

BANCO PARA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL : DENSO , DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI.

Andrés Jácome¹ Diego López² Diego Salinas³ José Villavicencio⁴ Luis Mena⁵ Stalin Mena⁶

^{1,2,3,4,5,6} Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica , Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

email: kajacome@hotmail.com, juligan_lopez@hotmail.es, josedavid.villavicencio1989@hotmail.com, diego_salinas14@hotmail.com

RESUMEN

El presente artículo muestra el diseño mecánico y electrónico de un banco para comprobación de inyectores diesel Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI.

Se describen los parámetros a tomar en consideración durante el diseño mecánico y electrónico y en las pruebas de funcionamiento del banco de comprobación.

ABSTRACT

The present article shows the design of CRDI injector tester

Describe the parameters to take in mind throw the design and the results obtained driving test

I. INTRODUCCIÓN

El incremento del sector automotriz que incorpora para vehículos de trabajo liviano mediano y pesado , sistemas de inyección electrónica diesel (CRDI), nos lleva a buscar alternativas de desarrollo conjuntas con la Ingeniería Automotriz que respondan a brindar alternativas de diagnóstico y reparación técnica de inyectores Denso, Delphi y Bosch del sistema de inyección electrónica diesel CRDI .

Al ser un banco destinado a la comprobación y diagnóstico de inyectores CRDI , incorpora un conjunto motriz que al estar conectado a una bomba de alta presión asegura la succión de diesel desde el tanque y la generación de alta presión entregada al riel común , de donde se conectarán los diferentes inyectores , medidores y reguladores de presión.

Para el circuito electrónico se ha contemplado la incorporación de un módulo generador de pulsos electromagnéticos de apertura de los inyectores, a través del cual el técnico podrá ingresar parámetros de prueba para cada uno de los inyectores a ser diagnosticados.



Figura 1. Car-Cross monoplaza

II. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO GENERADOR DE PULSOS ELECTROMAGNÉTICOS

Para el diseño del módulo generador de pulsos electromagnéticos que permitirá la apertura de los inyectores se estableció subdividirlo en tres circuitos o placas que estarán configuradas para poder realizar el control y la generación de potencia necesaria para la apertura de los inyectores.

Estos tres circuitos han sido designados como:

a. CIRCUITO DE MANDO

Es el circuito impreso que incorpora un microprocesador capaz de generar pulsos de excitación a la bobina de los diferentes inyectores CRDI, para producir ciclos de inyección propios de cada tipo. Este microprocesador ha sido programado en un software especializado en programación industrial denominado ARDUINO.

Al trabajar con un cristal de cuarzo este microprocesador genera y controla oscilaciones que se transforman en los pulsos de apertura del inyector.

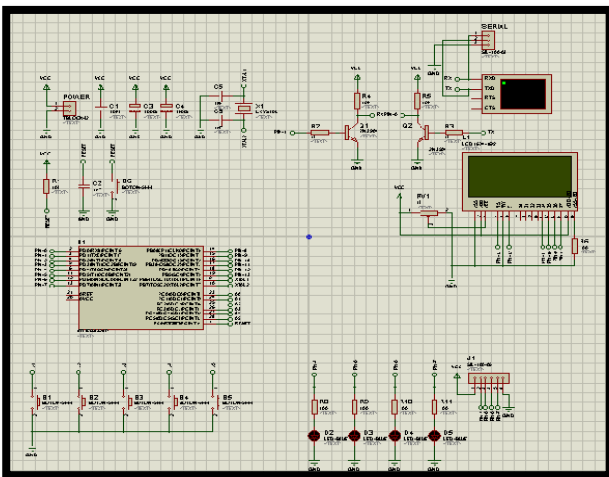


Figura 2. Circuito de mando – PROTEUS

A este circuito se han incorporado una serie de componentes electrónicos como: resistencias, transistores, pulsadores, condensadores y multiplexados; los cuales actuarán como

periféricos de entrada y salida de datos, de acuerdo a la actuación del microprocesador.

Este circuito recibirá únicamente una alimentación de cinco voltios continuos.

