pantalla principal.

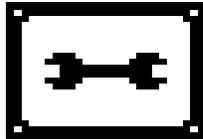


Figura 22. Comando de Ajustes

Una vez activado el comando de ajustes, aparecerá una nueva pantalla con determinadas instrucciones a seguir con el fin de llevar a cabo las respectivas calibraciones.

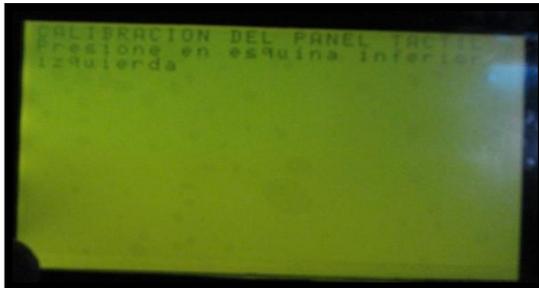


Figura 23. Calibración del panel táctil esquina inferior izquierda



Figura 24. Calibración del panel táctil esquina superior derecha

Después de llevar a cabo las instrucciones de manera exitosa, nos volverá a aparecer la pantalla principal con sus respectivos comandos.

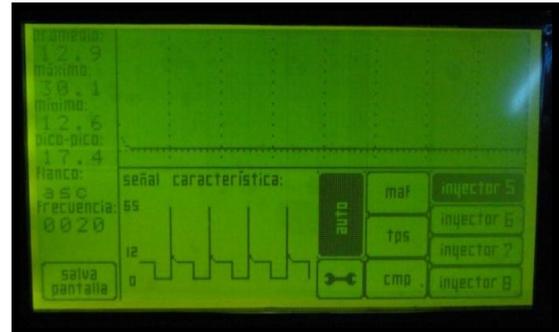


Figura 25. Pantalla Principal

## VIII. CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó e implementó un osciloscopio a bordo de un vehículo Ford F-150 Flareside para el monitoreo gráfico en tiempo real de las señales emitidas por sensores y actuadores escogidos previamente.
- Se desarrolló una programación apta para el manejo exacto de cada uno de los controladores en cuanto a señales analógicas y pulsantes se refiere, mediante lo cual fue posible intervenir parámetros de referencia tales como la regulación de variables en los ejes, el encendido y

alimentación del sistema, la posición de contacto y el escogitamiento de los canales a ser analizados y muestreados.

- Se elaboró un hardware basado en micro electrónica automotriz para el monitoreo de señales emitidas correspondientes al sistema de inyección electrónica de combustible del vehículo.
- El sistema presenta un desarrollo relativamente eficiente, debido a la calidad de herramientas que se vieron ocupados durante su construcción. El compilador MIKRO C DSPIC permitió la programación del firmware del microcontrolador con relativa facilidad mientras que el PROTEUS permitió realizar ciertas simulaciones del hardware y firmware. Además, empleamos el software llamado EAGLE que facilitó el diseño de los diagramas electrónicos.
- Se desarrollaron pruebas determinantes en el vehículo mediante el uso del sistema, las

pruebas realizadas arrojaron resultados exactos y positivos que nos indican que el prototipo de nuestro sistema de monitoreo es sumamente confiable, versátil y su desempeño es alto.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- BATES Martin (2006), Interfacing PIC Microcontrollers: Embedded Design by Interactive Simulation, Burlington MA 01803, USA: Elsevier.
- CROUSE William (1992), Equipo eléctrico y electrónico del automóvil, México: Alfaomega.
- IBRAHIM Dogan (2008), Advanced PIC Microcontroller Projects in C, Burlington MA 01803, USA: Elsevier.
- IBRAHIM Dogan (2006), Microcontroller Based Applied Digital Control, England: John Wiley & Sons.

## **ANEXO “D”. MANUAL DEL USUARIO**

El sistema cuenta con las características propias de un osciloscopio digital, a más de ciertas funciones y aplicaciones legítimas de un diseño nuevo e innovador, entre las que destacan la función de trigger, activación de salvapantallas y manejo a través de un panel táctil resistivo, etc.



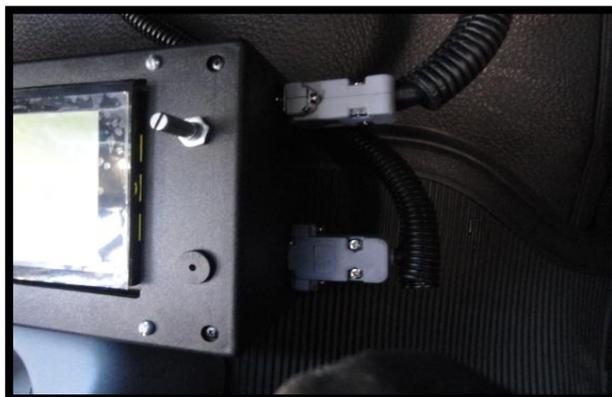
### **OBSERVACIONES:**

- a. **Para obtener a más de un buen desempeño, se recomienda usar únicamente un lápiz óptico para el manejo del teclado virtual, con el fin de alargar el tiempo de vida útil del sistema.**
  