El esquema final en conjunto de todos los componentes acoplados a el circuito impreso es el siguiente:

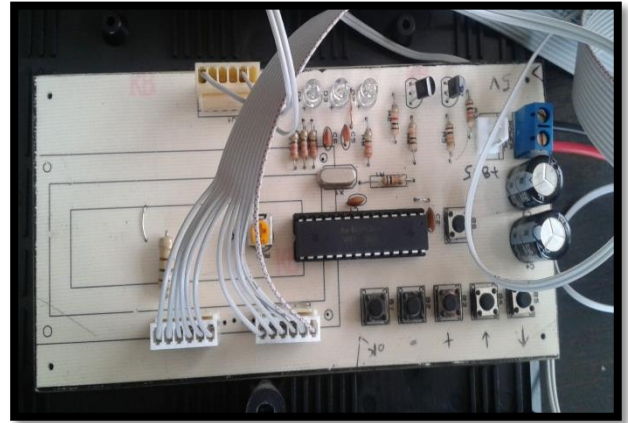


Figura 3. Circuito de mando

b. CIRCUITO ELEVADOR DE POTENCIA

Se alimenta con 12 V y esta a su vez tiene como objetivo elevar el voltaje a 110 V, pero cuando trabaja se estabiliza en 80 V, tiene un integrado 555 que actúa como oscilador para cargar y descargar los condensadores. Los 80 V serán transmitidos por el circuito de transferencia hacia los inyectores.

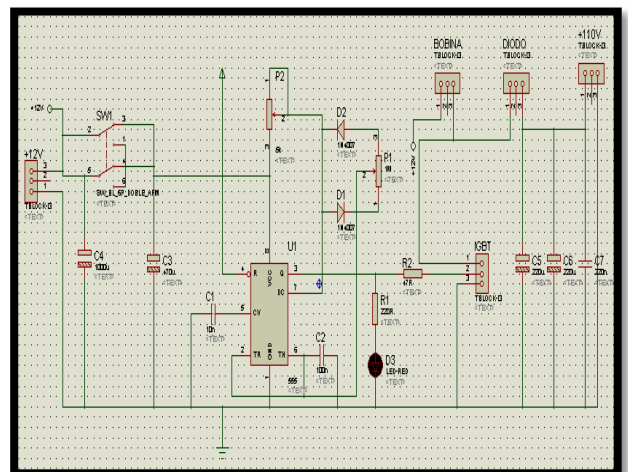


Figura 4. Circuito de potencia – PROTEUS

Una forma de comprobar si el circuito está funcionando es mediante la activación y desactivación del LED, el cual está conectado con una resistencia recibidora de pulsos, del circuito integrado 555. El esquema final en conjunto de todos los componentes acoplados al circuito impreso es el siguiente:

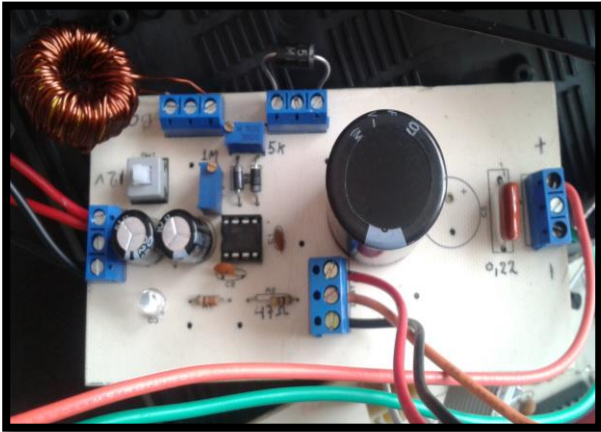


Figura 5. Circuito de potencia

c. CIRCUITO DE TRANSFERENCIA

Tiene una alimentación de 12 V, mediante el transistor MOSFET, se puede controlar el inyector, en este caso utilizaremos uno de 20 A y 500V, con el optocoplador se evita los picos de voltaje hacia la base del MOSFET.

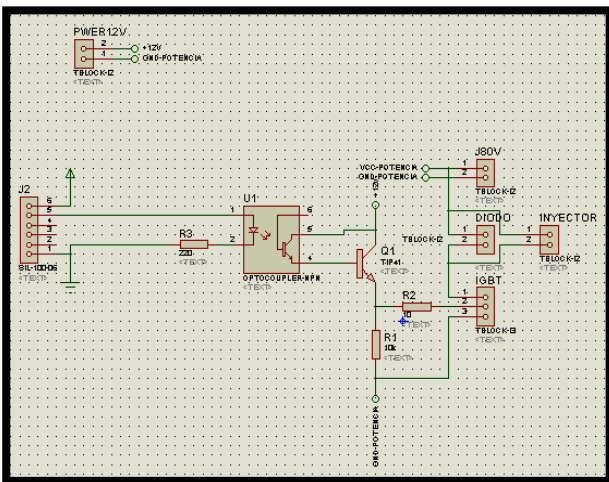


Figura 6. Circuito de potencia-PROTEUS

En el circuito la resistencia tienen el papel de proteger la base del MOSFET y del optocoplador, y finalmente el transistor amplifica las señales que recibe del PIC al MOSFET para poder tener control en los inyectores.

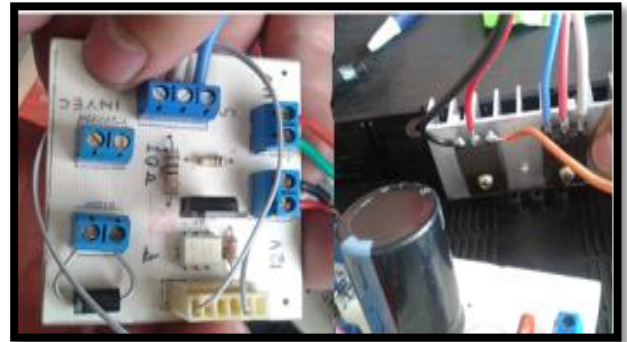


Figura 7. Circuito de potencia

III. CONEXIÓN CONJUNTA DEL MODULO ELECTRÓNICO.

Luego de realizar el diseño y la construcción de los diferentes circuitos que conformarán nuestro módulo, han sido ubicados holgadas y cuidadosamente en una carcasa de plástico, a la cual ha sido construida a medida y a la que hemos modificado de forma de poder ubicar cada uno de los controladores. La carcasa de plástico absorberá cualquier señal parásita que pueda afectar al buen funcionamiento del módulo.

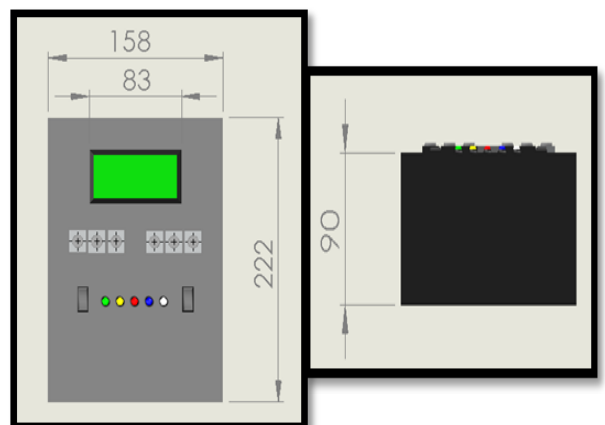


Figura 8. Dimensionamiento del módulo.

IV. FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO ELECTRÓNICO.

Como se mencionó anteriormente el técnico podrá ingresar datos indispensables para cada prueba a realizarse, los datos a ingresar en el módulo serán: **Número de repeticiones y Ciclo de trabajo (DUTY)**. El técnico deberá escoger el siguiente secuencia:

- Modo de operación : (2) "AUTOMÁTICO"
- Numero de repeticiones: "Num.Rep.". El técnico dispondrá del número de repeticiones pertinente y necesario para cada prueba.
- Periodo de trabajo: "Per.Trab.". El técnico dispondrá el número en porcentaje del ciclo de trabajo para cada inyector.
- Para iniciar la prueba pulsaremos el pulsador de OK, conjuntamente con el pulsador de selección ascendente.



Figura 9. Menú de selección modulo.

A parte de los datos ingresados como numero de repeticiones y ciclo de trabajo, el técnico también deberá tener presente los valores de presión en el riel y numero de la bomba , para ello se ha incorporado un manómetro y un variador de frecuencia que funcionaran equitativamente con el conjunto motriz.

V. PARÁMETROS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO MECÁNICO MOTRIZ GENERADOR DE PRESIÓN.

Este banco de pruebas simula a una bomba de inyección de accionamiento eléctrico - electrónico, que se utilizará con el fin de comprobar la presión de abertura de los inyectores y para verificar la calidad y la forma de pulverización del flujo de inyección.

Por lo tanto, para establecer los principales requerimientos para el diseño de un banco de ese tipo, es imprescindible recurrir a información de diversas fuentes.

Una de estas fuentes la constituyen los catálogos y métodos de ensayos de bancos similares existentes. Con base en estos, a continuación se establecen las características funcionales y partes principales del banco de pruebas.