- b. **El dispositivo debe estar colocado de manera fija y segura, de modo que los cables tanto de alimentación como de adquisición de señales no se encuentren sometidos a tensión ya que podrían romperse, afectar la zona del conector e incluso los pines de entrada.**

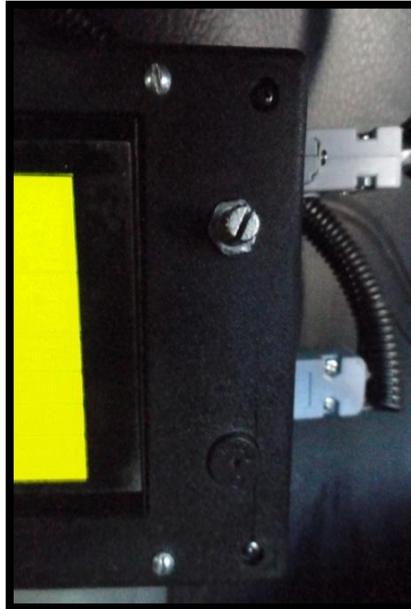


### **FUNCIONAMIENTO:**

Proceder a conectar y asegurar los cables de alimentación y adquisición de señales en los puertos de entrada ubicados en el lado derecho del osciloscopio mediante el uso de un destornillador plano, de modo que se mantengan fijos al dispositivo.



Una vez que los cables se encuentren asegurados se procede a encender el vehículo (el sistema empieza a trabajar una vez detectada la posición de contacto en el switch de encendido).



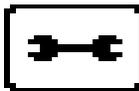
Cuando el vehículo haya encendido se puede observar una pantalla con un mensaje de bienvenida desplegado en la GLCD el cual al cabo de unos segundos va a desaparecer.



Luego de que el mensaje de bienvenida desaparece se despliega en la GLCD una nueva pantalla con varios comandos virtuales, imágenes precargadas e incluso con una columna de datos para medir los parámetros respectivos de las señales a ser monitoreadas. (Por default el comando activado es el INYECTOR 5).



Esta nueva pantalla muestra un menú con varios comandos virtuales a ser activados, pero el primer comando que se debe activar se refiere a la calibración de los voltajes referentes a la dimensión de la GLCD con la que se trabaja el dispositivo, por lo que es necesario antes de iniciar el trabajo, calibrar el sistema mediante la activación del comando de ajustes representado de la siguiente manera:

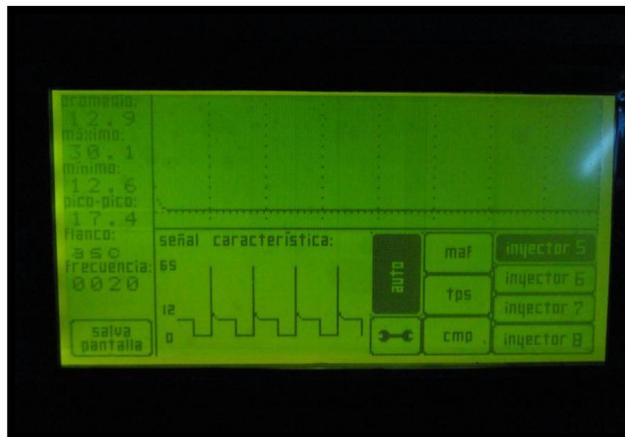


Una vez activado el comando de ajustes aparecerá una nueva pantalla con determinadas instrucciones a seguir con el fin de llevar a cabo las respectivas calibraciones. Con el uso del lápiz óptico dichas instrucciones son sumamente fáciles de realizar. La primera de ellas pide tocar la esquina inferior izquierda de la pantalla y la segunda nos pide tocar la esquina superior derecha de la pantalla. (En cada esquina se encuentra ubicado un pequeño punto que sirve de referencia al momento del tacto).





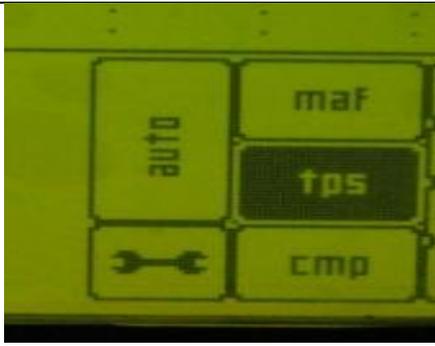
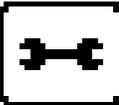
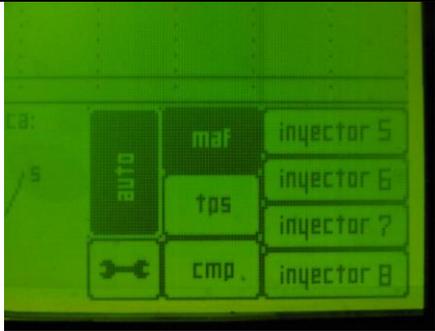
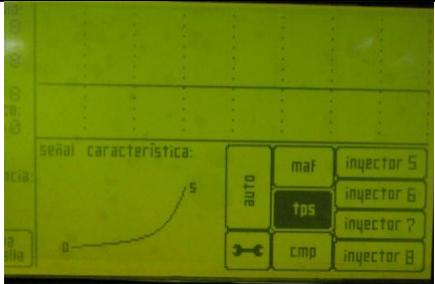
Después de llevar a cabo las instrucciones de manera exitosa se volverá a desplegar la pantalla principal con sus respectivos comandos.