- Presión máxima de inyección = 206 MPa (30000 psi)
- Capacidad del depósito de combustible = 22 galones (83 litros)
- Tubería de inyección para alta presión = cañería de acero ($D=6\text{mm}, d=2,4\text{mm}$)

VI. MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

Mediante el software *Autodesk Inventor 2012* y con la aplicación de sus diferentes comandos de sólidos disponibles en el mismo, se modelo en 3D todas las piezas que componen el banco comprobador

de inyectores para posteriormente realizar su ensamblaje, análisis y simulación.

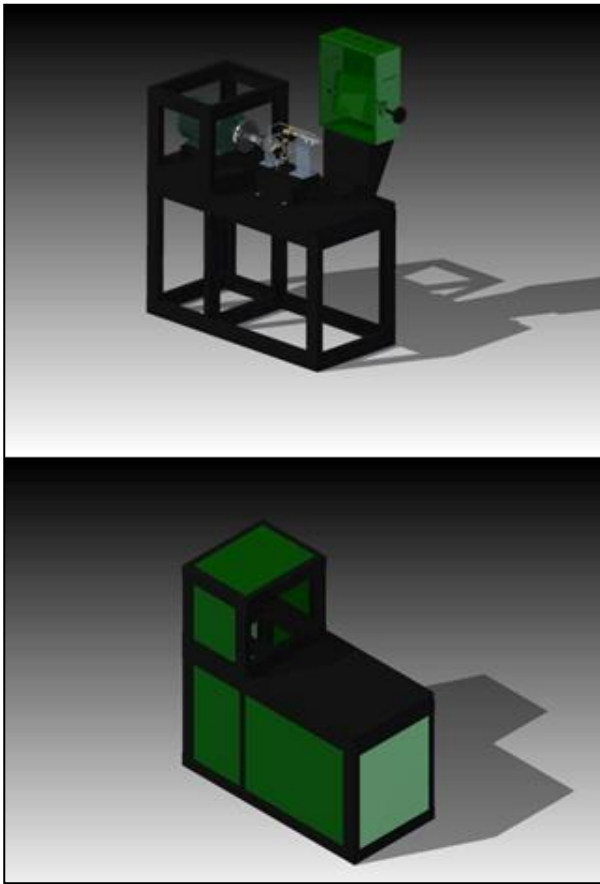


Figura 10. Diseño estructural.

Dentro del modelado 3D realizado para cada uno de los elementos constitutivos, se contempla el conjunto de simulaciones de esfuerzos Von Mises el cual servirá para generar un valor de factor de seguridad que pueda avalar el diseño.

Ya modelada la estructura procedemos a colocar las cargas correspondientes que son todos los pesos de cada elemento más el propio peso, allí procedemos a la simulación correspondiente en el software y obtenemos los siguientes resultados:

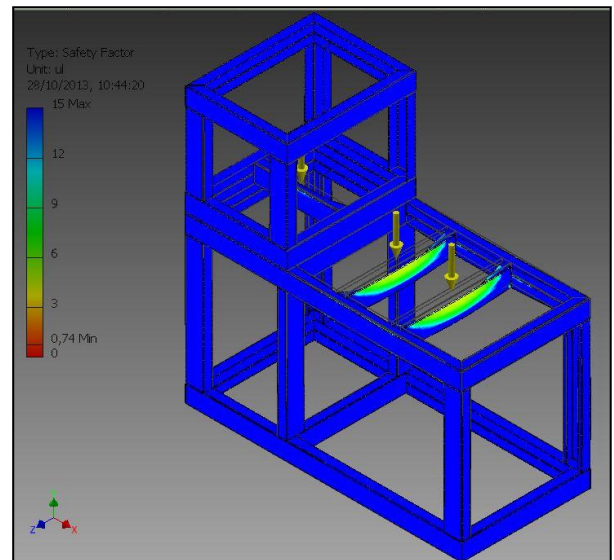


Figura 11. Distribución del factor de seguridad estructural.

El factor de seguridad máximo nos dio 15 lo cual indica que el diseño de la estructura es factible y podrá soportar las cargas que se le aplique.

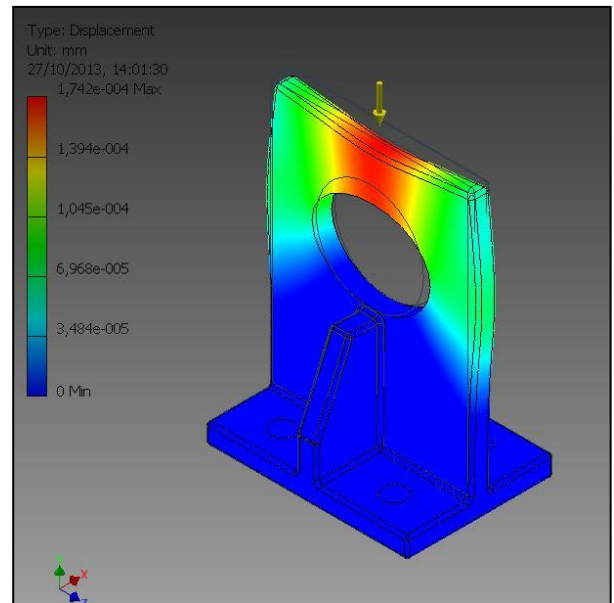


Figura 12. Distribución del factor de seguridad soporte bomba.

En la figura podemos observar el comportamiento del elemento luego de la simulación y nos da los valores:

Tensión mínima = 0 MPa

Tensión máxima = 0,4635 MPa

Estos resultados nos indican que el elemento podrá soportar con facilidad las cargas ya que el límite de fluencia es superior que la del resultado.

Para los resultados de deformación tenemos:

Deformación mínima = 0mm

Deformación máxima = 0,000174mm

En este caso el desplazamiento del material será excesivamente bajo por lo que el diseño es correcto.

Y como paso final vemos los resultados que nos da en el factor de seguridad:

Nos dio un factor de seguridad máximo de 15 el cual nos indica que el diseño es muy aceptable y soportara la carga a la que está sometido.

VII. CONSTRUCCIÓN DE LOS COMPONENTES

ESTRUCTURALES DEL BANCO.

Una vez realizado el proceso de diseño, modelado y simulación de cada uno de los componentes estructurales, y luego de escoger el material apropiado y eficiente para el diseño, que en este caso cumplía las siguientes características:

Tabla 1. Propiedades del acero ASTM A36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Densidad	7850	Kg/m ³
Límite de fluencia	32-36 (250-280)	Ksi (MPa)
Resistencia a la tensión	58 – 80(400-550)	Ksi(MPa)
Modulo de elasticidad	29 000	Ksi
% de elongación mínimo	20 (8")	%
Punto de fusión	1538	°C

Fuente: Ciencia de materiales, Selección y Diseño, de Pat L. Mangonon

Se procedió a la construcción de los diferentes componentes, dentro de este proceso, se implementó procesos industriales de corte, soldadora, y sujeción de componentes.



Figura 13. Construcción estructural.

Cabe mencionar que a la estructura de soporte se ha incorporado un variador de frecuencia el cual al estar conectado al motor trifásico, permite regular su revoluciones y por ende la embolada de entrega de la bomba de alta presión, este componente eléctrico recibirá alimentación de 220 V alternos y será controlado a través de un potenciómetro.

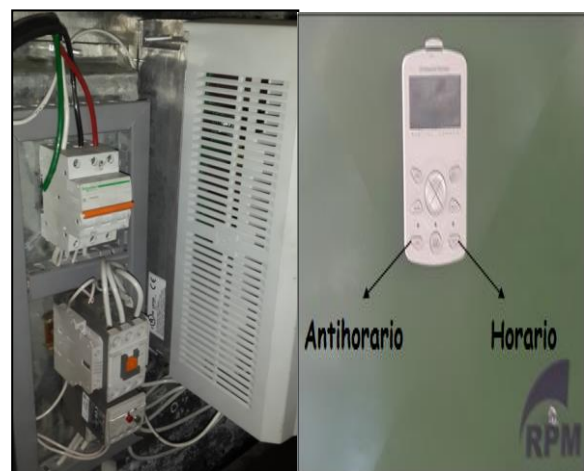


Figura 14. Variador de frecuencia.

Finalmente y luego de construir todos los componentes y acolarlos en conjunto, el resultado es el siguiente:



Figura 15. Banco CRDI.

Un conjunto motriz de alta presión conjugado con un circuito eléctrico y electrónico de control.

VIII. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento se ha realizado para cada uno de los inyectores CRDI : Denso, Delphi y Bosch .

Para cada uno se harán pruebas a ralentí y plena carga para determinar los volúmenes de entrega y retorno de cada inyector.