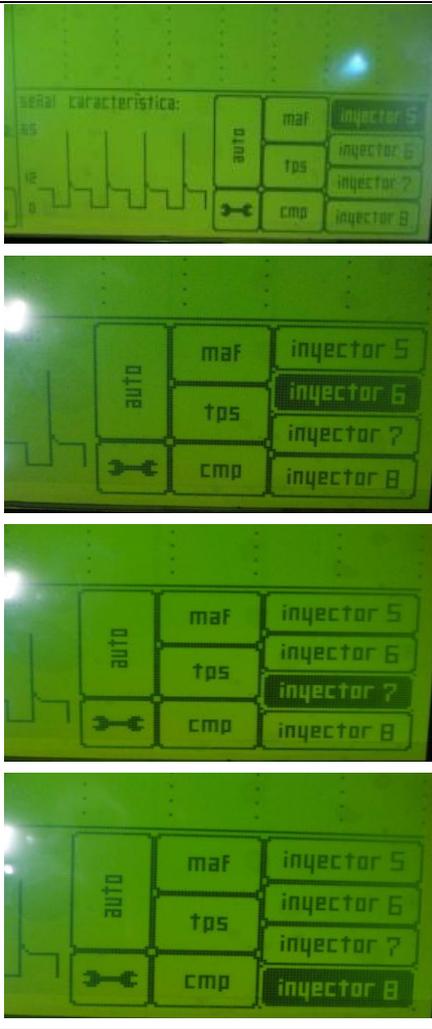


La pantalla principal es la ventana por la cual se accede al monitoreo de cada una de las señales establecidas previamente mediante el uso de los comandos virtuales. Solo hay que tocar el comando deseado y se podrá visualizar la señal que está siendo monitoreada con el dispositivo.



A continuación detallamos una lista de los comandos virtuales, su función y su posición en la pantalla principal.

Comando	Función	Imagen
	<p>Permite visualizar las señales de manera rotativa y automática. La visualización será de manera ordenada, de modo que la aparición de las señales sea alternada sin necesidad de hacer uso del resto del teclado virtual para su visualización.</p>	
	<p>Este comando permite desplegar una imagen como protector de pantalla, de modo que en ciertos periodos de inactividad el usuario pueda poner en stand by a todo el sistema mediante la activación de este elemento.</p>	
	<p>Debido a que el panel táctil determina las coordenadas de un pixel en la GLCD mediante la transformación de voltajes, este comando es necesario para delimitar el área de trabajo y por ende para situar las coordenadas al momento de tocar la touch screen.</p>	
	<p>A través de este comando virtual se activa la interfaz con respecto al monitoreo del sensor de flujo de aire en la cual podemos apreciar la forma de onda que nos genera este sensor y del mismo modo los parámetros respectivos de medición.</p>	
	<p>Este comando permite monitorear en tiempo real la señal analógica que genera que el sensor de posición de la mariposa de aceleración al igual que sus valores o magnitudes respectivos.</p>	

<div data-bbox="277 233 396 331" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>cmp</b> </div>	<p>Con la activación de este comando se puede visualizar la señal con respecto a la posición angular del motor. Esta señal es una onda cuadrada debido a la presencia de un sensor de efecto hall por lo cual la frecuencia y los voltajes sensados son de vital importancia durante su monitoreo.</p>	
<div data-bbox="277 562 396 661" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>inyector 5</b> </div> <div data-bbox="277 726 396 825" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>inyector 6</b> </div> <div data-bbox="277 890 396 989" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>inyector 7</b> </div> <div data-bbox="277 1054 396 1152" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>inyector 8</b> </div>	<p>Para el análisis y monitoreo de las señales de los principales actuadores del sistema de inyección como son los inyectores, se optó por escoger todos aquellos que se encontraban en una V del block. Mediante cualquiera de estos comandos virtuales se puede monitorear la señal que está emitiendo cada uno de los inyectores al igual que los valores de frecuencia y voltaje bajo los cuales están trabajando. Previamente se ha determinado escoger solo cuatro inyectores debido a la accesibilidad de los mismos para realizar pruebas a través de la conexión y desconexión de los mismos.</p>	
<div data-bbox="277 1591 396 1690" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>salir</b> </div>	<p>Cuando el salvapantallas se activa se despliega una nueva imagen en la cual se posee un solo comando virtual de SALIR. Mediante su activación se abandona el modo de stand by del osciloscopio para ponerlo a trabajar y a monitorear cada señal y parámetro nuevamente.</p>	



**Latacunga, Julio del 2012**

---

**Campaña Guevara Diego**

---

**Morales Rosales Washington**

**Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz**

---

**Ing. Juan Castro Clavijo**

**Secretario Académico**

---

**Dr. Rodrigo Vaca Corrales**