Mediante estos datos y al compararlos con los generados experimentalmente con inyectores nuevos y en un banco profesional el técnico, podrá generar un criterio de diagnóstico acerca del estado del inyector en prueba.

Para cada prueba se ha generado un registro acerca de los datos a ingresados y de los parámetros a ser medidos y constatado por el técnico , quedando así plasmados en la siguiente tabla de resultado :

Tabla 2. Tabla de resultados

INYECTOR	ENTREGA cc RALENTÍ	RETORNO cc RALENTÍ	ENTREGA cc PLENA CARGA	RETORNO cc PLENA CARGA
DENSO	<u>40% DUTY</u> 20 cc	<u>40% DUTY</u> 10 cc	<u>80% DUTY</u> 72 cc	<u>80% DUTY</u> 35 cc
DELPHI	<u>20% DUTY</u> 10 cc	<u>20% DUTY</u> 10 cc	<u>40% DUTY</u> 50 cc	<u>40% DUTY</u> 60 cc
BOSCH	<u>20% DUTY</u> 10 cc	<u>20% DUTY</u> 14 cc	<u>40% DUTY</u> 60 cc	<u>40% DUTY</u> 110 cc

Fuente: Autores

IX. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó el circuito electrónico y eléctrico del módulo comprobador de inyectores CRDI basado en tres "placas" o circuitos que han sido denominados: CONTROL, POTENCIA y TRANSFERENCIA, cada uno de estos circuitos permitirán a través del ingreso de datos, enviar pulsos electromagnéticos de ciclo de trabajo (DUTY) variable a los inyectores CRDI: Denso, Delphi y Bosch.
- Se programó el micro controlador de modulo usando un software especializado denominado ARDUINO 1.0.3, esto permitirá la conexión y funcionamiento conjunto de todos los circuitos de control y potencia incorporados en el módulo comprobador.

- *Se incorporó el modulo comprobador de inyectores al banco de pruebas, encargado de generar la presión necesaria para cada una de las evaluaciones en los diferentes inyectores CRDI .*
- *El acero ASTM 36 utilizado en la construcción de la estructura de nuestro banco brinda las mejores características tal como la resistencia, tensión, dureza, etc. Lo que nos ayuda a soportar los pesos de los componentes de un sistema CRDI, los esfuerzos producidos al momento de que el banco se encuentre en funcionamiento y así evitar su deformación.*
- *El centrado de la bomba de alta presión con el volante de inercia del motor trifásico debe ser preciso para evitar vibraciones y esfuerzos de torsión en el conjunto motriz al momento de giro.*
- *La válvula de alivio de presión en el riel controla que no exista una sobrepresión generada por la bomba de alta presión y así mantener constante la presión en el riel. Por lo que es indispensable su implementación.*

- BOSH Robert., “Sistema de inyección Diesel por acumulador Common Rail”, 3ª edición alemana, 2005, Pag. 24 a 52
- Thomas Floyd. (1996). *Dispositivos electrónicos (6ª ed.)*. México: Noriega Limusa ediciones.
- DAGEL, J. “Motores Diesel y sistema de inyección”, tomo 3, Limusa S.A, 1995, Capitulo 5-6
- BOSCH Robert., "Manual de la técnica del automóvil", 4ª edición española, 2005, Capitulo 3-4.
- Thomson. (2004). *Instrumentación electrónica (7ª ed.)*. México: Montytexto ediciones.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIOGRAFÍA.



Andrés Jácome, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz



Diego López, nació en Ibarra, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz



Diego Salinas, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.



José Villavicencio, nació en Loja, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.



Luis Mena, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, sus estudios universitarios los realizó en la EX-URSS Universidad "Amistad de Los Pueblos" de MOSCÚ, Facultad de Termodinámica y Motores Térmicos, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1989, Imparte servicios de asesoramiento capacitación en Diseño, Construcción y Mantenimiento en Motores de Combustión Interna Diesel-Gasolina



Jorge Stalin Mena, nació en Ambato, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, es docente tiempo parcial en la universidad de las fuerzas armadas-ESPE desde el 2008. Imparte servicios de asesoramiento, capacitación en el ámbito automotriz, compartiendo sus conocimientos teórico práctico a los estudiantes y promulgando la investigación científica y la vinculación con colectividad.

Registro de publicación
Fecha recepción 03 Diciembre 2013
Fecha aceptación 04 Diciembre 2013
Revisado por: Luis Mena
Stalin Mena.

|



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA