

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ**

**Tesis previa a la obtención del**

**Título de Ingeniero**

**Mecánico Automotriz**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA ELECTRONICO DE  
ADVERTENCIA Y CONTROL DE ANOMALIAS DE FUNCIONAMIENTO DE  
LOS SISTEMAS AUXILIARES DE UN MOTOR DIESEL”**

**AUTORES:**

**JOSE ADRIAN ZHINDON MORA**

**JOSE HUMBERTO CORREA ALVARADO**

**DIRECTOR:**

**ING. FERNANDO VASQUEZ**

**Cuenca, Junio 2011**

Yo, Ing. Fernando Vásquez certifico que bajo mi dirección el proyecto de tesis fue realizado por los señores:

José Adrián Zhindón Mora

José Humberto Correa Alvarado

---

**Ing. Fernando Vásquez**

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis dedico a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto y toda mi carrera universitaria, quienes con su paciencia y trabajo, confiaron y me brindaron la oportunidad de formarme como profesional.

A mis hermanos, que han compartido momentos de alegrías y tristezas durante esta etapa muy importante de mi vida.

**José Adrián Zhindón Mora**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto lo quiero dedicar en primer lugar a Dios y a la Virgen Dolorosa quienes me han mantenido bajo su protección bendiciéndome día a día.

A mis padres quienes me han apoyado en cuanto proyecto o decisión que he tomado en el transcurso de mi vida.

A mi familia en la que encontrado la ayuda y el soporte necesario para cumplir todos mis ideales.

Y de manera muy especial a mis Abuelos quienes siempre han estado a mi lado enseñándome y guiándome.

**José Humberto Correa Alvarado**

## **AGRADECIMINETO**

Agradezco a Dios, a mis padres, mis hermanos, quienes que con su ayuda, de una u otra manera me apoyaron para el desarrollo de esta trabajo de tesis.

Agradecer al Ingeniero Fernando Vásquez quien con su paciencia y conocimientos nos ha colaborado como director de tesis.

Y a todos que me han apoyado, muchas gracias.

**José Adrián Zhindón Mora**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de manera muy especial a mis padres, hermanos, abuelos, a mi novia y a toda mi familia que de una u otra manera me han apoyado y ayudado durante esta etapa tan importante de mi vida.

Agradezco de manera muy especial a el Ing. Fernando Vásquez, quien nos colaboro y guio en este proyecto de tesis, al Ing. Fabricio Espinoza y a todos los profesores que me guiaron y enseñaron durante toda la carrera universitaria.

**José Humberto Correa Alvarado**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I: REALIZAR PUESTA A PUNTO DEL MOTOR MAGNUM DIESEL SUPER RAM 5350</b> .....	- 1 -
<b>1.1 Resumen</b> .....	- 2 -
<b>1.2 Especificaciones del motor</b> .....	- 2 -
<b>1.3 Inspección física general del estado del motor</b> .....	- 3 -
<b>1.4 Despiece del motor</b> .....	- 3 -
<b>1.5 Limpieza de las partes externas del motor</b> .....	- 5 -
1.5.1 Limpieza de los elementos externos .....	- 5 -
1.5.2 Limpieza de los elementos externos .....	- 5 -
<b>1.6 Comprobación de los sistemas</b> .....	- 6 -
1.6.1 Sistema de refrigeración.....	- 6 -
1.6.2 Sistema de lubricación .....	- 7 -
1.6.3 Sistema de combustible.....	- 8 -
1.6.4 Sistema eléctrico .....	- 9 -
<b>1.7 Puesta a punto</b> .....	- 11 -
1.7.1 Puesta a punto y comprobación sobre el banco .....	- 11 -
1.7.1.1 Especificaciones del ajuste de la bomba.....	- 14 -
1.7.2 Puesta a punto en el motor .....	- 19 -
<b>CAPITULO II: DISEÑAR Y CONSTRUIR UN SISTEMA DE ADVERTENCIA Y CONTROL DE ANOMALIAS DE LOS SISTEMAS AUXILIARES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR A DIESEL. (SISTEMAS DE ALIMENTACION, LUBRICACION Y REFRIGERACION).</b> .....	- 21 -
<b>2.1 Resumen</b> .....	- 22 -
<b>2.2 Señales de sensores</b> .....	- 22 -
2.2.1 Sensor de temperatura.....	- 24 -
2.2.2 Sensor de presión de aceite .....	- 26 -
2.2.3 Sensor de nivel de combustible.....	- 29 -
2.2.4 Sensor de revoluciones del motor .....	- 32 -
2.2.5 Sensor indicador de carga .....	- 39 -
2.2.6 Sensor indicador de agua en el decantador .....	- 40 -

<b>2.3</b>	<b>Actuadores .....</b>	<b>- 41 -</b>
2.3.1	Motor de arranque.....	- 42 -
2.3.2	Precalentamiento de bujías.....	- 44 -
2.3.3	Solenoide.....	- 45 -
2.3.4	Ventilador.....	- 46 -
2.3.5	Aceleración del motor .....	- 47 -
<b>2.4</b>	<b>Construcción del software en programación grafica para los sistemas de advertencia y control de anomalías de los sistemas auxiliares para el funcionamiento de un motor a diesel.....</b>	<b>- 54 -</b>
2.4.1	Esquema general .....	- 55 -
2.4.2	Sistema eléctrico y electrónico.....	- 56 -
2.4.3	Rutina de procesamiento y tratamiento de las señales analógicas .....	- 56 -
2.4.4	Dispositivos de comando y puesta en marcha del motor diesel.....	- 56 -
2.4.5	Dispositivos de control y advertencia del motor diesel .....	- 58 -
2.4.5.1	Advertencia y control de temperatura.....	- 59 -
2.4.5.2	Advertencia y control de presión.....	- 61 -
2.4.5.3	Advertencia y control de combustible .....	- 63 -
2.4.5.4	Advertencia y control de voltaje.....	- 65 -
2.4.6	Dispositivos de visualización de diferentes sistemas del motor diesel .	- 65 -
2.4.6.1	Revoluciones del motor .....	- 66 -
2.4.6.2	Decantador de agua en el combustible .....	- 66 -
2.4.6.3	Indicador de carga de batería .....	- 67 -
<b>CAPÍTULO III:</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO .....</b>	<b>- 68 -</b>
<b>3.1</b>	<b>Resumen .....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>3.2</b>	<b>Diseño del banco didáctico.....</b>	<b>- 69 -</b>
3.2.1	Análisis Estructural y elección del material a utilizar para la construcción del banco.....	- 71 -
3.2.2	Resultados obtenidos en Programa .....	- 71 -
3.2.3	Tensión Equivalente.....	- 73 -
3.2.4	Deformaciones .....	- 76 -
3.2.5	Deformación Total .....	- 77 -
3.2.6	Tensión Elástica Equivalente (Von Mises).....	- 79 -



3.2.7	Factor de Seguridad .....	- 81 -
3.2.7.1	Factor de Seguridad en la estructura.....	- 82 -
<b>3.3</b>	<b>Construcción del Banco Didáctico:.....</b>	<b>- 83 -</b>
3.3.1	Material .....	- 83 -
3.3.2	Procese de Construcción.....	- 84 -
3.3.2.1	Corte del Acero.....	- 84 -
3.3.2.2	Conformación de la Base.....	- 84 -
3.3.2.3	Conformación de la Columna.....	- 84 -
3.3.2.4	Construcción del Sin fin y de la Corona.....	- 85 -
3.3.2.5	Construcción del Soporte del Radiador.....	- 87 -
3.3.2.6	Construcción del Armario.....	- 87 -
<b>CAPITULO IV: DESARROLLO DE MATERIAL MULTIMEDIA DEL BANCO DIDACTICO.....</b>		<b>- 89 -</b>
<b>4.1</b>	<b>Resumen .....</b>	<b>- 90 -</b>
<b>4.2</b>	<b>Instalación del software .....</b>	<b>- 90 -</b>
4.2.1	Instrucciones para la instalación del archivo ejecutable.....	- 90 -
<b>4.3</b>	<b>Ejecución del archivo .....</b>	<b>- 96 -</b>
<b>4.4</b>	<b>Puesta en marcha del motor diesel .....</b>	<b>- 98 -</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>- 99 -</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>- 100 -</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>- 101 -</b>	
<b>DATASHEET OPTOACOPLADOR 4N25 .....</b>	<b>- 101 -</b>	
<b>ANEXO 2</b>	<b>- 115 -</b>	
<b>DATASHEET TIP32C.....</b>	<b>- 115 -</b>	
<b>ANEXO 3</b>	<b>- 120 -</b>	
<b>PANEL DE CONTROL.....</b>	<b>- 120 -</b>	
<b>ANEXO 4</b>	<b>- 122 -</b>	
<b>PROGRAMACION PIC 16F819 .....</b>	<b>- 122 -</b>	
<b>ANEXO 5</b>	<b>- 124 -</b>	
<b>CIRCUITO ELECTRONICO.....</b>	<b>- 124 -</b>	
<b>ANEXO 6</b>	<b>- 126 -</b>	

<b>ESTRUCTURA DEL BANCO.....</b>	<b>- 126 -</b>
<b>ANEXO 7</b>	<b>- 130 -</b>
<b>TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROGRAMA.....</b>	<b>- 130 -</b>
<b>ANEXO 8</b>	<b>- 141 -</b>
<b>PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL A-36 .....</b>	<b>- 141 -</b>
<b>ANEXO 9</b>	<b>- 143 -</b>
<b>FORMULAS PARA EL CALCULO DE LA TENSIÓN DE VON MISES... -</b>	<b>143 -</b>
<b>ANEXO 10</b>	<b>- 149 -</b>
<b>PANEL DE DISPOSITIVOS EN EL BANCO .....</b>	<b>- 149 -</b>

## **INTRODUCCION**

Ponemos a consideración a los catedráticos y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, este trabajo realizado con gran empeño, para satisfacer expectativas planteadas al inicio de este proyecto de tesis, por lo que también servirá de gran aporte de material didáctico al taller de motores que posee el área de Mecánica Automotriz.

Conocemos que el laboratorio de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, carece de un banco con sistemas advertencia y control de anomalías de un motor diesel, este banco ayudara a visualizar las diferentes funcionalidades de los sistemas auxiliares del motor en mención.

El banco didáctico favorecerá para la enseñanza de algunas asignaturas como son: Electrónica del Automóvil, Motores Diesel, Inyección a Diesel, Electricidad del Automóvil, Resistencia de Materiales, entre otras.

Los capítulos que se consignan en este trabajo son: Realizar puesta a punto del motor magnum diesel super ram 5350, Diseñar y construir un sistema de advertencia y control de anomalías de los sistemas auxiliares para el funcionamiento de un motor a diesel (sistemas de alimentación, lubricación y refrigeración), Diseño y construcción del banco didáctico y Desarrollo de material multimedia del banco didáctico

El diseño y construcción del banco fue realizada en un programa llamado ANSYS, el mismo que utiliza cálculos de resistencia de materiales, para el análisis estructural, el cual involucra deflexiones, deformaciones, tensiones, torsiones, y momentos producidos en la estructura.

El software utilizado para la parte electrónica fue el LabView 2009, que gracias a su programación grafica se pudo procesar toda la información de los sensores a los actuadores.

**CAPITULO I: REALIZAR PUESTA A  
PUNTO DEL MOTOR MAGNUM  
DIESEL SUPER RAM 5350**

## 1.1 Resumen

Es muy importante realizar este proceso en motores de combustión que no son conocidos o no han estado bajo nuestro mantenimiento, y mucho más si ha estado fuera de circulación por algún tiempo como es en nuestro caso.

Se debe realizar la puesta a punto ya que podríamos diagnosticar algunos inconvenientes y repararlos que en este caso no es muy complejo y nos garantizara la prolongación de vida de un motor, y así también futuros daños que pueden afectar económicamente.

Analizando por encima las partes que se deberían comprobar en una exhaustiva revisión de un motor diesel, encontramos que si no sabemos mucho de mecánica no sabremos por dónde empezar. Por eso cuando nos pongamos a realizar la puesta a punto, mejor saber, su proceso de funcionamiento y así revisar los elementos correspondiente llevando a cabo un orden adecuado.

## 1.2 Especificaciones del motor

Tipo	diesel
Disposición	4 cilindros en línea
Cilindrada (cc)	2184
Desplazamiento (mm)	94
Diámetro pistón (mm)	86
Potencia (CV/rpm)	72/4050
Par máximo (kg.m/rpm)	15,4/146 a 2.500
Alimentación	Bomba de inyección rotativa NP-V4/8F2125RNP207

(Fuente: Catálogo KIA)

En el año 2009 gracias al Plan Renova, la Universidad Politécnica Salesiana en el presente año obtuvo este motor (Figura 1.1) para uso de sus estudiantes, antes de ser utilizados como material didáctico, estos serán acondicionados para facilidad de uso y manipulación, adaptando diferentes sistemas planteados en la presente tesis.



*Figura 1.1* Motor magnum diesel super ram 5350

(Fuente: Los autores)

### **1.3 Inspección física general del estado del motor**

Una vez entregado el motor por parte de la Universidad, se procedió a la inspección física del mismo, la cual se constato de manera general se encontraba en buen estado, ya que no presentaba fugas de aceite, o empaques dañados, pero si carecía de sus componentes fundamentales, a las cuales se pueden detallar las siguientes:

- Ventilador
- Termostato
- Escape
- Correas

### **1.4 Despiece del motor**

Fue necesario desmontar solo los siguientes elementos externos que detallamos a continuación:

- Inyectores
- Bases del motor
- Tapa anterior del sistema de distribución
- Bomba de aceite
- Radiador del aceite
- Poleas
- Base de las polea
- Tensor de la banda de distribución

En algunas de sus partes se tenía poca visibilidad del estado de sus componentes, y fue difícil acceder algunos lugares para su limpieza, se desmontó algunos de estos elementos externos mencionados anteriormente (Figura 1.2).



**Figura 1.2** Desmontaje de elementos

(Fuente: Los autores)

## 1.5 Limpieza de las partes externas del motor

### 1.5.1 Limpieza de los elementos externos

No fue necesario el desmontaje del cárter, cabezote, mucho menos válvulas, y este como sabemos está fabricado de materiales como hierro fundido, aleación; fue fácil la limpieza ya que se utilizó el método de la inmersión; utilizando aire a presión, detergente, gasolina, cepillos de acero y plástico para la correcta limpieza del motor como se puede apreciar en la grafica (Figura 1.3).



*Figura 1.3* Lavado y limpieza del cuerpo del motor

(Fuente: Los autores)

### 1.5.2 Limpieza de los elementos externos

Inyectores

El motor antes de la donación a la Universidad estuvo funcionando por lo que se procedió al lavado de inyectores, comúnmente utilizando diesel, para su posterior comprobación en el banco de pruebas que veremos más adelante.

Poleas, base de la polea, tensor de la banda de distribución



Estos elementos fueron fáciles limpiar, ya que son elementos que no contienen ningún material que se deteriore con combustibles, por lo que se aplicó gasolina y cepillos para su correcta limpieza de pintura y corrosión.

Tapa anterior del sistema de distribución

Como está construido de un material plástico, para la limpieza de este, se aplicó detergente y cepillo plástico, a más de estos no fue necesaria una lavada exagerada, ya que tuvimos fácil acceso a este elemento ya que se desmontó.

Bomba de aceite, radiador de aceite

Estos elementos fueron los más delicados en limpiar, ya que por su funcionamiento tenían elementos de caucho y orificios en su cuerpo, por lo que se aplicó gasolina y cepillos de acero en su parte externa ya que también contenían pintura, protegiendo los elementos antes mencionados.

## **1.6 Comprobación de los sistemas**

### **1.6.1 Sistema de refrigeración**

En lo que se refiere este sistema, se hizo una lista detallada de estos elementos que vemos a continuación:

Conductos

En vista del estado defectuoso de los conductos de refrigeración, más que por anomalía en el funcionamiento, fue necesario reemplazar las mangueras para asegurar el correcto funcionamiento de dicho sistema.

Radiador

Se hizo la completa limpieza del radiador, para posteriormente probarlo con un fugómetro a una presión de 1.1kg/cm<sup>2</sup>, en la cual no existía ningún tipo de fugas tanto en el tanque como en los paneles de disipación.

## Ventilador

En lo referente al electro ventilador, este se probó directamente a una fuente de 12V, el cual no presentó ningún tipo de problema, y se lo dispuso correctamente en el radiador.

## Termostato

Como pudimos constatar que el motor en estudio carecía de termostato, por el cual tuvimos que adquirir un nuevo elemento, esto basándonos en el manual de servicio del motor, llegando a la conclusión que se necesitaba uno que de la apertura de agua a los 84°C.

## Bomba de agua

Lo que tiene que ver a la bomba de agua, esta se encontró en buen estado de funcionamiento, y el juego en sus componentes internos estuvo correcto.

### **1.6.2 Sistema de lubricación**

El lubricante del motor fue drenado y se procedió al desmontaje del sistema de refrigeración de aceite, así como a la bomba de aceite, los orines se encontraban en buen estado de funcionamiento por lo que no fue necesario reemplazarlos.

## Bomba de aceite

En lo que se refiere a la bomba de aceite igualmente a más de su buen funcionamiento, fue necesario realizar una inspección visual y mecánica, la cual no se tuvo problemas ya que la presión obtenida estaba bajo la recomendada que es 40 a 70 PSI, la cual fue verificada con el manómetro de presión, como se aprecia (Figura 1.4).



**Figura 1.4** Comprobación por manómetro

(Fuente: Los autores)

Se procedió nuevamente al montaje de los elementos y se colocó silicón para garantizar su hermeticidad, y evitar fugas en este sistema, el filtro de aceite fue reemplazado.

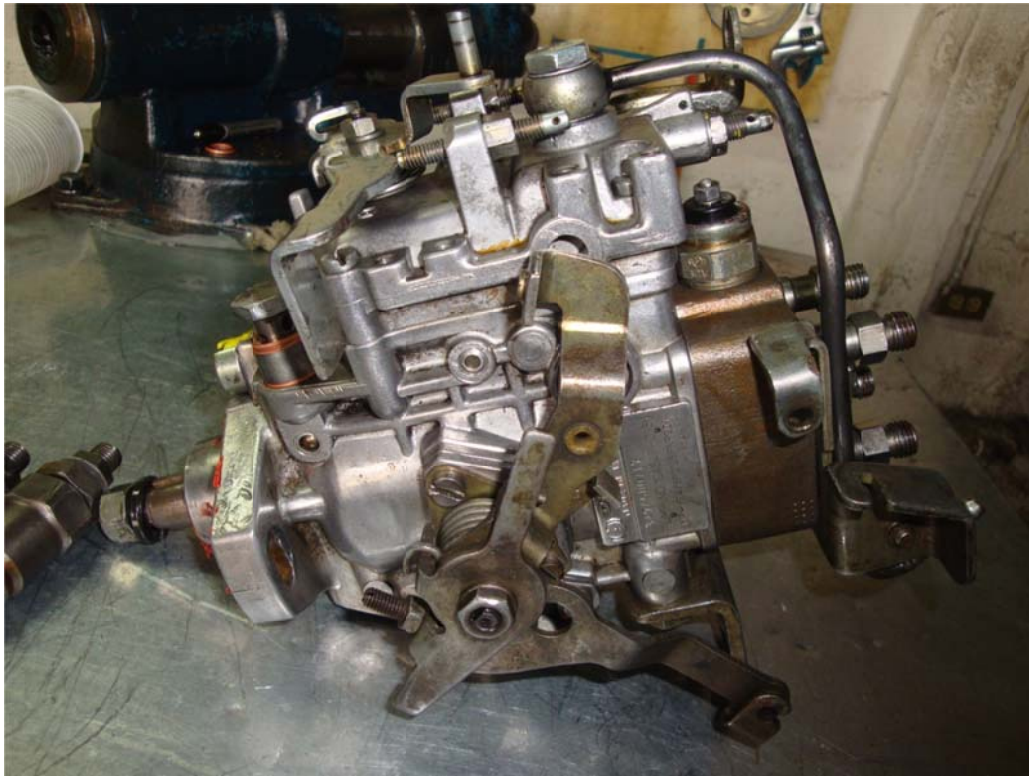
Lubricante

El lubricante utilizado luego de alojar todos los elementos fue el 15W40, recomendado en los motores diesel.

### **1.6.3 Sistema de combustible**

Para comenzar con el sistema de combustible, tuvimos que adaptar un depósito ya que carecía de este elemento y tuvimos que alojarlo dentro del banco y adaptar sus respectivos conductos.

Bomba de inyección NP-V4/8F2125RNP207 (Figura 1.5)



*Figura 1.5* Bomba de inyección rotativa NP-V4/8F2125RNP207

(Fuente: Los autores)

La bomba de inyección tuvo que ser desarmada y armada antes del montaje en el banco de pruebas, ya que no se tenía la certeza de su correcto funcionamiento.

#### **1.6.4 Sistema eléctrico**

Lo que constituye la parte eléctrica, se hará referencia al arranque, carga, alimentación y precalentamiento, que son los fundamentales aplicados en el sistema para la puesta en marcha del motor.

El arranque funciona como un motor eléctrico, con un piñón y un dispositivo para guiar el piñón en la rueda dentada del volante. Exteriormente, la armadura, las zapatas polares y el devanado de excitación son semejantes a los del generador; luego de desmontar el

arranque se procedió a la verificación del piñón y dispositivo guía, la única forma de verificar es visualmente, la cual no tenía ningún tipo de inconveniente, al igual que su constitución interna, se comprobó en general el motor eléctrico del arranque y rele-contactador, conectando directamente a una fuente de 12V, en donde no se tuvo ningún tipo de inconveniente en su funcionamiento.<sup>1</sup>

El sistema de carga que lo constituye principalmente el alternador y un regulador de carga, en este caso en un solo cuerpo que es accionado por una polea conectada directamente al giro del motor a través del cigüeñal; se comprobó visualmente la parte exterior como es la carcasa, polea y ventilador, sin presentar ningún tipo de avería que pueda comprometer su normal funcionamiento, en lo referente a la parte interna, se comprobó continuidad en la bobina del estator con respecto a la carcasa sin presentar ningún tipo de avería, luego se repitió el proceso en el eje rotor sin encontrar inconvenientes.

En el sistema de alimentación se cuenta con un solenoide que simplemente permite o paraliza el paso de diesel en la bomba de inyección, se constituye de un pequeño bobinado que acciona el elemento para realizar dicho trabajo, en las pruebas que se realizaron simplemente se le activo con una fuente de 12V, y trabajo sin ningún tipo de inconveniente.

El sistema de precalentamiento que se constituye simplemente por unas bujías, estas sirven para producir un punto incandescente dentro de la cámara de combustión, que es alcanzado por el aerosol del combustible inyectado, se comprobó la resistencia en cada una de las bujías que para su normal funcionamiento deben dar un valor de 1 a 3 ohmios, y que si se consiguió obteniendo los siguientes valores:

Numero de bujía	1	2	3	4
Valor en Ohmios ( $\Omega$ )	1,4	1,3	1.6	1,3

(Fuente: Los autores)

---

<sup>1</sup> QUIMINET, El sistema de arranque automotriz, 2007  
[http://www.quiminet.com/ar3/ar\\_bcBuvcdRsDF-el-sistema-de-arranque-automotriz.htm](http://www.quiminet.com/ar3/ar_bcBuvcdRsDF-el-sistema-de-arranque-automotriz.htm)

## **1.7 Puesta a punto**

Por puesta a punto de motores se entiende encontrar el punto de sincronización de los diversos dispositivos fundamentales gracias a los cuales el motor puede funcionar.

En los motores a diesel la función del encendido y de la carburación está encomendada a un solo circuito, que en este caso es el de inyección, de modo que la puesta a punto debe entenderse solamente desde dos puntos de vista compuestos por las siguientes partes:<sup>2</sup>

- Puesta a punto de la inyección
- Puesta a punto de la distribución
- Puesta a punto de la inyección
- Se va a dedicar esta parte del presente capítulo al estudio de la bomba de inyección vista desde los dos ángulos siguientes:
- Puesta a punto y comprobación sobre el banco
- Puesta a punto en el motor

### **1.7.1 Puesta a punto y comprobación sobre el banco**

Por tratarse de un motor que se desconocía el estado de sus componentes, incluyendo la bomba de inyección, no se pudo obtener los valores de caudal y presión en los que se encontraba trabajando un elemento tan delicado y si entraba en funcionamiento podría dañarse, se tuvo que solicitar las instalaciones de ADECO, en donde se procedió al despiece de la misma (Figura 1.6), en la cual pudimos verificar que la bomba presentaba las siguientes fallas:

---

<sup>2</sup> CENTU Alexis, Puesta a punto de motores diesel  
<http://es.scribd.com/doc/53089887/8-motor-diesel-puesta-a-punto-del-motor#>



**Figura 1.6** Despiece de la bomba de inyección

(Fuente: Los autores)

- Las toberas tuvieron que ser reemplazadas ya que se encontraron en mal estado por su uso, pero los inyectores estuvieron en buen estado, igual que el conducto de entrada y salida de combustible, no tenían ningún tipo de desgaste ni tampoco corrosión (Figura 1.7).



**Figura 1.7** Inyectores

(Fuente: Los autores)

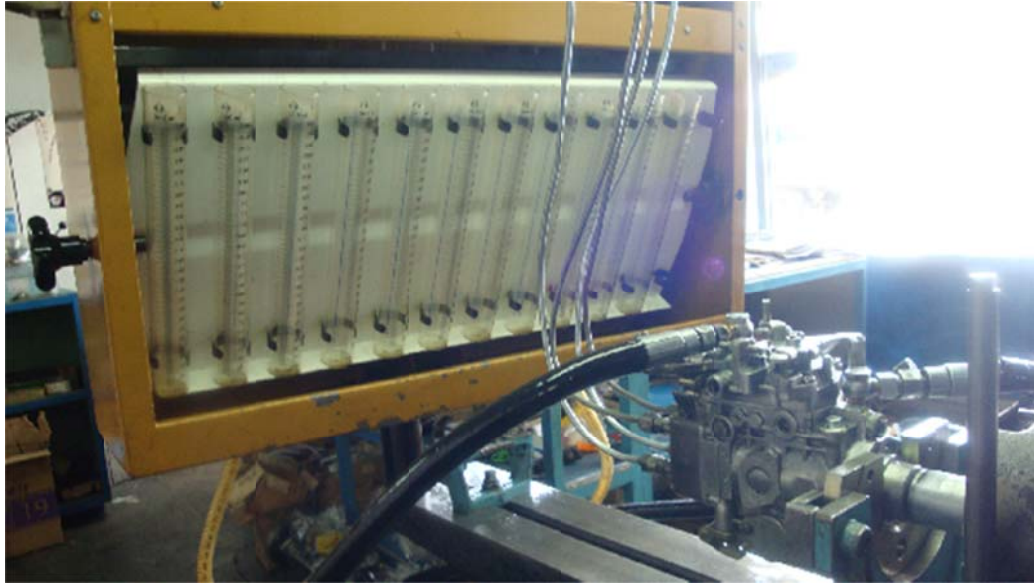
- Una vez despiezado se procedió a revisar todos los elementos internos de la bomba, en la cual se pudo constatar que el anillo excéntrico estaba rallado, fue necesario reemplazarlo, además el tapón de presión del cabezal hidráulico se encontró deforme, fue sustituido, a mas de esto se cambio la válvula reguladora de presión, recomendación por el técnico de ADECO, y por último fue necesario adquirir el kit completo de empaques para la bomba de inyección, y así lograr el funcionamiento correcto de la bomba.
- Una vez armada la bomba se procedió a la calibración en el banco de pruebas (Figura 1.8 y 1.9) para obtener los resultados de su buen funcionamiento como se ve en la tabla abajo mencionada.



***Figura 1.8*** Bomba de inyección en el banco

(Fuente: Los autores)





**Figura 1.9** Pruebas en la bomba de inyección

(Fuente: Los autores)

### 1.7.1.1 Especificaciones del ajuste de la bomba

Entrega de la carga plena

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
S	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	38.7	38.2	39.2
S	Diferencia en la entrega	mm <sup>3</sup> /st	2.5		2.5

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	2400	2400	2400
C	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	13.1	10.1	16.1

### Regulación

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	2400	2400	2400
S	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	13.1	11.1	15.1

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	2500	2500	2500
C	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	3		3

### Inactivo

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	350	350	350
S	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	8	6	10
S	Diferencia en la entrega	mm <sup>3</sup> /st	2		2

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	350	350	350
C	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	8	6	10

### Inicio

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	100	350	350
S	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	42	42	

### Fin

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	350	350	350
C	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	0	0	0

### Sobre flujo

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
C	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	430	298	562

### Presión de la cámara de transferencia

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
S	Presión	kPa	510	481	539

S	Presión	Kgf/cm <sup>2</sup>	5.2	4.9	5.5
---	---------	---------------------	-----	-----	-----

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	500	500	500
C	Presión	kPa	294.5	265	324
C	Presión	Kgf/cm <sup>2</sup>	3	2.7	3.3

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
C	Presión	kPa	510	481	539
C	Presión	Kgf/cm <sup>2</sup>	5.2	4.9	5.5

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	2125	2125	2125
C	Presión	kPa	745.5	716	775
C	Presión	Kgf/cm <sup>2</sup>	7.6	7.3	7.9

#### Temporizador

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250

S	Activación del temporizador	mm	3.9	3.7	4.1
---	-----------------------------	----	-----	-----	-----

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
C	Activación del temporizador	mm	3.9	3.6	4.2

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1500	1500	1500
C	Activación del temporizador	mm	5.2	4.6	5.8

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	2125	2125	2125
C	Activación del temporizador	mm	8.8	8.2	9.4

### Im

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
C	Tensión mínima aplicada	V	8	8	8
P	Tensión	V	13	12	14

## Compensador

### Ajuste del temporizador

CAT	Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.
P	(Pump speed)	r/min	1250	1250	1250
S	Cantidad mínima de inyección	mm <sup>3</sup> /st	28.2	27.2	29.2
S	Activación del temporizador	mm	3.1	2.9	3.3

#### 1.7.2 Puesta a punto en el motor

Una vez realizada la puesta a punto y comprobación sobre el banco, se procedió a montar la bomba de inyección sobre el motor, en este proceso no se tuvo ningún tipo de inconveniente, ya que se contaba con marcas tanto en la polea de la bomba de inyección como en la carcasa del motor como se ve en la siguiente grafica (Figura 1.10).



**Figura 1.10** Ajuste bomba de inyección-carcasa

(Fuente: Los autores)

Se procedió a colocar en el punto marcado la polea del cigüeñal conjuntamente con la carcasa (Figura 1.11), es decir que el primer pistón este en el punto muerto superior (PMS) como se ve en la grafica.



**Figura 1.11** Ajuste cigüeñal-carcasa

(Fuente: Los autores)

Para luego continuar con la colocación en el punto marcado por el fabricante igualmente en la carcasa y la polea del árbol de levas (Figura 1.12) como podemos ver.



**Figura 1.12** Ajuste árbol de levas-carcasa

(Fuente: Los autores)

**CAPITULO II: DISEÑAR Y  
CONSTRUIR UN SISTEMA DE  
ADVERTENCIA Y CONTROL DE  
ANOMALIAS DE LOS SISTEMAS  
AUXILIARES PARA EL  
FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR A  
DIESEL. (SISTEMAS DE  
ALIMENTACION, LUBRICACION Y  
REFRIGERACION).**



## **2.1 Resumen**

Hoy en día el desarrollo de la tecnología avanza muy rápidamente, cada día tenemos nuevos descubrimientos, en distintos campos, y sobre todo en el área automotriz, por lo que es necesario dar soluciones a diferentes tipos de inconvenientes que afectan el normal funcionamiento, por la cual nos capacitamos y así seguir a la par con la tecnología.

En nuestro medio tenemos la disponibilidad de limitados instrumentos para el área automotriz y a más de eso el elevado costo que se necesita para investigaciones o aplicaciones, tenemos a nuestra disponibilidad la conocida National Instruments quien ofrece instrumentación y servicio para desarrollar nuestros proyectos así como el software adecuado para la programación de tarjetas como es el LabView, no solo en el área automotriz, sino en diferentes ramas de la Ingeniería.

El software común empleado es el LabView, como sabemos se basa en la programación grafica, que nos permite realizar proyectos básicos hasta proyectos de gran complejidad, facilitándonos así la simplificación de elementos comunes utilizados para realizar proyectos.

## **2.2 Señales de sensores**

Para comenzar este capítulo, como sabemos el motor convencional de combustión interna viene provisto de sensores analógicos, generalmente estos sensores captan variaciones de funcionamiento de diferentes sistemas, para finalmente interpretarlos en un panel de instrumentos (anexo 3). Se utilizaran los mismos sensores acoplándolos al tipo de señal, y serán procesadas por la tarjeta de adquisición de datos USB 6008 de la National Instruments, para luego ser programadas con el software como es el LabView.

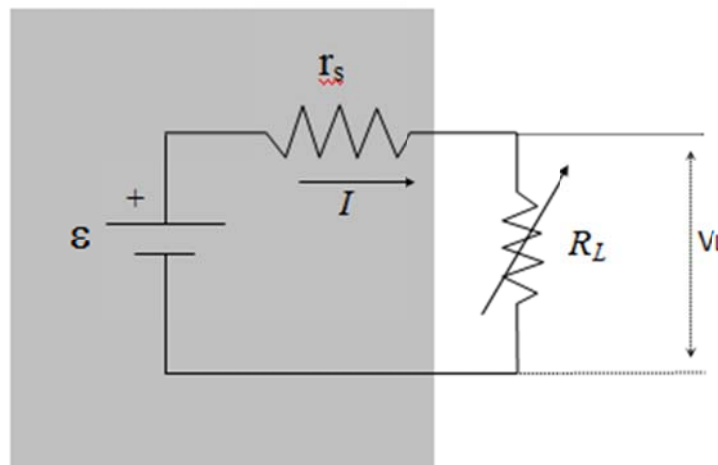
Señales a ser procesadas:

- Temperatura
- Presión de aceite
- Nivel de combustible

- Revoluciones del motor
- Sensor indicador de carga
- Sensor indicador de agua en el decantador

Para las tres primeras señales a ser procesadas antes mencionadas el objetivo es determinar la resistencia interna y la fuerza electromotriz de una fuente de tensión continúa que en nuestro caso son las tres señales. Para ello explicaremos brevemente el Partidor de tensión de donde se partió para estos tres circuitos.

Se monta el circuito de la Figura 2.1, en el que la parte sombreada corresponde a la batería,  $\varepsilon$  es el valor de la fuerza electromotriz de la batería  $R_S$  es la resistencia interna,  $R_L$  es una resistencia de carga externa variable (potenciómetro),  $V_L$  es la diferencia de potencial entre los extremos de esta resistencia e  $I$  la intensidad que recorre el circuito.<sup>3</sup>



**Figura 2.1** Partidor de tensión

(Fuente: Física Tercera Edición)

Este circuito se conoce con el nombre de partidor de tensión. La ecuación que relaciona la tensión en los extremos de la resistencia de carga, la intensidad que recorre el circuito y la fuerza electromotriz de la batería es:

<sup>3</sup> TIPLER Paul A, Física Tercera Edición, 2009, Editorial Reverté, S.A

$$\Delta VL = \varepsilon - R_s \cdot I$$

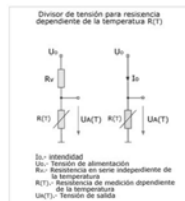
que como vemos es una relación lineal. De esta manera, si variamos la intensidad que recorre el circuito (mediante el potenciómetro RL) y medimos, para cada intensidad, los valores de  $\Delta VL$ , podemos determinar experimentalmente varios puntos de la que son los que trabajaremos más adelante.

Interpretaremos el Valor de RL como los sensores de temperatura, presión y nivel de combustible, que son simplemente unos potenciómetros<sup>1</sup>.

### 2.2.1 Sensor de temperatura

La medición de la temperatura en el automóvil se efectúa de modo casi exclusivo mediante termómetros de contacto constituidos por materiales resistivos de coeficiente de temperatura positivo (PTC) o negativo (NTC), aprovechando su dependencia de la temperatura. La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza casi siempre mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra o de sentido opuesto, formando un divisor de tensión (efecto linealizador) como se ve la Figura 2.2.<sup>4</sup>

En nuestro caso es un sensor de temperatura NTC, mientras la resistencia que varía en función de la temperatura; cuanto más temperatura menos resistencia presenta el sensor.

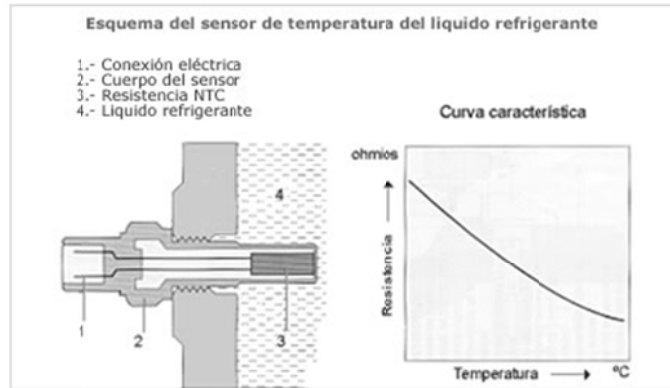


**Figura 2.2** Divisor de tensión para resistencia

(Fuente: Sensores en el automóvil)

<sup>4</sup> MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2001  
<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

Este sensor está montado en el circuito del líquido refrigerante (Figura 2.3), con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante (campo de medición - 40...+130 °C).<sup>5</sup>



**Figura 2.3** Esquema del sensor de temperatura

(Fuente: Sensores en el automóvil)

*Ubicación del sensor de temperatura* (Figura 2.4)



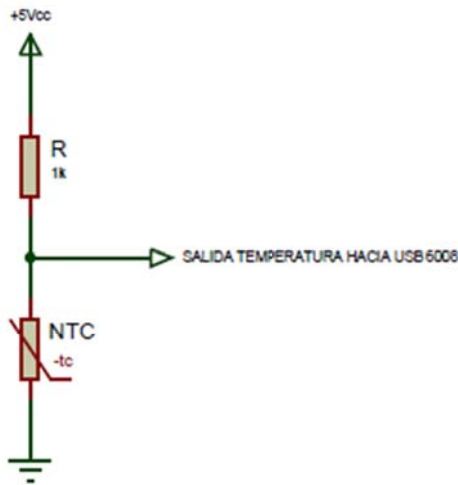
**Figura 2.4** Ubicación del sensor de temperatura

(Fuente: Los autores)

<sup>5</sup> MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2001  
<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

### *Conexión y adecuación de la señal del sensor de temperatura*

Como podemos ver en la siguiente grafica (Figura 2.5) a continuación, partimos del concepto de partidor de tensión que explicamos anteriormente, para posteriormente tomar estas señales y llegar al objetivo de nuestra tesis.



**Figura 2.5** Partidor de tensión del sensor de temperatura

(Fuente: Los autores)

### **2.2.2 Sensor de presión de aceite**

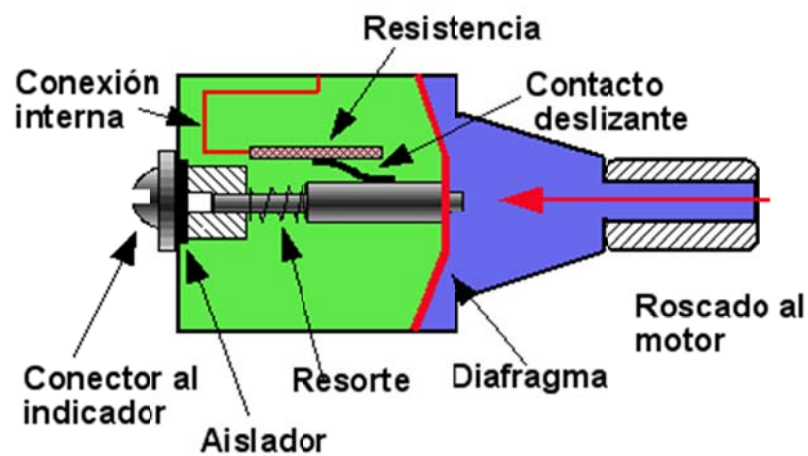
Los fabricantes de automóviles usan diferentes modos para hacer la medición pero los dos más comunes son:

1. Usando un manómetro de tubo de Bourdon en el tablero y un conducto delgado hasta el motor.
2. Convirtiendo la señal de presión a un cambio de resistencia eléctrica y luego midiendo esta con un galvanómetro de cuadros cruzados o un indicador de lámina bimetálica.

### *Conversión de presión a resistencia eléctrica*

Para esta función lo común es que se utilice un sensor provisto de un diafragma que se deforma en mayor o menor grado en dependencia de la presión que recibe, la deformación del diafragma mueve un contacto deslizante que se desliza sobre una resistencia eléctrica fija cambiando el valor de salida del sensor.

En la Figura 2.6 puede verse un esquema representativo de cómo funciona este convertidor.



**Figura 2.6** Esquema del convertidor

(Fuente: El sistema eléctrico)

Este dispositivo está conectado en serie con el instrumento indicador del tablero de instrumentos, de manera que el circuito se completa a tierra aquí, a través del cuerpo metálico del dispositivo y de la unión roscada al motor. La corriente procedente del indicador del tablero entra por el tornillo de conexión y se cierra a tierra por medio de la resistencia eléctrica.

Cuando actúa la presión en el diafragma, este se deforma más o menos en dependencia de la presión, y mueve el contacto deslizante haciendo cambiar la resistencia total del aparato y con ello, la posición de la aguja en la escala del indicador.

La presión de aceite en el conducto principal del motor oscila rápidamente alrededor de un valor promedio debido al bombeo pulsante de la bomba de lubricación, para que estas pulsaciones no se transmitan a la aguja del indicador ni a los componentes del sistema, estos sensores tienen una comunicación muy estrecha entre la cámara del diafragma (azul) y el conducto de presión del motor. De esta forma las oscilaciones de la presión se amortiguan y el sensor funciona con el valor promedio de la presión. En algunos automóviles este indicador no existe y solo se usa una alarma luminosa, sonora o ambas en caso de que la presión de aceite descienda a un valor peligroso para el motor.<sup>6</sup>

*Ubicación del sensor de presión de aceite (Figura 2.7)*



**Figura 2.7** Ubicación del sensor de presión de aceite

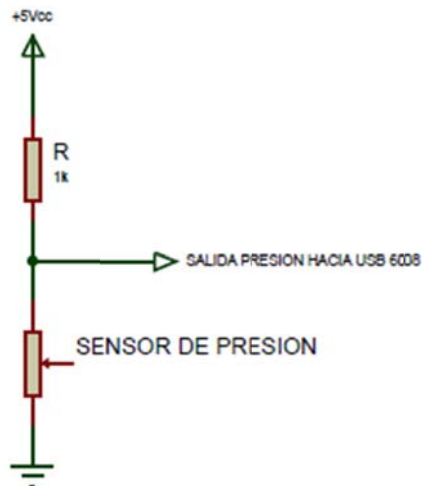
(Fuente: Los autores)

*Conexión y adecuación de la señal del sensor de presión de aceite*

De igual manera para este sensor de presión de aceite, como se mencionó se utilizó en el mismo principio del partidor de tensión, como se aprecia en la Figura 2.8 la conexión es la misma utilizada anteriormente, sino con diferente funcionalidad.

---

<sup>6</sup> El sistema eléctrico, 2009  
<http://es.scribd.com/doc/49367717/El-sistema-electrico>



**Figura 2.8** Partidor de tensión del sensor de presión

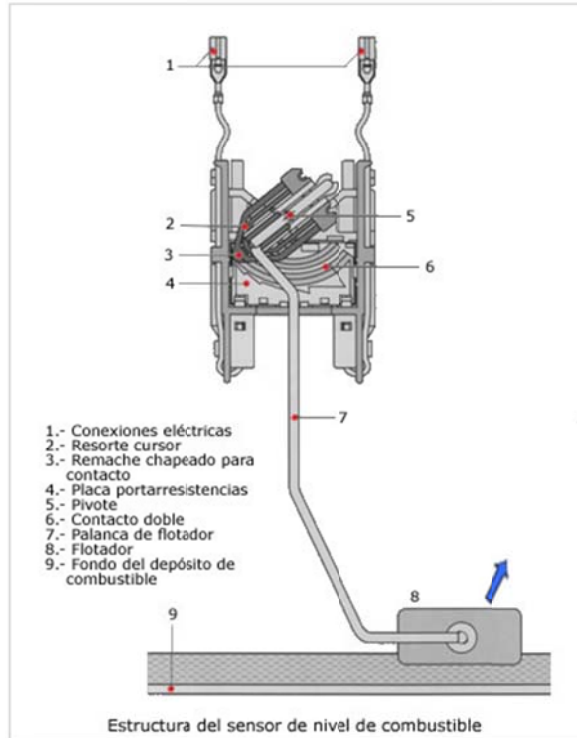
(Fuente: Los autores)

### 2.2.3 Sensor de nivel de combustible

La tarea de este sensor es detectar el nivel actual de llenado del depósito de combustible y transmitir una señal correspondiente a la unidad de control y/o al instrumento indicador en el cuadro de instrumentos del vehículo, este sensor constituye una parte integrante de las unidades que están montadas en los depósitos de diesel y aseguran la alimentación fiable del motor.

El sensor de nivel como se ve la Figura 2.9 consta de un potenciómetro encapsulado estanco al combustible y conectado en forma de resistencia variable, un brazo cursor (resorte cursor), conductores impresos (contacto doble), una placa porta resistencias y conexiones eléctricas. La palanca en cuyo extremo se encuentra el flotador (orientable o fijo, en función de la aplicación) de nitrófilo resistente al combustible, está fijada en el eje giratorio (pivote) del potenciómetro y, por tanto, también en el resorte cursor. El diseño de la placa portar resistencias y la forma del flotador y de su palanca están adaptados a la conformación respectiva del depósito de combustible.





**Figura 2.9** Estructura del sensor de nivel de combustible

(Fuente: Sensores en el automóvil)

Al variar el nivel de combustible, el brazo detector, fijamente unido a través del pivote con la palanca del flotador, se desliza con sus cursores especiales (remaches chapeados para contactos) a lo largo de las pistas resistivas del potenciómetro doble. Entonces transforma el ángulo de giro del flotador en una relación de tensiones proporcional al ángulo. Unos topes de fin de carrera limitan el margen angular de  $100^\circ$  para los niveles mínimo y máximo.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2010  
<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

*Ubicación del sensor de combustible (figura 2.10)*

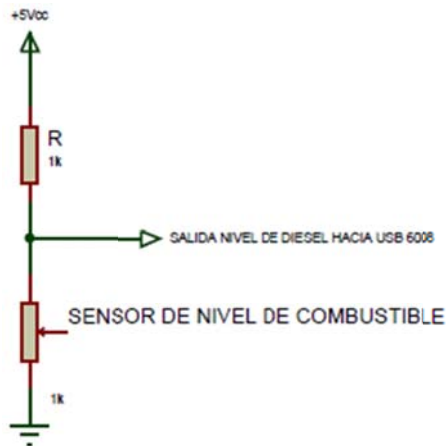


**Figura 2.10** Ubicación del sensor de combustible

(Fuente: Los autores)

*Conexión y adecuación de la señal del sensor de combustible*

Finalmente el sensor de combustible de igual manera parte de la teoría del partidor de tensión, como se ve en la Figura 2.11 es idéntica a las anteriores, con la misma funcionalidad, pero diferente propósito.

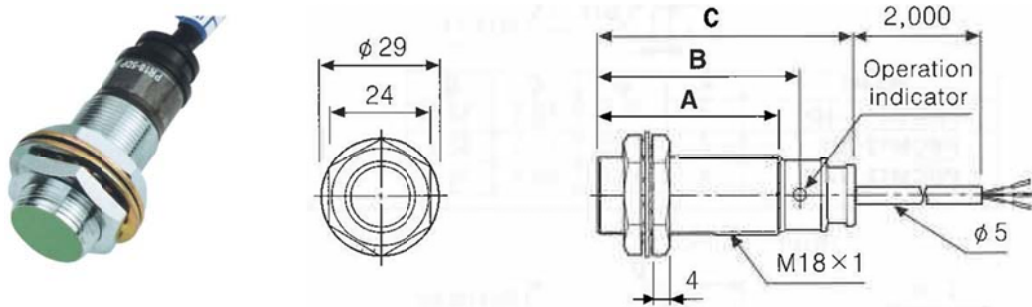


**Figura 2.11** Partidor de tensión para el sensor de combustible

(Fuente: Los autores)

## 2.2.4 Sensor de revoluciones del motor

*Sensor Inductivo PR18-5DP* (Figura 2.12)



**Figura 2.12** Sensor Proximidad Inductivo 10-30VDC 5mm Sens. PR18-5DN

(Fuente:

[http://www.mazcr.com/site/product\\_info.php?manufacturers\\_id=16&products\\_id=832](http://www.mazcr.com/site/product_info.php?manufacturers_id=16&products_id=832))

Los **sensores inductivos** son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

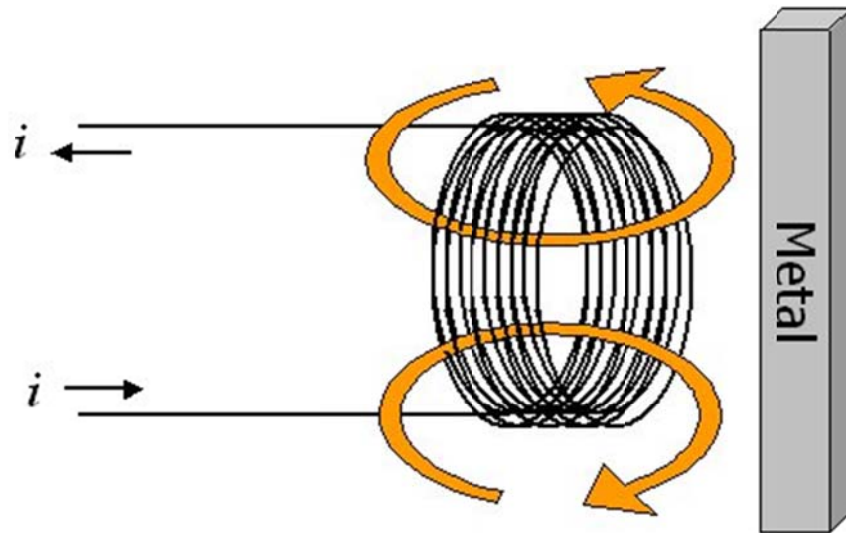
Una corriente ( $i$ ) que circula a través de un hilo conductor, genera un campo magnético que está asociado a ella (Figura 2.13).



**Figura 2.13** Generación campo magnético

(Fuente: Sensor inductivo)

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, que tiene la dirección de las flechas naranjas. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado (Figura 2.14).



**Figura 2.14** Detección de señal

(Fuente: Sensor inductivo)

La bobina, o devanado, del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Estas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de esta.

La inductancia, es un valor intrínseco de las bobinas, o inductores, que depende del diámetro de las espiras y el número de ellas. En sistemas de corriente alterna, la reactancia inductiva se opone al cambio del sentido de la corriente y se calcula de la siguiente manera:

$$X_L = 2\pi fL$$

Donde:

$XL$  = Reactancia inductiva medida en ohms ( $\Omega$ )

$\pi$  = Número  $\pi$

$f$  = Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz)

$L$  = Inductancia medida en Henrios (H)

El oscilador podrá generar nuevamente el campo magnético con su amplitud normal. Es en este momento en que el circuito detector nuevamente detecta este cambio de impedancia y envía una señal al amplificador de salida para que sea éste quien, nuevamente, restituya el estado de la salida del sensor.

Si el sensor tiene una configuración “Normal Abierta”, este activará la salida cuando el metal a detectar ingrese en la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada". Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLCs, relés, PCs, etc.

### **Estados de un sensor inductivo**

En función de la distancia entre el sensor y el objeto, el primero mantendrá una señal de salida Figura 2.15:

1.- Objeto a detectar ausente:

- amplitud de oscilación al máximo, sobre el nivel de operación;
- la salida se mantiene inactiva (*OFF*).

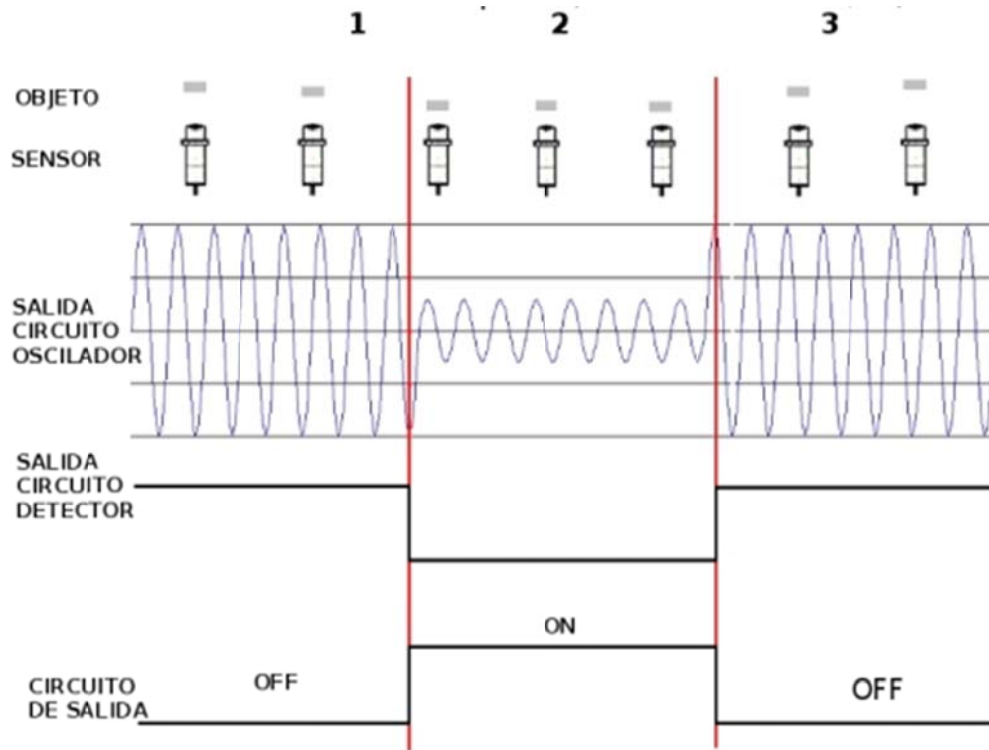
2.- Objeto a detectar acercándose a la zona de detección:

- se producen corrientes de Foucault, por tanto hay una “transferencia de energía”;
- el circuito de detección detecta una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación;

- la salida es activada (*ON*).

3.- Objeto a detectar se retira de la zona de detección:

- eliminación de corrientes de Foucault;
- el circuito de detección detecta el incremento de la amplitud de oscilación;
- como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (*OFF*).<sup>8</sup>



**Figura 2.15** Estados de un sensor inductivo

(Fuente: Sensor inductivo)

Características:

- Marca: Autonics
- Modelo N°: PR18-5DN
- P: Sensor de Proximidad Inductivo

<sup>8</sup> WIKIPEDIA, Sensor inductivo, 2010  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_inductivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo)

- R: Tipo Cilíndrico Estándar
- 18: Diámetro de la cabeza 18mm
- 5: Distancia de Sensado 5mm
- DN: DC 3 cables de salida, NPN NA (Normalmente Abierto)

## SERIES PR

Tipo cilíndrico con cable

Con una gran resistencia al ruido para mayor confiabilidad

- Mejora la Resistencia al ruido con IC (3-hilos DC)
- Alimentación de polaridad inversa, aumento, protección sobre corriente (Excepto para las series PR08)
- Largo ciclo de vida y funcionamiento de confianza
- Indicación del estado por LED rojo
- Protección IP67 con estructura a prueba de agua (estándar IEC)
- Reemplazo para micro switches y switches de límite.<sup>9</sup>

**Opto acoplador 4N25** (Figura 2.16)



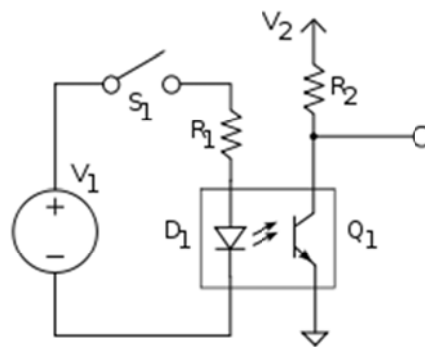
**Figura 2.16** Optoacoplador 4N25

(Fuente: Wikipedia Optoacoplador)

---

<sup>9</sup> Sensor Proximidad Inductivo 10-30VDC 2mm Sens. PR08-2DN2  
[http://www.mazcr.com/site/product\\_info.php?products\\_id=656](http://www.mazcr.com/site/product_info.php?products_id=656)

Un optoacoplador, también llamado optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor excitado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un foto emisor y un foto receptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles.



**Figura 2.17** El opto acoplador combina un LED y un fototransistor.

(Fuente: Wikipedia Optoacoplador)

### Funcionamiento

La Figura 2.17 siguiente muestra el optoacoplador 4N25 formado por un LED y un fototransistor. La tensión de la fuente de la izquierda y la resistencia en serie establecen una corriente en el LED emisor cuando se cierra el interruptor S1. Si dicha corriente proporciona un nivel de luz adecuado, al incidir sobre el fototransistor lo saturará, generando una corriente en R2. De este modo la tensión de salida será igual a cero con S1 cerrado y a V2 con S1 abierto.

Si la tensión de entrada varía, la cantidad de luz también lo hará, lo que significa que la tensión de salida cambia de acuerdo con la tensión de entrada. De este modo el dispositivo puede acoplar una señal de entrada con el circuito de salida, aunque hay que



tener en cuenta que las curvas tensión/luz del LED no son lineales, por lo que la señal puede distorsionarse. Se venden optoacopladores especiales para este propósito, diseñados de forma que tengan un rango en el que la señal de salida sea casi idéntica a la de entrada.

La ventaja fundamental de un optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Mediante el optoacoplador, el único contacto entre ambos circuitos es un haz de luz. Esto se traduce en una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos del orden de miles de  $M\Omega$ . Estos aislamientos son útiles en aplicaciones de alta tensión en las que los potenciales de los dos circuitos pueden diferir en varios miles de voltios.<sup>10</sup>

*Ubicación del sensor de revoluciones (Figura 2.18)*



**Figura 2.18** Ubicación del sensor de revoluciones

(Fuente: Los autores)

*Conexión y adecuación de la señal del sensor de inductivo para revoluciones del motor*

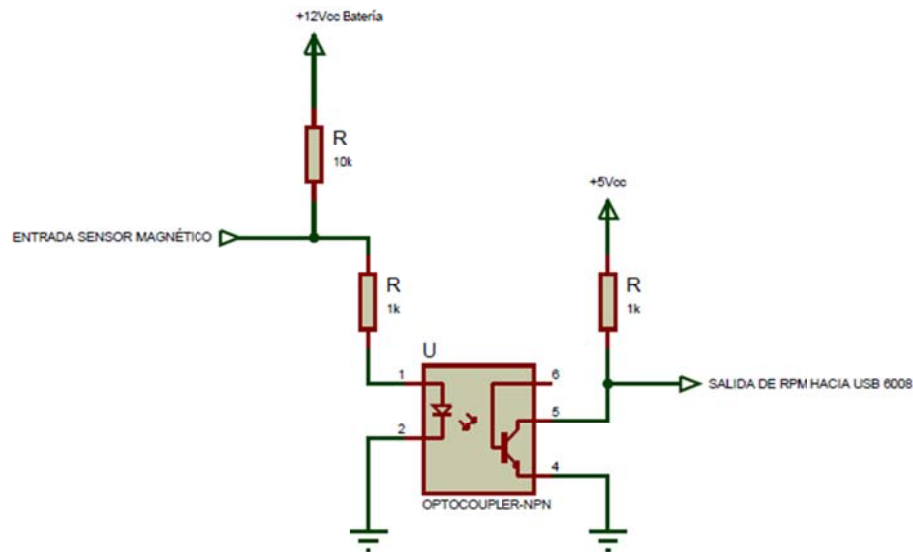
Para la conexión de este dispositivo fue necesario bajar el voltaje que normalmente es de 0 a 12 del sensor, hasta 0 a 5 que son los pulsos de revoluciones del motor, el esquema

---

<sup>10</sup> WIKIPEDIA, Optoacoplador, 2010  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Optoacoplador>

que se ve a continuación se obtuvo del datasheet del opto acoplador del que se ven en el anexo

1, que nos fue de ayuda para realizar esta conexión (Figura 2.19) y así obtener la señal que más adelante se interpretara y explicara.

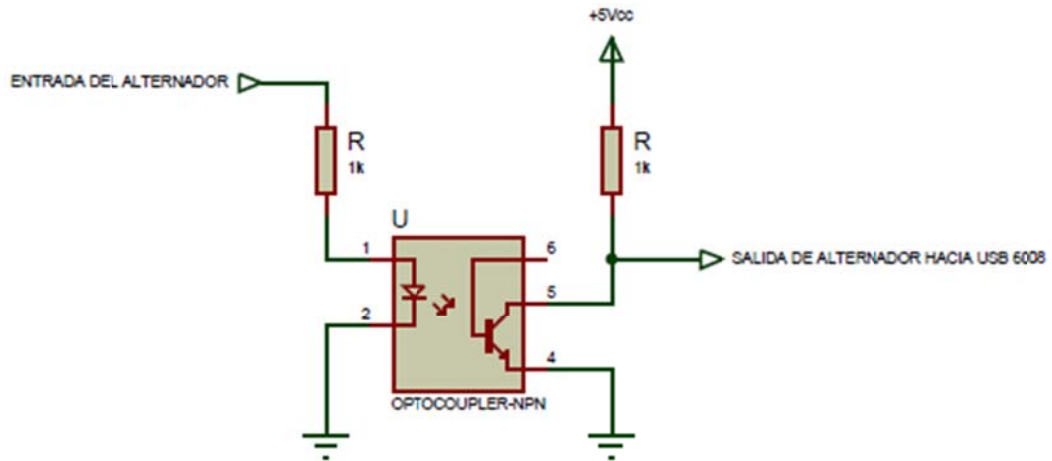


**Figura 2.19** Conexión del optoacoplador para revoluciones del motor

(Fuente: Los autores)

### 2.2.5 Sensor indicador de carga

Básicamente este sensor se ubica en el interior del alternador que al momento de girar, corta la corriente a un foco indicador en el tablero de control, para eso se ha diseñado el circuito que se presenta a continuación en la siguiente Figura 2.20, igualmente las especificaciones de conexión se pueden apreciar en el anexo 1 del optoacoplador.

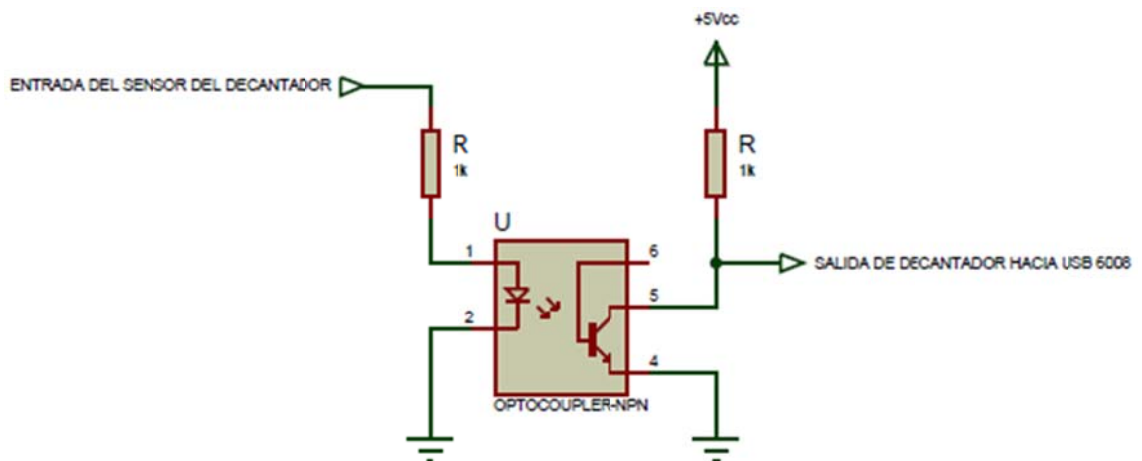


**Figura 2.20** Conexión del optoacoplador para indicador de carga

(Fuente: Los autores)

### 2.2.6 Sensor indicador de agua en el decantador

Vemos en la siguiente Figura 2.21 la conexión para el sensor de agua en el decantador de combustible, que igualmente actúa como un interruptor para cerrar un circuito al captar presencia de agua en el interior de este elemento, la conexión al igual que el anterior utilizaremos el mismo esquema y los datos del anexo 1 del optoacoplador.



**Figura 2.21** Conexión del optoacoplador para indicador del decantador

(Fuente: Los autores)

## 2.3 Actuadores

Para este punto del proyecto, tenemos como actuadores cuatro elementos principales como son:

- ❖ Motor de arranque
- ❖ Bujías de precalentamiento
- ❖ Solenoide
- ❖ Ventilador
- ❖ Aceleración de motor

En los elementos mencionados anteriormente los cuatro primero utilizaran un transistor que continuación detallamos.

Transistor IRFZ44N (Figura 2.22)



**Figura 2.22** Transistor IRFZ44N

(Fuente: [http://www.electronicamedina.com.mx/e\\_store/images/to\\_220.jpg](http://www.electronicamedina.com.mx/e_store/images/to_220.jpg))

Cuando necesitamos controlar cargas de manera variable, es decir, atenuando o incrementando su régimen de trabajo, de manera habitual se recurre a la modulación por ancho de pulsos (PWM, Pulse-Width Modulation). El control de velocidad de motores y la intensidad de iluminación incandescente (o de LEDs) son las aplicaciones por excelencia para el PWM.

El PWM es una herramienta que posee el desarrollador/programador para variar el régimen de trabajo de motores o luminarias con la mayor eficiencia posible, se puede realizar con transistores bipolares (NPN - PNP), con tiristores, triacs, o IGBT según la conveniencia de la aplicación, es decir, el PWM no se hace sólo con un transistor MOS-

FET sino que se puede encontrar aplicaciones que utilizan sistemas electrónicos de conmutación muy variados, ajustables a las necesidades de la aplicación.

Es un transistor de tecnología MOS-FET (Metal–Oxide–Semiconductor – Field Effect Transistor) que posee destacadas características que lo hacen ideal para este tipo de aplicaciones. Queremos también aclarar que PWM se puede realizar con transistores bipolares (NPN - PNP), con tiristores, triacs, o IGBT según la conveniencia de la aplicación, es decir, el PWM no se hace sólo con un transistor MOS-FET como veremos ahora sino que puedes encontrar aplicaciones que utilizan sistemas electrónicos de conmutación muy variados y como mencionamos antes, ajustables a las necesidades de la aplicación.

Entre las características más destacadas de este transistor encontramos que es capaz de manejar corrientes de hasta 50 Amperes ofreciendo una resistencia tan baja como 0,017 Ohms. Esto permite un régimen de trabajo extraordinario ya que trabajando al máximo de sus posibilidades no desarrollará una potencia mayor a los 45 Watts. Nada extraordinario para un generoso disipador que pueda irradiar el calor generado por semejante corriente circulando a través del dispositivo. Para tener una idea, trabajando con 12 Volts, una lámpara incandescente de 100W consumirá 8,33 Amperios. Es decir, la sexta parte de sus posibilidades extremas y claro está, a 100W, es decir, a la potencia máxima o a un duty de 255.<sup>11</sup>

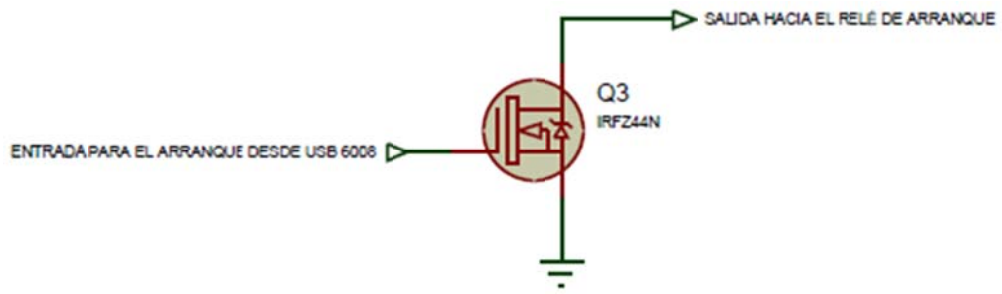
### **2.3.1 Motor de arranque**

Para el encendido del motor de combustión como sabemos, se cuenta con el motor de arranque y su relé o comúnmente llamado automático, que viene en conjunto estos elementos, que van a funcionar con 12 voltios.

Para eso se ha diseñado un circuito básico como se ve en la Figura 2.23 donde el transistor cerrara a tierra la bobina de este relé cuando así se requiera y dar paso al funcionamiento este conjunto del arranque.

---

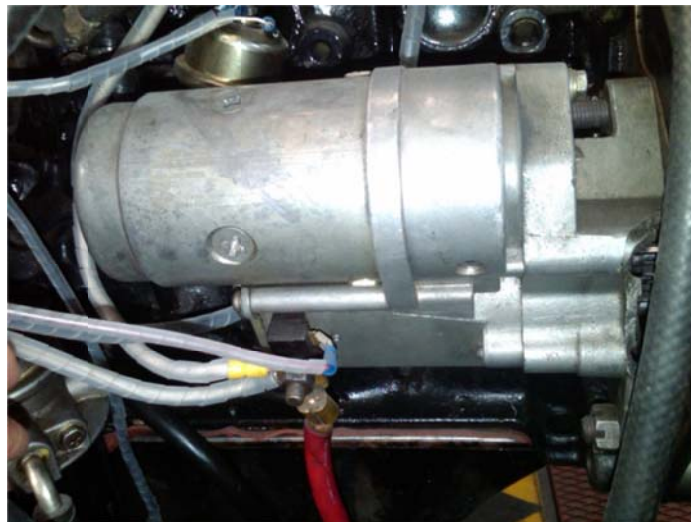
<sup>11</sup> MOSFET, IRFZ44N MOS-FET (Metal–Oxide–Semiconductor – Field Effect Transistor) para PWM, 2010  
<http://deividorozco.blogspot.com/2010/03/irfz44n-mos-fet-metaloxidesemiconductor.html>



**Figura 2.23** Conexión de comando del arranque

(Fuente: Los autores)

La fuente principal que acciona al arranque está conectado directamente a la batería con un cable numero 3 ya que tiene un alto consumo de corriente (Figura 2.24), el automático va a ser el encargado de cerrar este circuito de alto consumo, y este a su vez va a ser comandado con el relé que soporta hasta 30A y en este caso este relé consumirá 3A que nos garantizara un correcto funcionamiento.



**Figura 2.24** Motor de arranque

(Fuente: Los autores)

### 2.3.2 Pre calentamiento de bujías

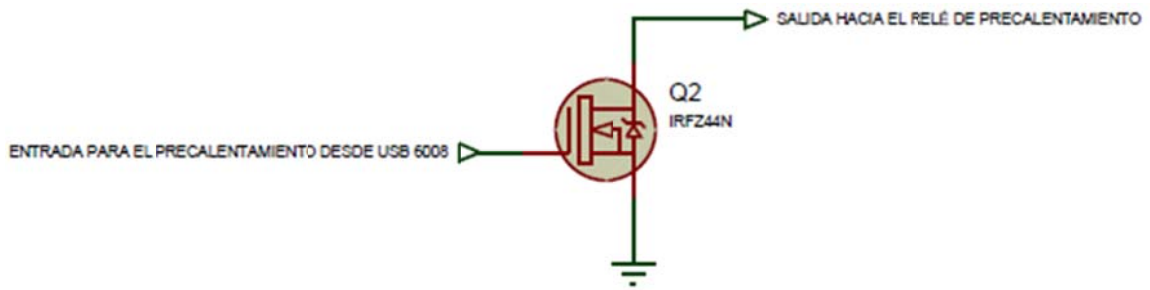
En esta parte del desarrollo tenemos un idéntico funcionamiento al anterior, ya que accionaremos nuevamente un relé, a diferencia del anterior este relé activará un relé de alta capacidad (Figura 2.25) ya que el consumo de estas bujías de pre calentamiento consumen alrededor de 40A, como podemos ver en la Figura es un relé muy grande aislado por un material cerámico que igualmente dará paso a que 12V alimenten las bujías.



*Figura 2.25* Relé de alta capacidad para pre calentamiento

(Fuente: Los autores)

Este relé que mencionamos anteriormente, no al de alta capacidad, va a ser comandado en su bobina por el siguiente circuito Figura 2.26 que se va a encargar de cerrar a tierra esta parte de la bobina, cuando esta sea requerida, generalmente antes de la puesta en marcha del motor.

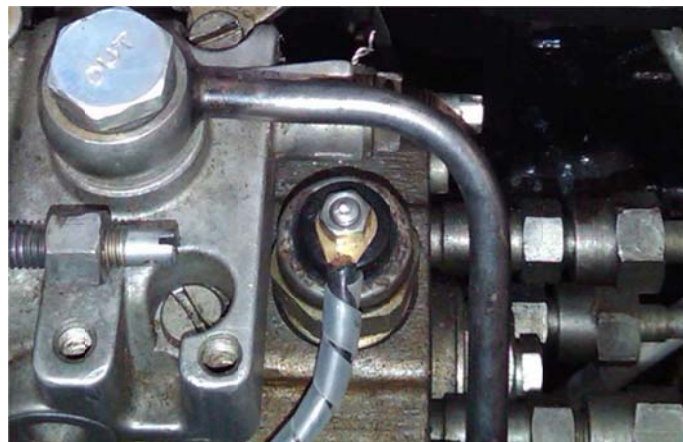


**Figura 2.26** Conexión del comando de precalentamiento

(Fuente: Los autores)

### 2.3.3 Solenoide

Para este procedimiento nos concentramos en el solenoide de la bomba de inyección (Figura 2.27) del motor, que es el encargado de abrir y cerrar el paso de combustible través de una pequeña bobina que actúa en este solenoide como se ve en la Figura. Este funciona con 12V y que tiene de consumo 0,3A al cual también se le acciona con un relé de 30A para ser comandado desde el computador a través del transistor.



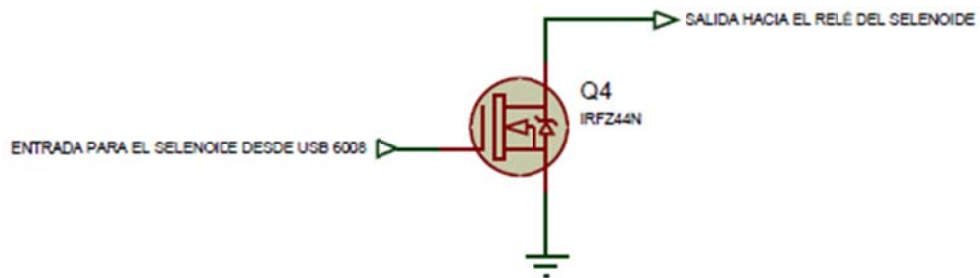
**Figura 2.27** Solenoide

(Fuente: Los autores)

Para el accionamiento de este elemento podemos ver en la siguiente Figura el esquema de conexión (Figura 2.28) que es igual al que utilizamos para accionar el motor de



arranque y bujías de precalentamiento, por lo tanto se utiliza los mismos elementos, pero con diferente accionamiento que vemos más adelante.



**Figura 2.28** Conexión de comando del solenoide

(Fuente: Los autores)

### 2.3.4 Ventilador

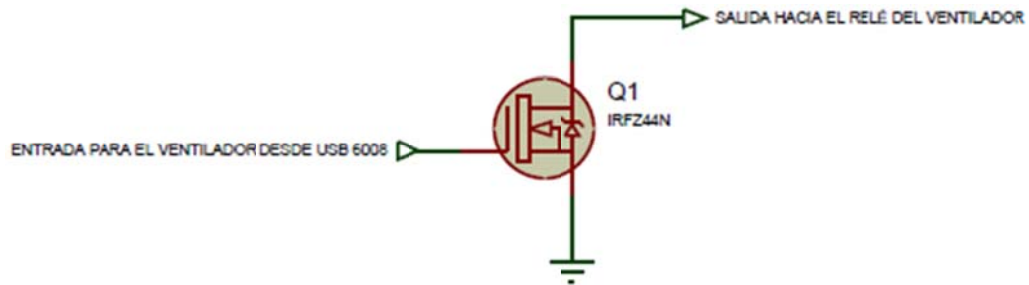
Como sabemos el ventilador consta de un motor básico, alojado en su eje unas hélices que permiten el enfriamiento del motor cuando se requiere, también este ventilador va a ser comandado por un relé, como se ve en la Figura 2.29, este se alojo conjuntamente con el ventilador.



**Figura 2.29** Ventilador

(Fuente: Los autores)

Al igual que los tres actuadores anteriores, para su funcionamiento se activara el relé que tiene de consumo 0,3A que va a ser comandado por el transistor que va a cerrar a tierra la parte de la bobina de este relé como se ve en la Figura 2.30.



**Figura 2.30** Conexión del comando del ventilador

(Fuente: Los autores)

### 2.3.5 Aceleración del motor

Para el accionamiento del dispositivo de control de revoluciones del motor o acelerador se acoplo un Servomotor (Figura 2.31), que nos facilita el accionamiento desde el computador.

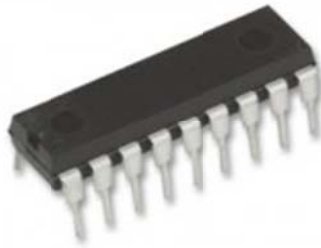


**Figura 2.31** Servomotor

(Fuente: Los autores)

Para comandar este elemento fue necesario adquirir un micro controlador 16F819 y un TIP32C que describimos a continuación. El cual recibe la señal de la tarjeta NI USB 6008, este micro controlador se utilizo un mínimo de su capacidad de trabajo ya que se utilizo solamente para este procedimiento (ver programación en el anexo 4).

Micro controlador 16F819 (Figura 2.32)



**Figura 2.32** Micro controlador 16f819

(Fuente: <http://cdn.sigma.octopart.com/172681/image/Microchip-PIC16F819-I/P.jpg>)

El PIC 16F819 es compatible pin a pin con la familia 16C71x, no debería ser necesario realizar modificaciones en el hardware que hoy usa 16C71x para que funcione con 16F819. No obstante, incorpora una serie de características nuevas que deberán ser tenidas en cuenta dado que algunos módulos comparten los pines para su conexión con el mundo exterior.

Las nuevas características son:

Conversor A/D de 10 bits (en vez de 8 bits)

SSP (Synchronous Serial Port) con SPI e I<sup>2</sup>C

Timer1 (16 bits)

Timer2 (8 bits + prescaler + postscaler)

CCP (Captura, Comparación 16 bits y PWM hasta 10 bits)

Brown-out detection

Oscilador interno con 8 frecuencias de trabajo entre 31KHz y 8MHz

Acceso lectura/escritura a la memoria de programa

ICD (In-Circuit Debugging)

El port A está completo, por lo que tenemos 16 I/O en vez de 13 como en el 16C71x. Esto se logra reutilizando pines que se hallaban dedicados (OSC1 y 2, MCLR). Se deberá inicializar los pines nuevos como entradas para coexistir con el hardware existente.

El conversor analógico-digital es de 10-bits de resolución, incorporando una entrada más (5 en total), mayor cantidad de combinaciones de entradas/referencias y tres nuevas posibilidades de clocking.

El Timer 1 es un contador de 16-bits que puede contar sincrónica o asincrónicamente, con reloj interno o externo, y puede interrumpir al procesador cuando desborda (overflow interrupt). Posee además la opción de utilizar un oscilador independiente que comparte los pines con el GPIO, diseñado para funcionar con un cristal de 32,768KHz.

El Timer 2 es un contador de 8-bits con prescaler (1:1,1:4,1:16) que cuenta hasta igualar el valor en un registro. Esta situación alimenta a su vez a un postscaler programable (1:1 a 1:16) que puede interrumpir al procesador.

El módulo CCP puede capturar la cuenta del Timer1 en dos registros de 8-bits al momento de ocurrir un cambio en su entrada (CCP1, compartida con RB3). Puede configurarse también para comparar la cuenta del

Timer1 con el valor de sus registros y operar sobre su salida (CCP1, compartida con RB3) cuando coinciden.

En ambos casos, puede generar una interrupción. Otra configuración posible es como generador de PWM, recibiendo clock a través del Timer2 y usando sus registros para controlar período y ciclo de trabajo, con una resolución de hasta 10 bits.

El SSP es un port serie sincrónico que puede funcionar en modo SPI (full duplex, 3 pines) o I<sup>2</sup>C master o slave, soportando direccionamiento.

La memoria de programa (flash) puede ser accedida de forma indirecta mediante el mismo mecanismo con el que se accede a la EEPROM.

CTC-006 1CTC-006, Migración de PIC 16C71x a 16F819

El módulo ICD permite realizar debugging en circuito a través de MPLAB ICD, a expensas de utilizar parte de los recursos (MCLR/Vpp, RB7 y RB6) para esta función.

Otra característica adicional del 16F819 es que posee 8 configuraciones posibles de reloj, y el oscilador interno puede entregar dos clocks: uno de 32,768KHz y otro entre 125KHz y 8MHz, controlable por programa.

Software

El PIC16C71x direcciona GPR desde la posición 0Ch, y hasta 4Fh inclusive (2Fh para C71 y C710), accesible en ambos bancos (0 y 1), siendo las primeras posiciones ocupadas por SFRs diferentes en cada banco.

El 16F819 en cambio tiene SFRs en los cuatro bancos, de 0 a 1Fh inclusive. El direccionamiento de GPR se realiza desde 20h hasta 7Fh en el banco 0 (96 bytes), y hasta 3Fh en el banco 1 (32 bytes) dando un total de 128 bytes. Las áreas de GPR no implementadas, en cualquier banco, acceden al banco 0.

Por igual razón, los SFR de acceso y control del A/D están mapeados en posiciones de memoria diferentes.

No obstante, los SFR básicos coinciden.

El conversor analógico-digital es de 10-bits en vez de 8-bits, pero con un simple truco es posible accederlo como si fuera de 8-bits, si nuestra aplicación no se beneficia de la mayor precisión o ésta resultara una complicación para los cálculos: seteando el formato “justificación a la izquierda”, pueden leerse los 8 bits más significativos de ADRESH, resultando en una precisión efectiva de 8 bits.

La memoria de programa puede leerse de forma indirecta a través de los registros de acceso a la EEPROM; esto nos permite incorporar tablas o datos en flash, o hacer una verificación en campo del contenido de la memoria de programa.

La configuración de ambos chips es diferente, y la cantidad de opciones nuevas que nos brinda el 16F819 hace que debamos prestar atención a la inicialización del chip a la hora de portar nuestra aplicación. Se recomienda la lectura de las correspondientes hojas de datos.

### Programación

El PIC 16F819 requiere que el PICStart Plus tenga revisión de firmware 3.11 o superior. Además el 16F819 soporta Low Voltage Programming (LVP), pudiendo ser programado a 5V.

### Diferencias eléctricas

Las especificaciones eléctricas son diferentes dado que se trata de dispositivos diferentes, pero resultan en la mayoría de los casos, y a igual tensión de operación, funcionalmente equivalentes. Se recomienda la lectura de las correspondientes hojas de datos para detalles más específicos.

### Errata

El PIC 16F819 incorpora el módulo SSP, el mismo tiene una errata documentada. Si intenta utilizarlo como mejora al migrar su aplicación, se sugiere la lectura de la errata correspondiente a este módulo.

Según consta en erratas, el oscilador interno tiene un corrimiento y jitter algo mayor al que Figura en la hoja de datos, téngalo en cuenta si depende de él como base de tiempo.<sup>12</sup>

Transistor TIP32C (Figura 2.33)



**Figura 2.33** Tip32C

(Fuente: <http://shop.rabtron.co.za/catalog/images/TIP32C.jpg>)

Es un grupo de transistores complementarios está formado por dos transistores de iguales características en el que uno es NPN y el otro, PNP. Son imprescindibles en las etapas contrafásicas o push-pull.

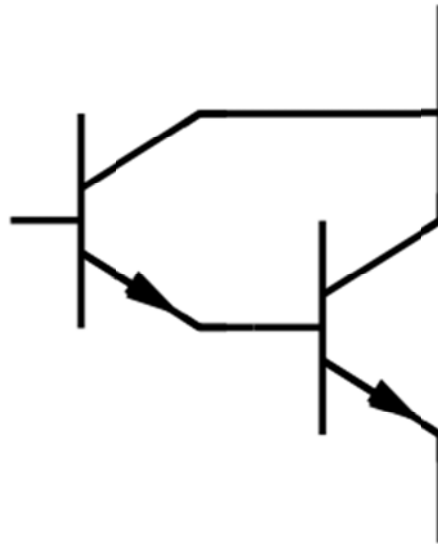
Se denomina transistor Darlington es un dispositivo semiconductor que combina dos transistores bipolares en un tándem (a veces llamado par Darlington) en un único dispositivo.

La configuración (originalmente realizada con dos transistores separados) fue inventada por el ingeniero de los Laboratorios Bell Sidney Darlington. La idea de poner dos o tres

---

<sup>12</sup> CAPRILE Sergio R, Migración de PIC 16C71x a 16F818, 2003  
[http://www.cika.com/soporte/TechComm/CTC-006\\_Migrar\\_16C71x\\_16F818.pdf](http://www.cika.com/soporte/TechComm/CTC-006_Migrar_16C71x_16F818.pdf)

transistores sobre un chip fue patentada por él, pero no la idea de poner un número arbitrario de transistores que originaría la idea moderna de circuito integrado.<sup>13</sup>



**Figura 2.34** Darlington

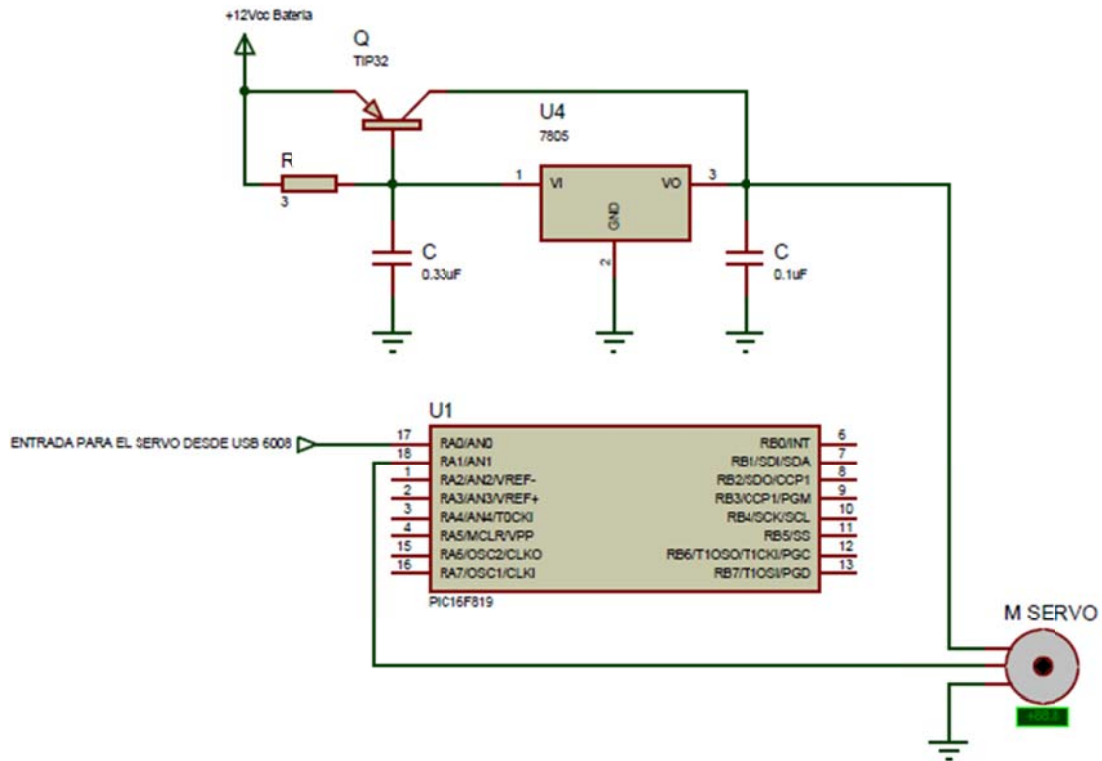
(Fuente: Transistor Darlington)

Su conexión se puede ver en la siguiente Figura, para utilizar los elementos de conexión como resistencia y condensadores no basamos en el DATASHEET que podemos ver en el anexo 2.

---

<sup>13</sup> WIKIPEDIA, Transistor Darlington, 2011  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_Darlington](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_Darlington)





**Figura 2.35** Conexión del servomotor

(Fuente: Los autores)

## 2.4 Construcción del software en programación grafica para los sistemas de advertencia y control de anomalías de los sistemas auxiliares para el funcionamiento de un motor a diesel

El Software diseñado tiene como objetivo fundamental, tomar la información suministrada por los sensores analógicos especificados anteriormente y controlarlos por un programa de diseño gráfico como es el LabView, para posteriormente ser interpretado en el monitor para sus diferentes funciones.

Se partió de las siguientes especificaciones:

Que permita simplemente con el Software advertir y controlar las diferentes averías que se puedan presentar en el motor diesel con ejecución automática sin necesidad de un operario.

Que sea portátil y versátil para el manejo de cualquier motor diesel.

Que permita visualizar el funcionamiento del motor diesel con las siguientes características:

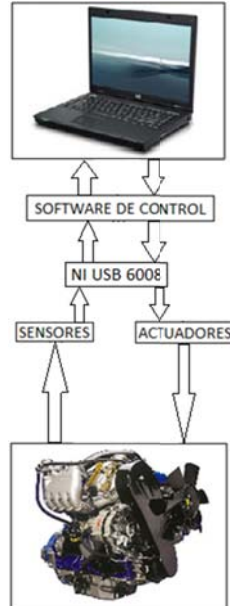
- Eficaz

- De fácil manejo, para la puesta en marcha del motor diesel

Para este tema en mención se desarrollo un Software en LabView, con el cual se lograron cumplir las características propuestas. A continuación se explica con un mayor nivel de detalle el desarrollo y componentes del Software diseñado.

#### 2.4.1 Esquema general

El esquema general del sistema se ilustra en la Figura 2.36 donde se observan los diferentes elementos que conforman el sistema de advertencia y control.



**Figura 2.36** Esquema de funcionamiento

(Fuente: Los autores)

## **2.4.2 Sistema eléctrico y electrónico**

Al igual que el Mecánico, el sistema Eléctrico y Electrónico ha sido diseñado localmente y concebido para ser construido con materiales de fácil acceso en nuestro medio. El Hardware de control y alimentación está basado fundamentalmente en el control al solenoide de la bomba de inyección, en donde se concentra el tema en estudio.

## **2.4.3 Rutina de procesamiento y tratamiento de las señales analógicas**

Utilizamos el asistente DAQ y configurado como entradas analógicas que es el encargado de censar el voltaje de los diferentes sensores como son: presión de aceite, temperatura y nivel de combustible, después de la cual se obtiene un bus de datos, que van a ser utilizados en la advertencia y control del funcionamiento.

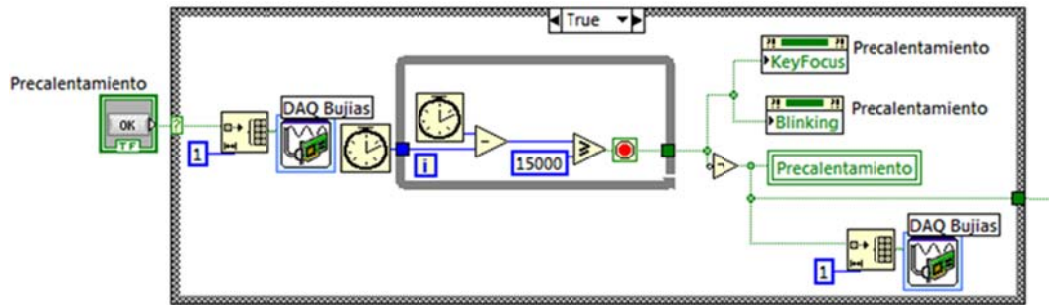
## **2.4.4 Dispositivos de comando y puesta en marcha del motor diesel**

- ❖ Precalentamiento de bujías
- ❖ Control de paso de combustible a través del solenoide
- ❖ Arranque del motor de combustión
- ❖ Control de aceleración

### **2.4.4.1 Precalentamiento de bujías**

Como sabemos este tipo de motores diesel requieren un precalentamiento antes del proceso de arranque, que consiste en calentar el diesel en la cámara de combustión, por el lapso de 15 segundos, para esto necesitamos comandar el transistor IRFZ44N, en la cual necesitamos una baja señal que va a venir desde el computador, a través de la tarjeta USB-6008.

En la siguiente Figura 2.37 vemos la programación gráfica para obtener la señal antes mencionada, donde al pulsar el botón de precalentamiento de la ventana principal, la DAQ envía una señal al relé a través del transistor que maneja la bobina durante 15 segundos, luego la bobina se apaga.

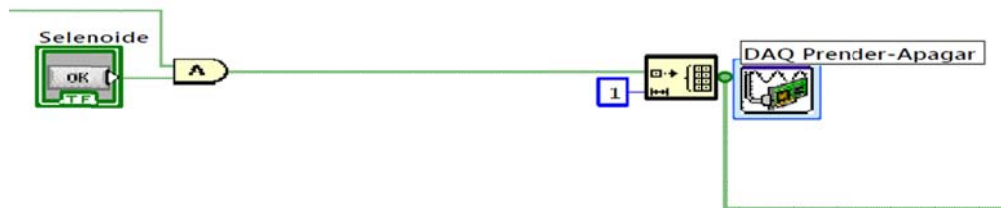


**Figura 2.37** Programación precalentamiento de bujías

(Fuente: Los autores)

#### 2.4.4.2 Control de paso de combustible a través del solenoide

Pues bien, este paso también es sencillo solamente necesitamos la señal del botón Solenoide de la ventana principal que va a pasar por la tarjeta USB-6008, que de igual manera va a comandar a otro transistor IRFZ44N, para cerrar a tierra la bobina del relé que comandara este solenoide, como se ve en la siguiente Figura 2.38 su esquema de programación.



**Figura 2.38** Programación de paso de combustible

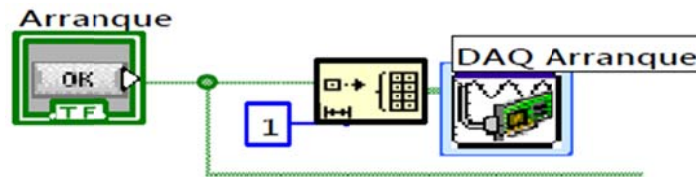
(Fuente: Los autores)

#### 2.4.4.3 Arranque del motor de combustión

Una programación gráfica similar a las dos anteriormente mencionadas, esta vez con los sistemas anteriores ya puestos en marcha, se procede al arranque del motor, para la cual activamos un pulsante de arranque de la ventana principal, para generar una señal hacia la tarjeta de adquisición de datos como es la USB-6008, y esta a su vez cerrar otro

transistor IRFZ44N, y dar paso a la excitación de la bobina del relé de arranque, esto en un tiempo prudente hasta que el motor se ponga en marcha, y luego quedara inactivo todo el proceso antes mencionado.

En la siguiente Figura 2.39 observamos esta programación antes mencionada, muy parecida a las anteriores.



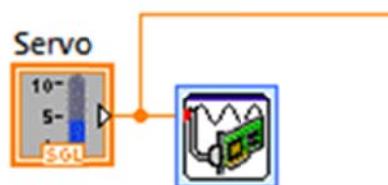
**Figura 2.39** Programación Para el arranque del motor

(Fuente: Los autores)

#### 2.4.4.4 Control de aceleración

En esta operación fue muy sencillo actuar ya que solo se necesitaba un voltaje analógico al micro controlador, el cual maneja al servomotor, como se ve en la siguiente Figura 2.40 la salida conectamos directamente al circuito de aceleración.

Para comandar esta variación del servomotor se utilizara las teclas PG UP y PG DN, pasando por la tarjeta de adquisición de datos, para finalmente actuar en el micro controlador 16F819 y actuar sobre el servomotor.



**Figura 2.40** Programación para control de aceleración

(Fuente: Los autores)

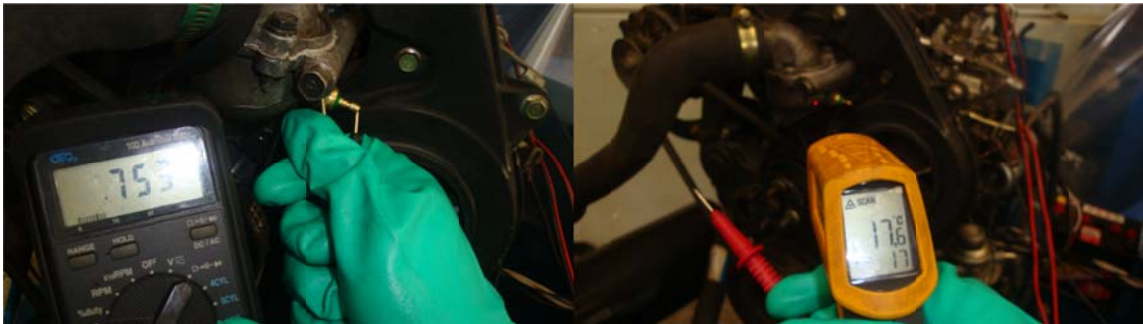
#### 2.4.5 Dispositivos de control y advertencia del motor diesel

- Advertencia y control de temperatura

- Advertencia y control de presión
- Advertencia y control de combustible
- Advertencia y control de voltaje

#### 2.4.5.1 Advertencia y control de temperatura

Para la configuración de esta parte del programa fue necesario obtener datos para proceder con la programación respectiva como vemos en la siguiente Figura 2.41, gracias a la utilización de un Pirómetro y un multímetro realizamos este procedimiento.



**Figura 2.41** Datos para temperatura

(Fuente: Los autores)

Podemos apreciar que cuando la resistencia en el sensor de temperatura fue de 0,753k, la temperatura fue de 17,6°C, este fue el procedimiento que se tomo, hasta obtener la siguiente tabla de datos.

Temperatura °C	Resistencia (kΩ)
17,6	0,753
20	0,732
42,2	0,198
54	0,123
56	0,115

57	0,110
58	0,105
60	0,100
61	0,95
62	0,92
63	0,88
67	0,77
68	0,71
70	0,70
71	0,67
72	0,64
74	0,61
81	0,54
85	46,8

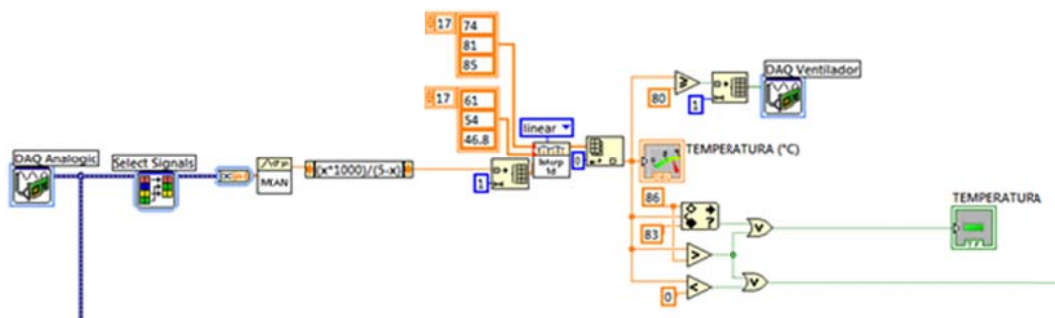
En la siguiente Figura 2.42 se indica el proceso para el funcionamiento de la advertencia y control de temperatura, comenzaremos midiendo el voltaje de entrada de la DAQ, luego pasamos el valor medido de voltaje al valor que tiene el sensor en ohmios, la temperatura medida saldrá cuando el valor medido del sensor en ohmios se calcule a partir de la interpolación lineal que se hace con una tabla que contiene los valores de resistencia que corresponden a una temperatura dada, seguidamente se hacen las operaciones de funcionamiento.

El ventilador se prendera con una temperatura mayor o igual a 80°C.

Para la advertencia en el panel principal (anexo 3) que se muestra en color verde con un funcionamiento normal, y que trabajara cuando cambien a color rojo, es decir si la

temperatura llega de 83°C hasta 86°C se encenderá la advertencia a color rojo indicando que el motor se apagará de no llegar a corregirse estos valores de funcionamiento.

Para el control, en caso de no corregirse los valores antes mencionados, es sistema hará que el motor se apague cuando la temperatura es mayor a 86°C, esto gracias a que el sistema está conectado al solenoide que es el encargado de apagar el motor de combustión.



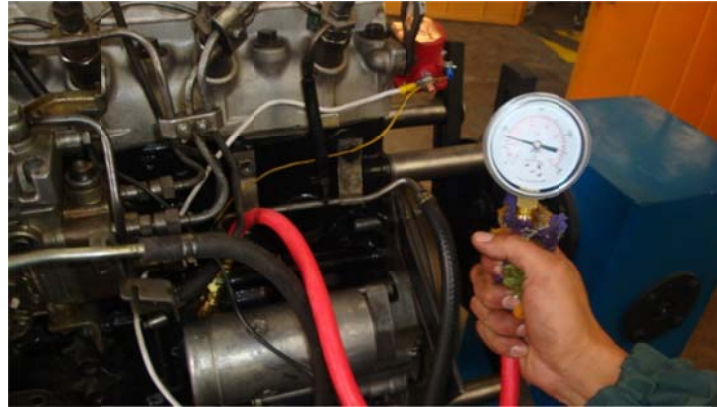
**Figura 2.42** Programación para advertencia y control de temperatura

(Fuente: Los autores)

#### 2.4.5.2 Advertencia y control de presión

En la siguiente Figura 2.43 se muestra el método que se utilizó para obtener los datos necesarios para continuar con la programación de esta parte como es la presión de circulación de aceite en el sistema, fueron de igual manera tomado con un multímetro y un manómetro de presión.





**Figura 2.43** Datos para presión

(Fuente: Los autores)

En este caso tomamos tres datos principales uno cuando el motor estuvo apagado otro en ralentí y el último en revoluciones máximas del motor, ya que estuvo muy complicado tener un valor exacto de resistencia en el sensor, cuando se variaba la aceleración.

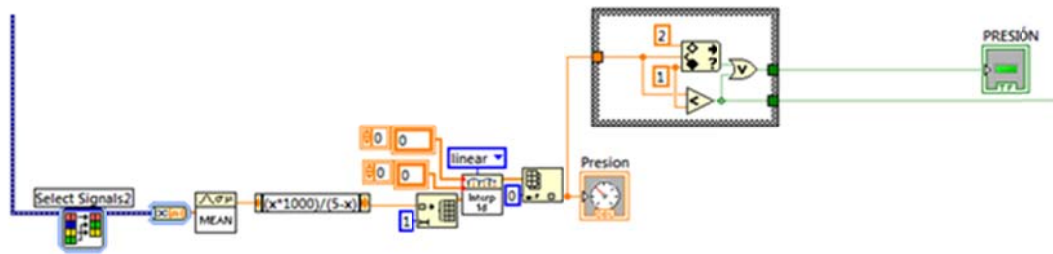
En la siguiente tabla se presenta estos valores obtenidos en la medición.

<b>Presión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia (k<math>\Omega</math>)</b>
0	0
3	40
5	50

Con estos valores comenzamos midiendo el voltaje a la entrada de la DAQ como se indica la Figura 2.44, pasamos del valor medido de voltaje al valor que tiene el sensor a ohmios, la presión medida saldrá cuando el valor medido del sensor en ohmios se calcule a partir de la interpolación lineal que se hace con una tabla que contiene los valores de resistencia mencionadas anteriormente que corresponden a la presión medida.

En este caso la advertencia que se ubica en el panel principal (anexo 3) que esta de color verde con funcionamiento normal, va a cambiar a color rojo cuando la presión este entre 1 kg/cm<sup>2</sup> y 2 kg/cm<sup>2</sup>, advirtiendo que el motor se apagara si no se regula los parámetros normales de funcionamiento que están entre 2.1kg/cm<sup>2</sup> y 5 kg/cm<sup>2</sup>

A continuación se realiza las operaciones de control es decir que el motor se apaga cuando la presión es menor a  $1 \text{ kg/cm}^2$ , actuando de igual manera esta señal sobre el sistema de funcionamiento del solenoide



**Figura 2.44** Programación para advertencia y control de temperatura

(Fuente. Los autores)

### 2.4.5.3 Advertencia y control de combustible

De igual manera, se tomo datos del sensor de combustible, utilizando un multímetro y variando la posición de la boya manualmente, es decir obtuvimos los tres datos, principales: nivel bajo, nivel medio y nivel alto, en la siguiente Figura 2.45 se presenta el método utilizado.



**Figura 2.45** Datos para nivel de combustible

(Fuente: Los autores)

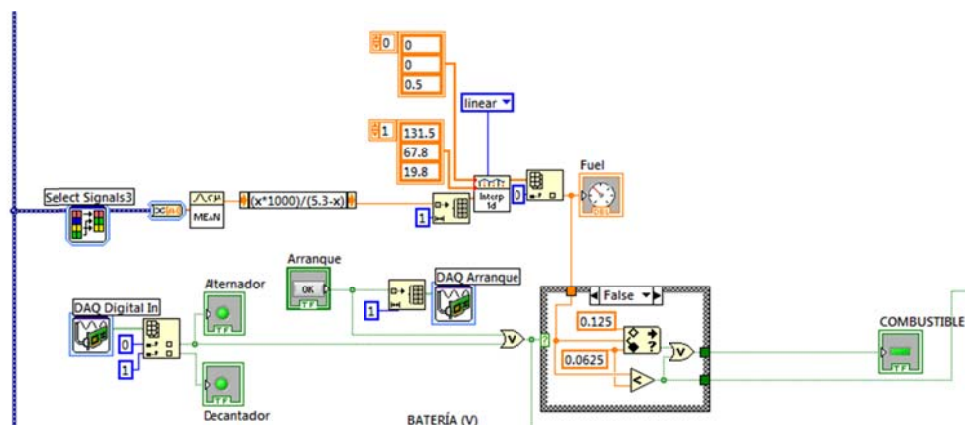
Con las mediciones obtenidas, obtenemos la siguiente tabla de valores.

Nivel de combustible	Resistencia ( $\Omega$ )
Bajo	19,8
Medio	67,8
Alto	131,5

Con los valores que obtuvimos, al igual que el anterior, comenzamos midiendo el voltaje a la entrada de la DAQ para luego pasar del valor medido de voltaje al valor que tiene el sensor a ohmios, el nivel de gasolina medida saldrá cuando el valor medido del sensor en ohmios se calcule a partir de la interpolación lineal que se hace con la tabla que contiene los valores de resistencia que corresponden al nivel de gasolina medido.

Para las operaciones de control, la advertencia de combustible que está encendida en verde en el panel principal (anexo 3) cuando el nivel de diesel es adecuado, cambiara a rojo cuando el nivel es menor o igual a 1/8 de su nivel, entonces aquí también advertirá que el motor se va a apagar si no se toman medidas como el abastecimiento de combustible, en caso que no se tome esta acción el motor se apagara cuando el nivel de combustible sea menor o igual a 1/16.

En la siguiente Figura 2.46 se muestra el esquema de programación grafica que presenta este sistema.



**Figura 2.46** Programación para advertencia y control de combustible

(Fuente: Los autores)

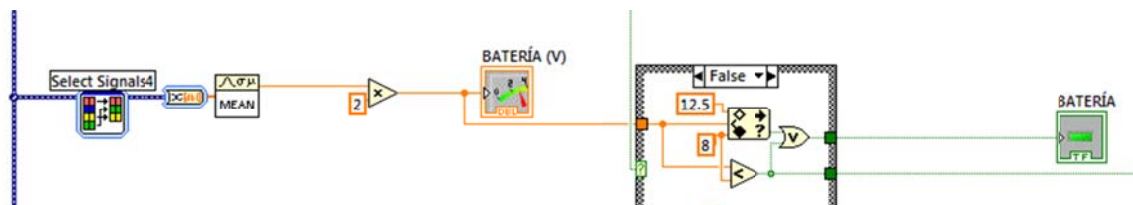
#### 2.4.5.4 Advertencia y control de voltaje

Este sistema a pesar de no ser peligroso en caso de presentarse alguna avería, es necesario controlar la carga de la batería, ya que es un elemento indispensable para poner en marcha el motor de combustión.

Este procedimiento que explicaremos es un poco más sencillo que los anteriores, en la siguiente Figura se ve el esquema de programación, ahora directamente comenzaremos midiendo el voltaje de entrada en la DAQ, multiplicamos por dos ya que el voltaje de la batería está dividido para dos.

En lo que se refiere al sistema de advertencia y control, el indicador del panel principal (anexo 3) con la carga normal y estado de la batería esta encendido de color verde, el indicador de advertencia se encenderá rojo y avisando que el motor se apagará si no se toman medidas de revisión como el sistema de carga o batería, esto lo hará cuando la batería este entre 8V y 12.5V.

Mientras que el motor se apagará si el voltaje es menor a 8V, todo este proceso, cuando el motor este funcionando



**Figura 2.47** Programación para advertencia y control de voltaje

(Fuente: Los autores)

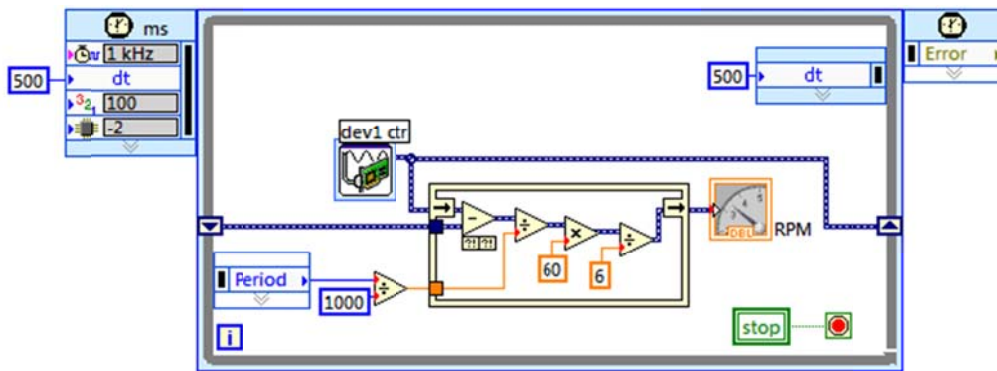
#### 2.4.6 Dispositivos de visualización de diferentes sistemas del motor diesel

- Revoluciones del motor
- Decantador de combustible
- Indicador de carga de batería

### 2.4.6.1 Revoluciones del motor

En la Figura 2.48 se muestra la programación para el sensor de revoluciones, teniendo ya la señal del sensor magnético como salida para la tarjeta de adquisición de datos se uso la estructura WHILE la que se ejecuta cada 500ms, en cada periodo de ejecución los pulsos contados son convertidos en revoluciones por minuto.

Esta indicador se puede ver en el panel principal (anexo 3), donde se visualiza las RPM del motor de combustión, para regular a cierto orden de trabajo, según sean las exigencias del mismo, ya sea para regular caudal, presión, o cualquiera que sea su aplicación.



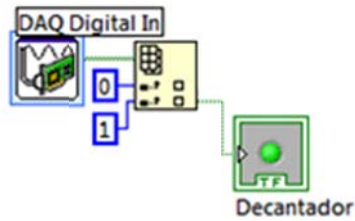
*Figura 2.48* Programación para visualización de RPM

(Fuente: Los autores)

### 2.4.6.2 Decantador de agua en el combustible

Se presenta a continuación un sistema que indica la presencia de agua en el combustible, como se trata de un interruptor sencillo, entonces para la programación fue mucho más fácil que las anteriores.

Se leen los valores booleanos del decantador de combustible a través de la DAQ, en este caso tenemos 0 o 1 y directamente visualizamos en el panel principal (anexo 3) si hay presencia de agua el indicador se enciende color verde, caso contrario el encendedor se apagará, en la Figura se ve el esquema de programación.



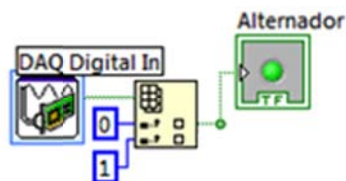
**Figura 2.49** Programación para la visualización del indicador del decantador

(Fuente: Los autores)

### 2.4.6.3 Indicador de carga de batería

Muy parecido al anterior, simplemente este interruptor va a detectar si el alternador gira o no gira, nada más, es decir igualmente vamos a procesar una señal 0 o 1.

Nuevamente se leen los valores booleanos del giro del alternador a través de la DAQ como se ve en la Figura esta señal se procesa y se obtiene la indicación en el panel principal (anexo 3), si el alternador gira el indicador estará verde caso contrario este indicador se apagará.



**Figura 2.50** Programación para la visualización el giro del alternador

(Fuente: Los autores)

**CAPÍTULO III: DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO  
DIDÁCTICO**

### **3.1 Resumen**

En el presente capítulo se elaborará el diseño del banco en el que será anclado el motor tomando en cuenta los diferentes esfuerzos y deformaciones que va a soportar el mismo durante el funcionamiento.

Para esto se utilizará el software denominado “Ansys” con el cual se simulará y calculará las diferentes variantes con el objetivo de que una vez construido el banco tenga una estructura segura y que soporte el peso del motor además de tener la funcionalidad necesaria.

### **3.2 Diseño del banco didáctico**

Para el diseño se tomó en cuenta la estética, funcionalidad y que posea la robustez necesaria para el peso del motor para que se obtenga la seguridad necesaria en el momento que entre en funcionamiento el motor de esta manera este elemento se convertirá en una herramienta de fácil manejo, lo que contribuye al aprendizaje de los estudiantes.



Para el diseño se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

#### **Cargas.**

Las cargas presentes en el diseño son fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Según su efecto sobre los cuerpos existen varios tipos de cargas.

- 1.- Carga Puntual o Concentrada
- 2.- Carga Uniformemente Distribuida
- 3.- Carga Uniformemente variada

Las cargas antes mencionadas se manifiestan en nuestro diseño de la siguiente manera.

-  Peso total del motor
-  Peso de los elementos auxiliares



**Esfuerzos:** El término fundamental para el estudio de la resistencia de los materiales es el llamado esfuerzo unitario, que es el cálculo de las fuerzas externas en una sección de un miembro el cual debe ser determinado por los conocimientos de la estática.

**Esfuerzo Unitario:** Puede ser definido como la fuerza interna por la unidad de área de una sección de unión. Hay dos tipos de esfuerzos. Esfuerzos normales los cuales actúan en forma perpendicular a las secciones en estudio y pueden ser de tensión o compresión dependiendo de sus tendencias a alargar o comprimir el material sobre el cual actúa.

**Deformación:** Un cuerpo sólido sometido a un cambio de temperatura o a cargas externas se deforma.

Los procesos son también aspectos de consideración relacionados directamente con la seguridad, donde se debe seleccionar la sujeción, soporte, y el factor de seguridad que es un número que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general, proporcionando un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias<sup>14</sup>

El dimensionamiento es otra consideración importante dentro del diseño, ya que si la estructura es sobre dimensionada se incurren en gastos no necesarios y si no esta suficiente mente dimensionado se corre el riesgo de que la estructura en el momento de anclar el motor, esta no resista o que se produzcan fracturas o deformaciones excesivas, por lo que con el software de simulación obtendremos el dimensionamiento adecuado para la estructura con las características ya mencionadas.

Se procedió a realizar los dibujos o planos del Banco Didáctico los cuales se pueden observar en el anexo 6 tratando de mantener la funcionalidad antes mencionada además de tratar de reproducir un diseño ya antes probado como soporte de motores para el despiece, con la diferencia de que el banco esta diseñado tomando las condiciones y exigencias necesarias para soportar el motor RAM 3500 en su ciclo de trabajo,

---

<sup>14</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, *Mecánica de Materiales*, Tercera Edición, Mc Graw – Hill Interamericana, México, 2004. p. 363

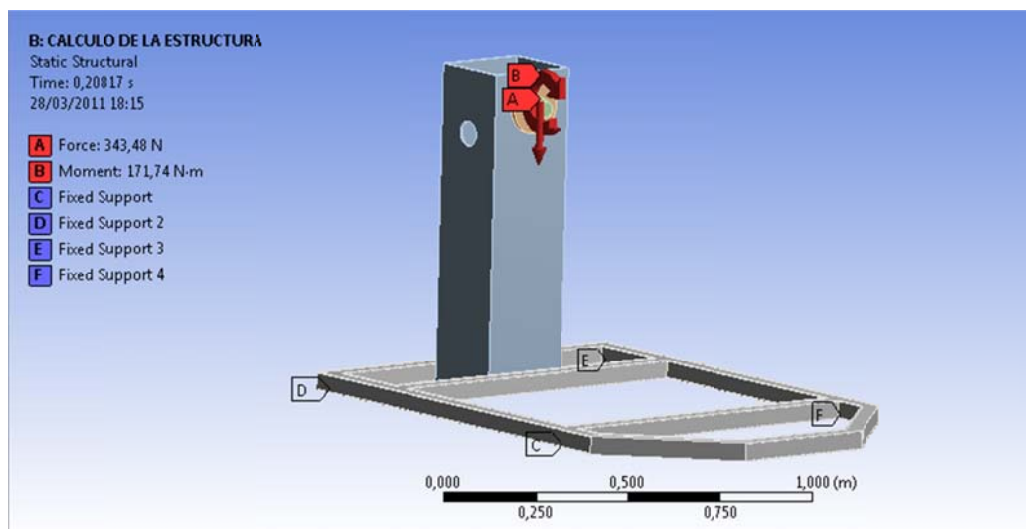
adicionando el radiador y el depósito de refrigerante, además de un depósito de combustible para el funcionamiento del motor.

### 3.2.1 Análisis Estructural y elección del material a utilizar para la construcción del banco

Para este análisis se utilizó una herramienta informática llamada “ANSYS” con la cual se pudo realizar de forma rápida el estudio de las fuerzas aplicadas en el Banco para la elección correcta del material con el que se iba a construir el mismo.

Esta herramienta nos permite visualizar deformaciones, esfuerzos, cargas, momentos y puntos en los que se encuentra concentradas las cargas antes mencionadas y mediante la simulación de estos esfuerzos sobre el Banco calcularlas obteniendo valores reales con los que se puede trabajar y tomar decisiones adecuadas en la elección del material.

### 3.2.2 Resultados obtenidos en Programa



*Figura 3.1* Calculo de la estructura

(Fuente: Los autores)

### ***Tensiones:***

Se denomina tensión mecánica al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área en el entorno de un punto material dentro de un cuerpo material o medio continuo. Un caso particular es el de tensión uniaxial, que se define como la fuerza  $F$  uniformemente distribuida, aplicada sobre un área  $A$ . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega  $\sigma$  (sigma) y viene dada por: (Ecuación 3.1).

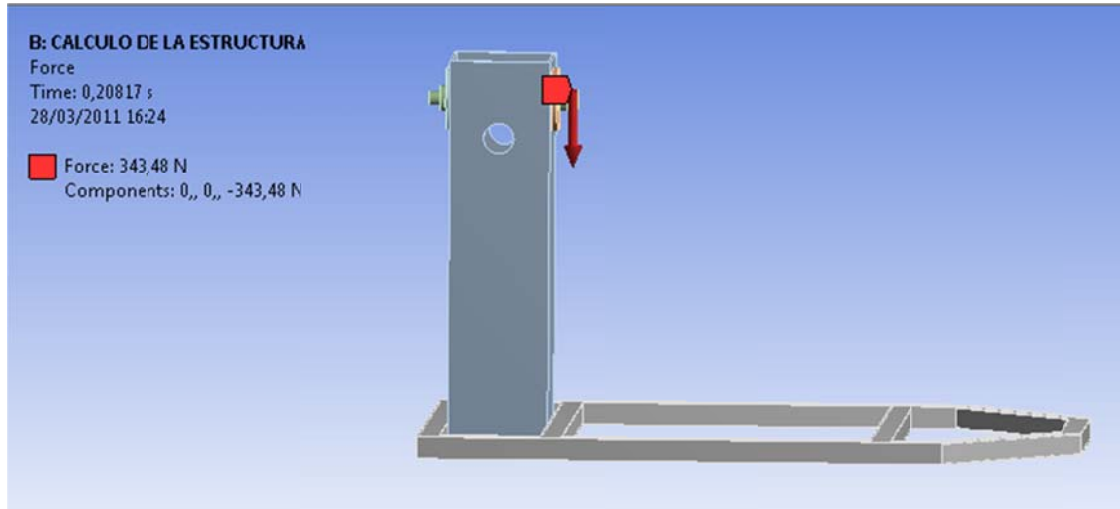
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{ecu.3.1})$$

- Siendo las unidades [Pa] (pascal = [N/m<sup>2</sup>]), [MPa] = 10<sup>6</sup> [Pa] (y también [kp/cm<sup>2</sup>]).

La situación anterior puede extenderse a situaciones más complicadas con fuerzas no distribuidas uniformemente en el interior de un cuerpo de geometría más o menos compleja. En ese caso la tensión mecánica no puede ser representada por un escalar. El coeficiente de Poisson se introdujo para dar cuenta de la relación entre el área inicial  $A$  y el área deformada  $A'$ . La introducción del coeficiente de Poisson en los cálculos estimaba correctamente la tensión al tener en cuenta que la fuerza  $F$  se distribuía en un área algo más pequeña que la sección inicial.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> SINGER, Ferdinand L, *Resistencia de Materiales*, Primera Edición, Harper & Row Latinoamericana, México, 1971. p .19

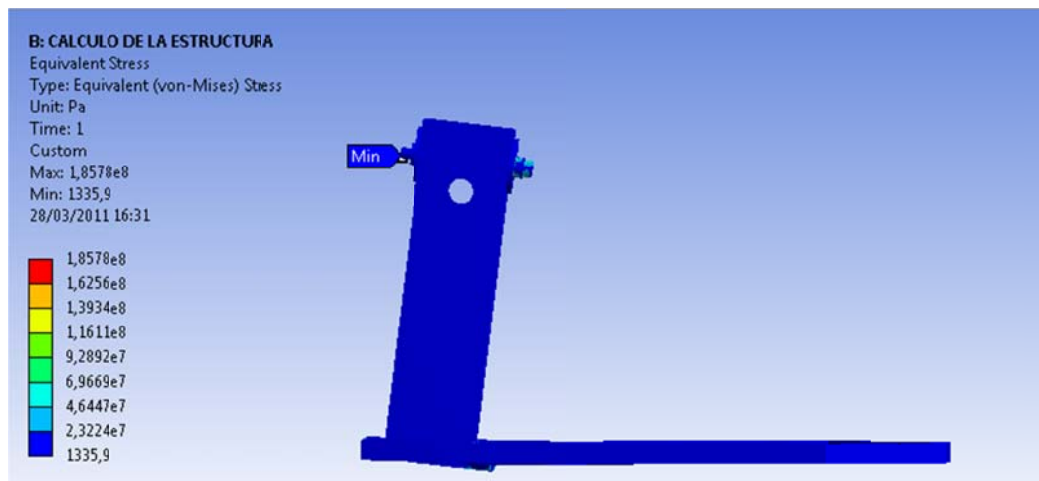


**Figura 3.2** Simulación de la Fuerza que soportara el banco

(Fuente: Los autores)

Como se puede observar en la Figura 3.2 en el banco, la fuerza aplicada esta posicionada directamente en el eje el cual soportara la misma y en la que se encontraran las tensiones máximas.

### 3.2.3 Tensión Equivalente



**Figura 3.3** Simulación de la tensión que soporta el banco

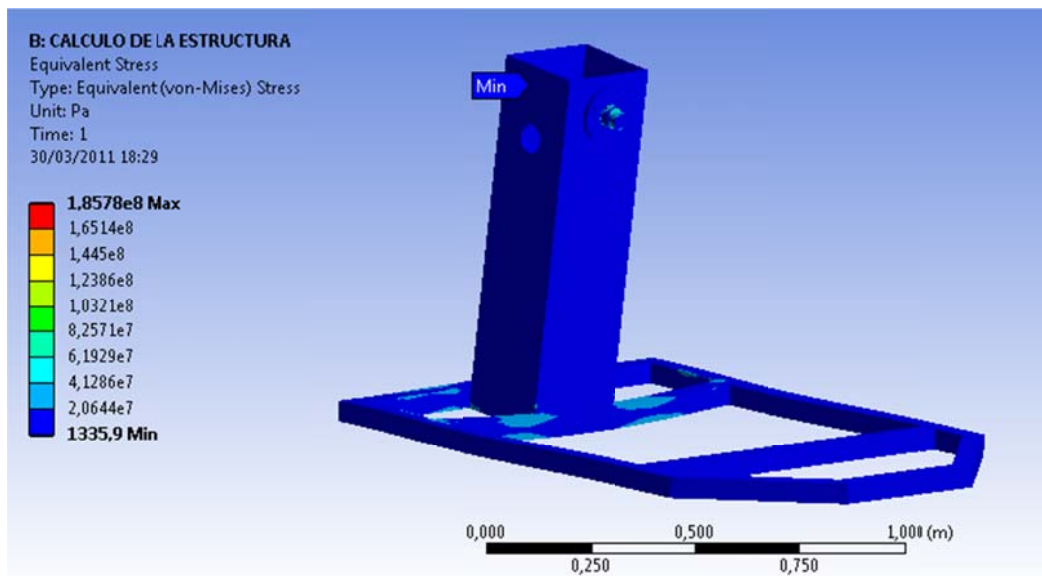
(Fuente: Los autores)

Como se observa en la Figura 3.3 la tensión equivalente de la estructura es de  $(1,8578e+8)$  la cual está dentro de los parámetros para el acero estructural el cual puede soportar una tensión equivalente máxima de 400MPa la cual se apreciara en la siguiente Tabla 3.1

**Apéndice B.** Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería<sup>1,5</sup> 747  
(Unidades SI)

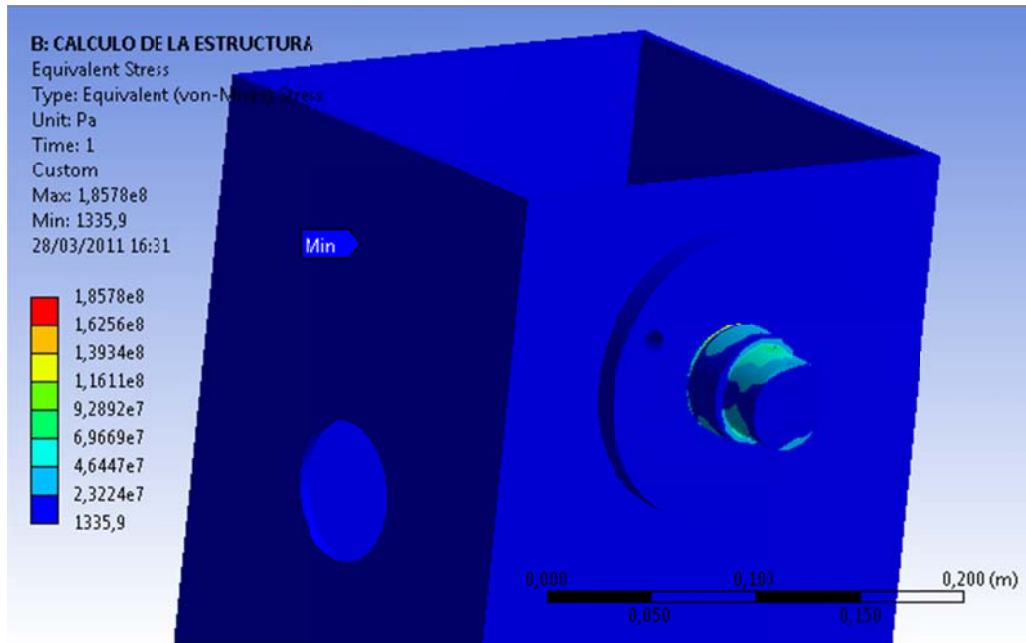
Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Fluencia <sup>2</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, MPa	Cor-tante, MPa	Tensión, MPa	Cor-tante, MPa				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
<b>Acero de refuerzo</b>										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	

**Tabla 3.1**



**Figura 3.4** Simulación de Tensiones

(Fuente: Los autores)



**Figura 3.5** Simulación de Tensión

(Fuente: Los autores)

La Figura 3.4 muestra la tensión que está aplicada en toda la estructura y al hacer un acercamiento en la Figura 3.5 se observa que el eje es que soporta la mayor tensión equivalente ya que aquí va a ser suspendido el motor.

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de tensión mínima y máxima a los que se encuentra sometida la estructura.

**Tabla de Valores de la Tensión**

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Tensión (Von Mises)	1335,9 Pa.	Eje 1	1,857e+8 Pa.	Eje 1

**Tabla. 3.2**

### 3.2.4 Deformaciones

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

#### **Medidas de la deformación.**

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria se define como el cambio de longitud por unidad de longitud: **(Ecuación 3.2)**

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{s' - s}{s} \quad (\text{ecu. 3.2})$$

Donde “s” es la longitud inicial de la zona en estudio y s' la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo.

#### **Deformaciones elástica y plástica.**

Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

#### **Deformación (visco) plástica o irreversible.**

Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

### **Deformación elástica o reversible.**

El cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

Comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y, en general, cualquier material, presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen.

Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos<sup>16</sup>

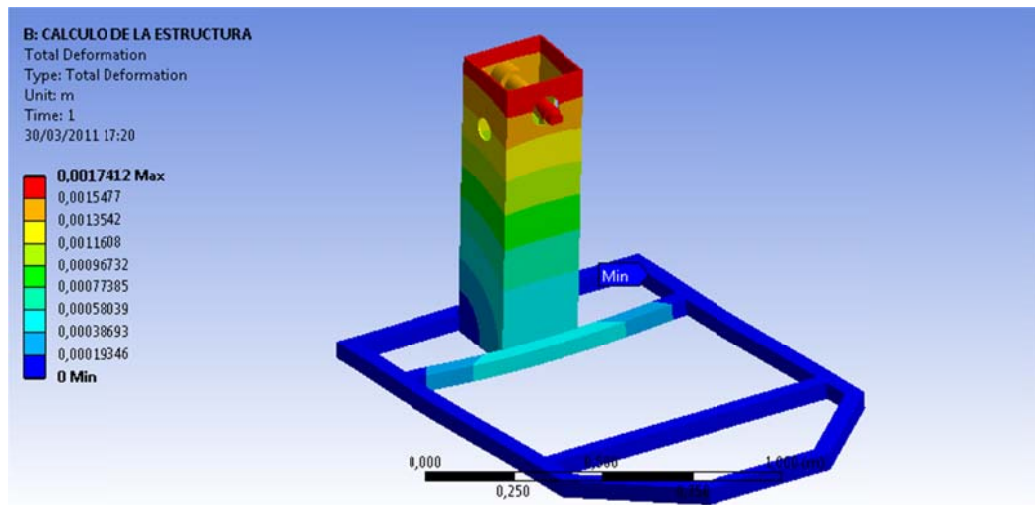
### **3.2.5 Deformación Total**

La deformación total que se produce en la estructura se da en la parte superior del eje y de la columna en la que se va a soportar el motor como podemos apreciar en la Figura 3.6

---

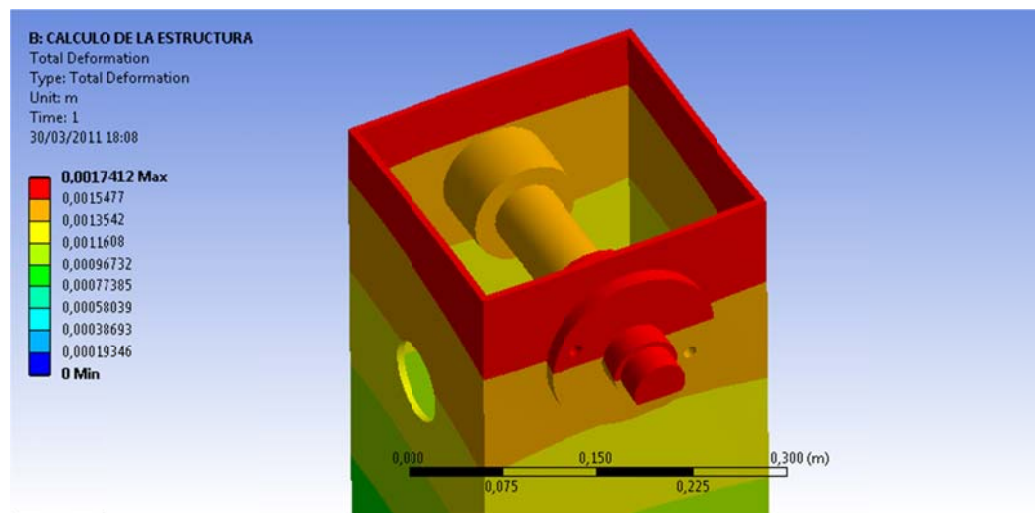
<sup>16</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 58.





**Figura 3.6** (Deformación Total)

(Fuente: Los autores)



**Figura 3.7** Acercamiento Deformación Total

(Fuente: Los autores)

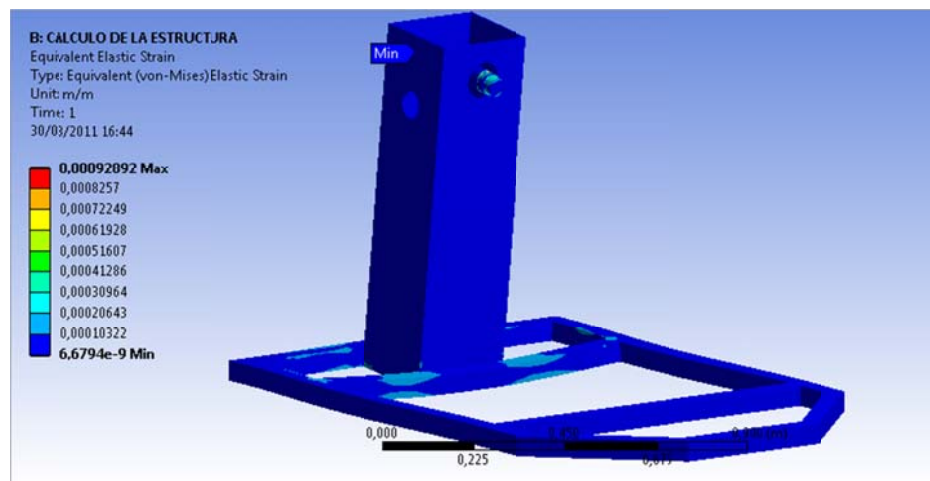
En la Figura 3.7 se observa de color rojo el lugar en la estructura que tiene la mayor deformación producida por recibir la mayor cantidad de tensión al soportar el motor.

### Tabla de Valores Deformación Total

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Deformación Total	0 m	Base Principal	1,7412e-003m	Caja 1

*Tabla. 3.3*

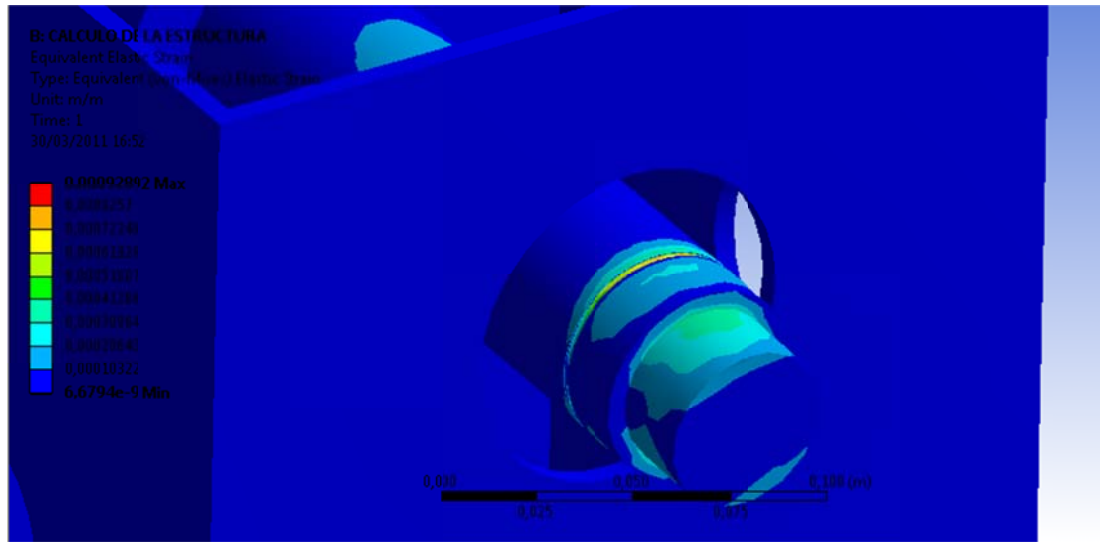
### 3.2.6 Tensión Elástica Equivalente (Von Mises)



*Figura 3.8* Deformación Elástica

(Fuente: Los autores)

En la Figura 3.8 se observa la deformación elástica que tiene la estructura la misma que se da en el mismo lugar donde se da la tensión máxima la cual es en el eje el mismo que es el que soportara el mayor peso del motor.



**Figura 3.9** Banco de pruebas acercamiento al eje

(Fuente: Los autores)

En la Figura 3.9 se puede observar con más detalle la deformación que sufre el eje, y se evidencia que la mayor deformación se produce sobre el apoyo del mismo con la estructura, el cual se ve de un color rojizo.

Tabla de Valores de Deformación:

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Deformación elástica	6,6794e-009 m/m	Eje	9,92892e-004m/m	Eje

**Tabla. 3.4**

### 3.2.7 Factor de Seguridad

La máxima carga que puede soportar a un elemento estructural o componente de maquinaria debe diseñarse de modo que su carga última sea bastante mayor que la carga que el elemento o componente llevará en condiciones normales de uso. Esta carga menor es la carga admisible y, a veces, la carga de trabajo o de diseño. Así sólo se utiliza una fracción de la carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible. El remanente de la capacidad del elemento se deja en reserva para asegurar un desempeño seguro. La razón entre la carga última y la carga admisible se define como factor de seguridad. De esta forma tenemos: **(Ecuación 3.3)**

$$\text{Factor de seguridad} = \text{F.S.} = \frac{\text{carga última}}{\text{carga admisible}} \quad (\text{ecu 3.3})$$

La determinación del factor de seguridad que deba usarse en las diferentes aplicaciones es una de las más importantes tareas de los ingenieros. Por una parte, si se escoge un valor muy pequeño la posibilidad de falla se incrementa; y si se escoge un valor muy grande el resultado es un diseño caro y no funcional. Para la mayor parte de las aplicaciones estructurales y de máquinas, los factores de seguridad se establecen por especificaciones de diseño y códigos de construcción escritos por comités de ingenieros experimentados que trabajan con sociedades profesionales, (con industrias o con agencias federales, estatales o municipales). Ejemplos de tales especificaciones de diseño y códigos de construcción son:

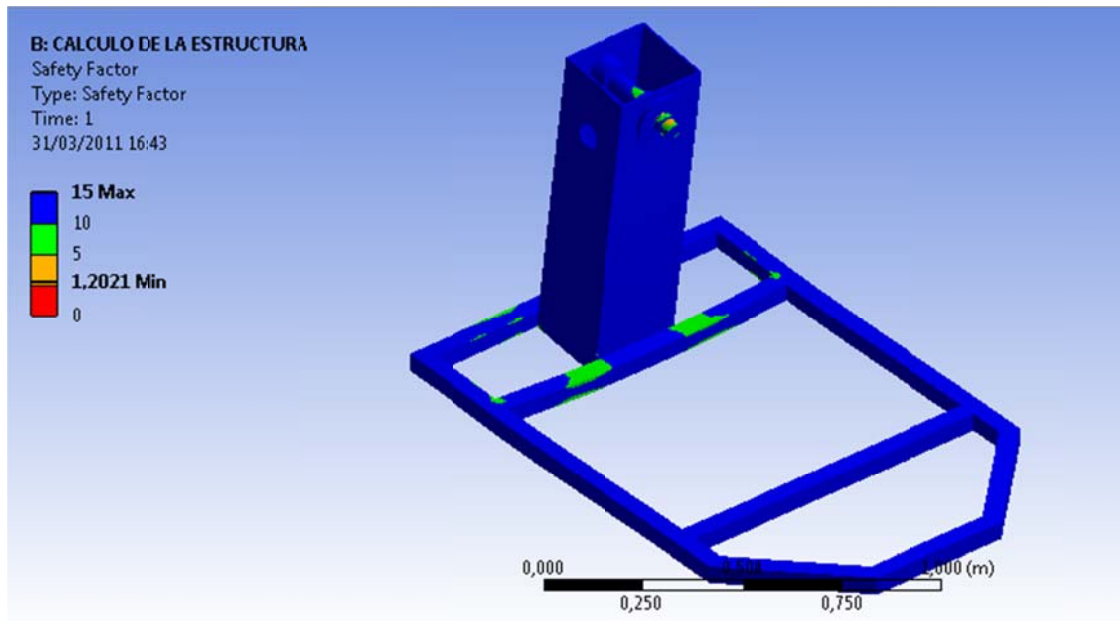
1. Acero: *American Institute of Steel Construction, Specifications for the Design and Erection of Structural Steel for Buildings.*
2. Concreto: *American Concrete Institute, Building Code Requirement for Reinforced Concrete.*
3. Madera: *National Forest Products Association, National Design Specifications for Stress-Grade Lumber and Its Fastenings.*
4. Puentes para carreteras: *American Association of State Highway Officials, Standard Specifications for Highway Bridges*<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 29.

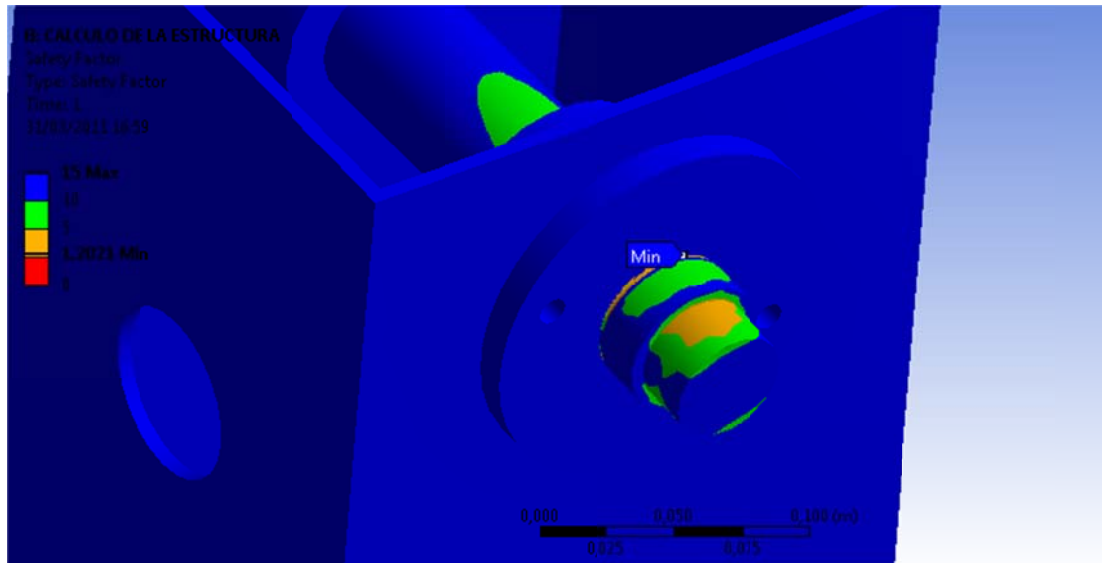
### 3.2.7.1 Factor de Seguridad en la estructura

En la Figura 3.10 observamos los puntos en los que el factor de seguridad disminuye teniendo un máximo de 15 y un mínimo de 1,2 el cual se encuentra en el eje, como aclaración el eje será manufacturado en acero de transmisión, el mismo que no fue calculado por el programa ya que en la lista de materiales incluidos en ASYS no constaba el mismo, el cual soporta un mayor esfuerzo con lo cual aseguramos que la estructura no tendrá ninguna falla en el momento de el anclaje del motor al mismo.



*Figura 3.10* Factor de seguridad

(Fuente: Los autores)



**Figura 3.11** Acercamiento al eje Factor de Seguridad

(Fuente: Los autores)

Una vez realizado los cálculos de la estructura se procedió a la elección del material, al comparar con los valores obtenidos en la simulación con los diferentes esfuerzos y deformaciones, además de la disponibilidad en el medio se llegó a la conclusión de que el acero estructural Astm A-36 es el adecuado para la construcción del banco. Además que es el mismo con el que se calculo y simulo en el programa por lo que se asegura los resultados obtenidos en el mismo brindando la mayor seguridad posible al momento de la construcción.

### **3.3 Construcción del Banco Didáctico:**

#### **3.3.1 Material**

El material a utilizar es el Acero estructural con normativa ASTM A 36 con el cual se realizo el cálculo en el programa ANSYS, el mismo que pudimos obtener en el medio, este acero fue utilizando en planchas y tubos estructurales con los cuales se procedió a la construcción del banco. (véase Anexo 8 propiedades Acero A-36)

### **3.3.2 Proceso de Construcción**

#### **3.3.2.1 Corte del Acero**

Para la fabricación del banco lo primero que se realizó fue el corte de el material, tubos estructurales y planchas a la medida necesaria, ya calculada, para la conformación del banco.

#### **3.3.2.2 Conformación de la Base**

Para la construcción de la base se utilizo tubos estructurales de 2" los mismos que fueron cortados a la medida necesaria para la unión de los mismos, se comenzó soldando el contorno de la base, para luego soldar los elementos de refuerzo, una vez conformada la base se procedió al doblado de la bandeja de recolección, esta bandeja tiene un espesor de 2mm, y por último se procedió a soldar las ruedas que facilitare el movimiento del banco.



*Figura 3.12* Base

(Fuente: Los autores)

#### **3.3.2.3 Conformación de la Columna**

La columna fue construida con plancha de acero de 6 mm la misma que como explicamos en el paso 3.3.2.1 ya fue cortada a las dimensiones requeridas, esta plancha

se soldó formando un rectángulo y con soldadura de penetración para asegurar la robustez ya que la columna soportara mayor carga.



**Figura 3.13** Columna

(Fuente: Los autores)

#### **3.3.2.4 Construcción del Sin fin y de la Corona**

Para la construcción de la corona y el sin fin se utilizó acero de transmisión el cual fue fresado y torneado para obtener la relación de transmisión requerida para que el giro del motor en el banco sea suave y progresivo.



**Figura 3.14** Corona

(Fuente: Los autores)





***Figura 3.15*** Eje

(Fuente: Los autores)



***Figura 3.16*** Eje sobre la corona

(Fuente: Los autores)

### 3.3.2.5 Construcción del Soporte del Radiador

El soporte del radiador se construyó con perfil tipo C de 25x40 y con tol de 1,6mm el que se soldó a la base mediante soldadura tipo MIC.



*Figura 3.17* Soporte del radiador

(Fuente: Los autores)

### 3.3.2.6 Construcción del Armario

Por último se construyó el armario en el cual se utilizó una plancha de 1.8 mm la misma que fue doblada y soldada para obtener la forma requerida, ya que en este se posicionaran los elementos electrónicos y eléctricos además de la computadora, sobre este armario se soldaron dos platinas las que soportaran el depósito del radiador.



***Figura 3.18*** Construcción del armario

(Fuente: Los autores)



***Figura 3.19*** Banco

(Fuente: Los autores)

**CAPITULO IV: DESARROLLO DE  
MATERIAL MULTIMEDIA DEL BANCO  
DIDACTICO**

## **4.1 Resumen**

Para una facilidad de utilización de la presente tesis, se presenta un material multimedia que combina diferentes medios como fotografías, textos, instrucciones, para expresar todo la información necesaria para el manejo correcto del diseño electrónico en mención.

La utilización de este material estará disponible para los estudiantes que lo requieran, por lo que se realiza de la manera más explicativa y breve, ya que no es tan complicado el manejo del presente bando del motor diesel.

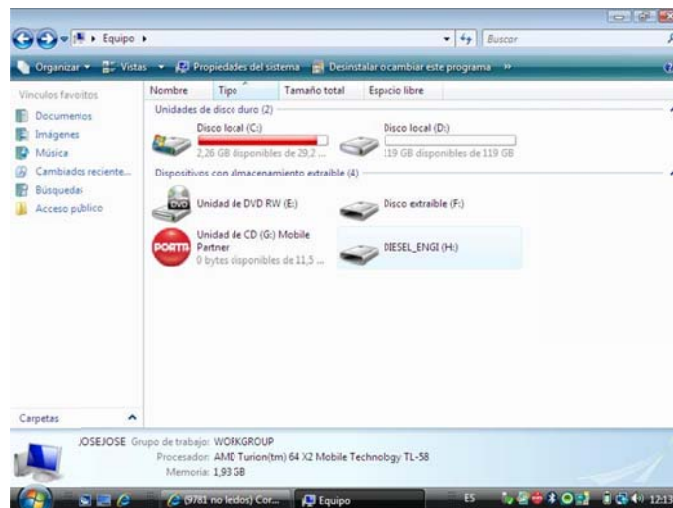
## **4.2 Instalación del software**

Para la utilización del presente programa, no es necesario tener instalado el LabView en el computador, ya que cuando se realizo la programación grafica, este software permite grabar todo el programa como un archivo ejecutable (.exe) por lo que las presentes indicaciones que se dan se las puede utilizar en cualquier ordenador.

### **4.2.1 Instrucciones para la instalación del archivo ejecutable**

En el siguiente proceso se indica de manera clara los pasos para la instalación del archivo ejecutable:

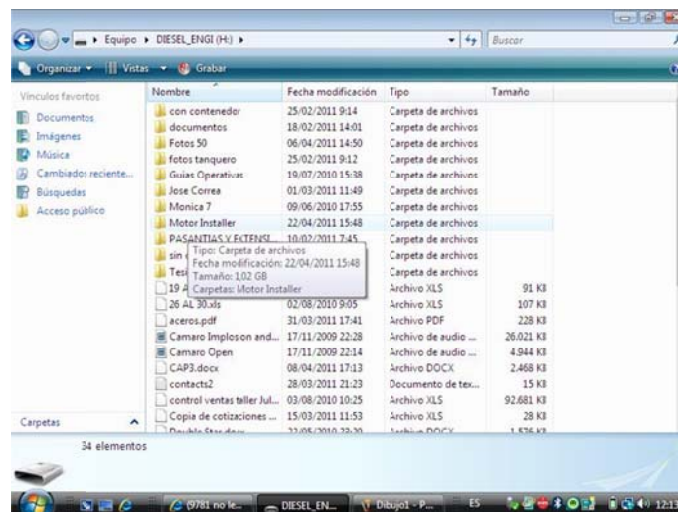
Ubicamos el dispositivo que contiene el programa, en este caso DIESEL\_ENGI (H:) como se ve en la presente Figura 4.1, y le damos un clic para entrar



**Figura 4.1** Ubicación del dispositivo

(Fuente: Los autores)

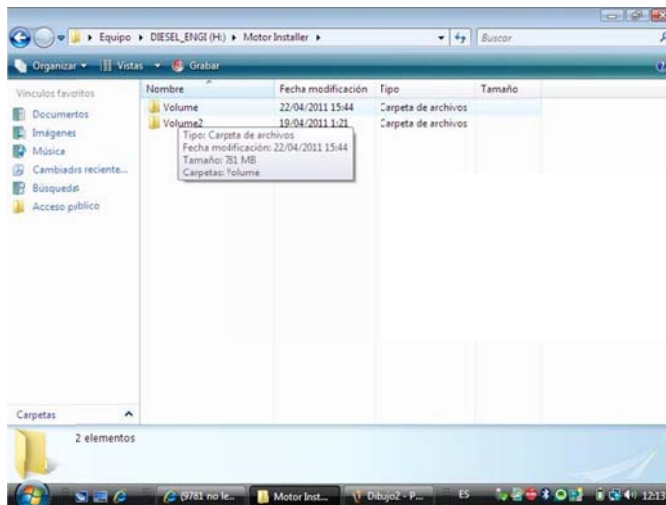
A continuación la carpeta Motor Installer y damos clic como se presenta la Figura 4.2



**Figura 4.2** Carpeta de archivos Motor Installer

(Fuente: Los autores)

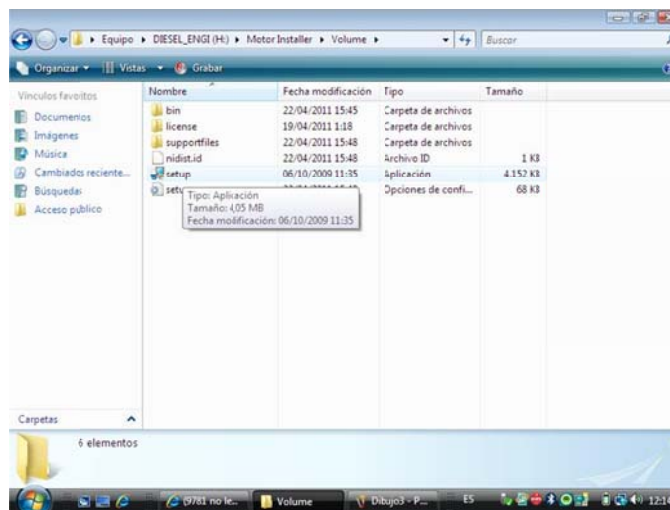
Luego accedemos a la carpeta Volume como se ve en la siguiente Figura 4.3



**Figura 4.3** Acceso carpeta Volume

Fuente. Los autores

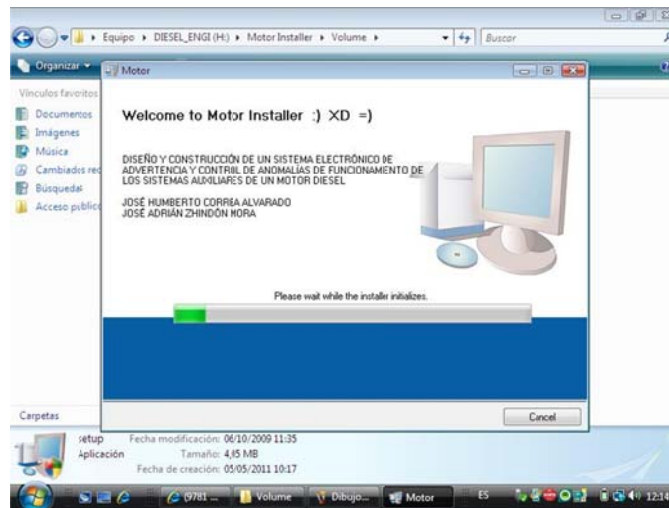
Encontramos el archivo setup y le damos clic ahí como se aprecia la Figura 4.4



**Figura 4.4** Archivo ejecutable

(Fuente: Los autores)

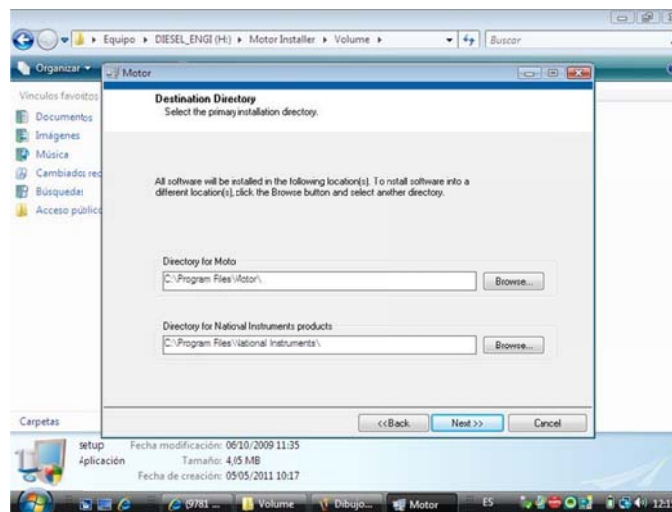
Esperamos que se cargue el archivo como se ve la siguiente Figura 4.5



**Figura 4.5** Carga de archivos

(Fuente: Los autores)

Ubicamos el lugar de instalación y a continuación damos un clic sobre Next>> que se presenta en la Figura 4.6

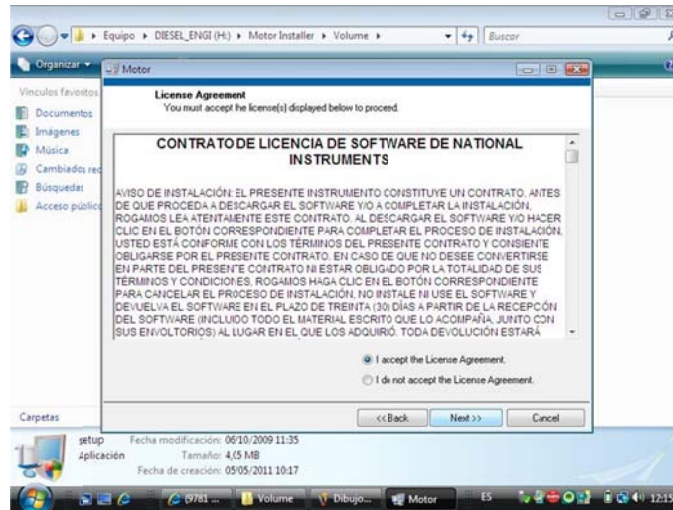


**Figura 4.6** Ubicación del lugar de instalación

(Fuente: Los autores)



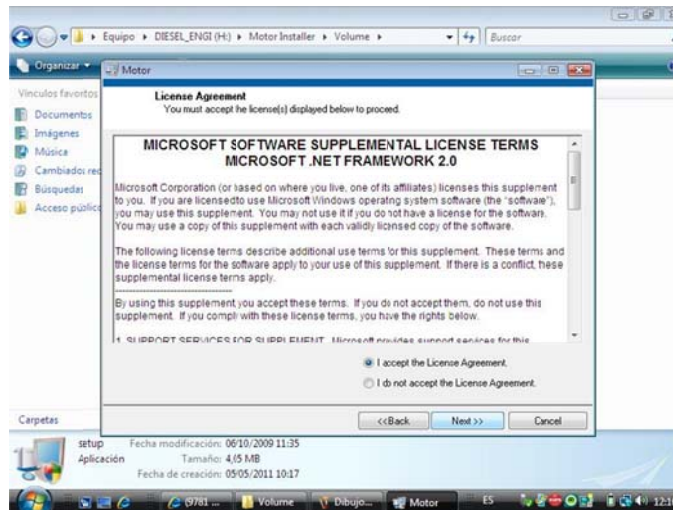
Aceptamos el contrato de licencia de National Instruments y damos Next>> (Figura 4.7)



**Figura 4.7** Aceptación de contrato de licencia National Instruments

(Fuente: Los autores)

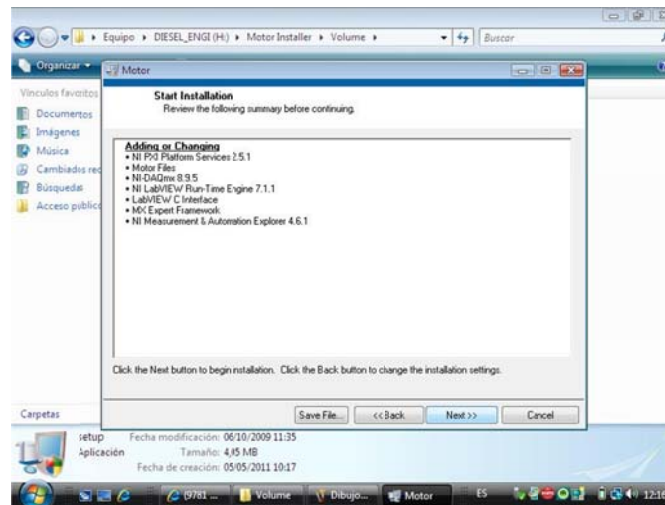
Seguidamente aceptamos la licencia Microsoft para el programa y cliqueamos Next>> como vemos la Figura 4.8



**Figura 4.8** Aceptación de licencia para Microsoft

(Fuente: Los autores)

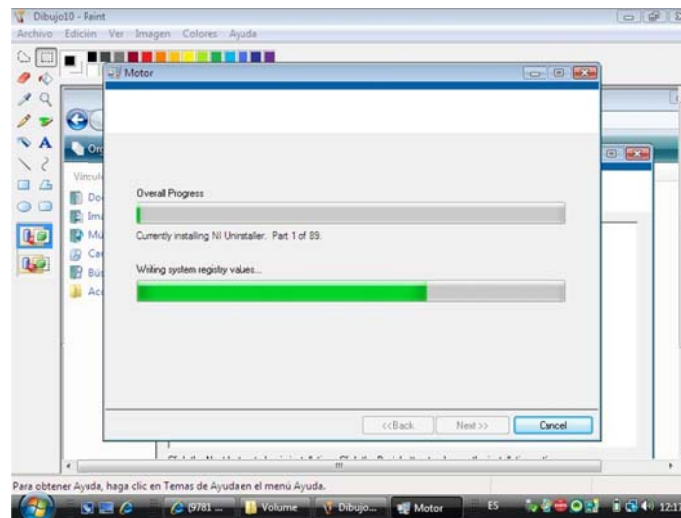
Comenzamos la instalación dando un clic sobre Next>> como vemos la Figura 4.9



**Figura 4.9** Inicio de Instalación del programa

(Fuente: Los autores)

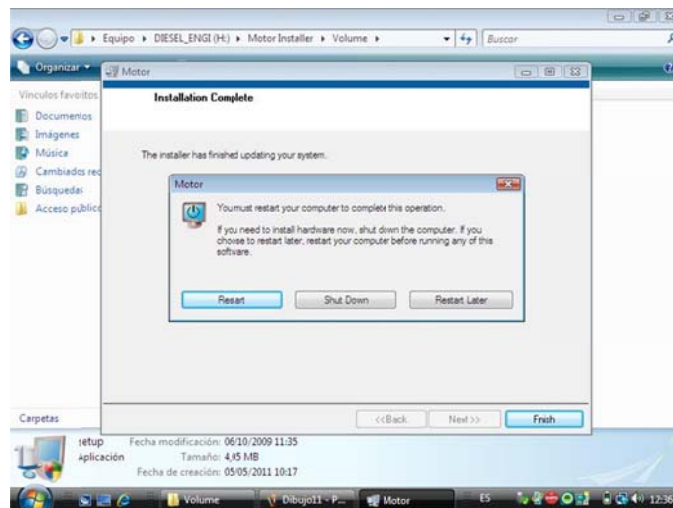
Esperamos el proceso de carga hasta completar el 100% que se presenta en la Figura 4.10



**Figura 4.10** Proceso de instalación

(Fuente: Los autores)

Finalmente damos un clic en Finish y seguidamente en Restart como vemos la Figura 4.11



**Figura 4.11** Finalización de instalación

(Fuente: Los autores)

### 4.3 Ejecución del archivo

Una vez reiniciado el ordenador, se instalará automáticamente un acceso directo en el escritorio con el nombre de Motor, como se ve la Figura 4.12



**Figura 4.12** Acceso directo

(Fuente: Loas autores)

Entramos en este acceso directo, y tendremos la presentación aproximada de 5 segundos en donde se presenta el tema, autores y director de tesis como indica la Figura 4.13



*Figura 4.13* Presentación

(Fuente: Los autores)

Luego de terminar la presentación entramos directamente al panel principal de instrumentos como muestra la Figura 4.14, y que se especifica cada uno de ellos en el anexo 3.



*Figura 4.14* Panel de control

(Fuente: Los autores)

#### **4.4 Puesta en marcha del motor diesel**

- Una vez iniciado el programa, procedemos a la activar el interruptor a la posición ON que se encuentra en panel del banco, al realizar esta operación la luz piloto de color verde también se encenderá, en el anexo 9 se puede apreciar estos dispositivos.
- Una vez realizado el paso anterior se procede a precalentar las bujías con botón PRECALENTAMIENTO que nos sirve para precalentar bujías por 15 segundos del panel de control (ver anexo 3), y este luego de los 15 segundos se desactivará automáticamente.
- Una vez precalentado el combustible se activa el botón SELENOIDE que trabaja como interruptor, es decir se activa o desactiva dando un clic sobre este botón, estos dispositivos se ven en el anexo 3.
- Ahora bien se procede a variar el dispositivo de CONTROL DE ACELERACION DEL MOTOR hasta el valor de 0.6, también se ve en el anexo 3 este dispositivo.
- Y por último se procede a dar arranque al motor diesel esto accionando el BOTON DE ARRANQUE, este botón actúa como pulsante, es decir se accionara hasta que el motor se ponga en marcha y luego se dejará en la posición inicial.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- La duración y eficiencia del motor de combustión interna depende del cuidado que se tenga a este, y mucho mas en un motor diesel, el panel de control es muy importante al momento de su funcionamiento, en el cual se visualizara el mal comportamiento que se presente ante una anomalía, pero a pesar de estos indicadores algunos conductores u operarios de maquinarias no conocen del riesgo que se pueda tener, por lo que es muy indispensable un sistema de advertencia y control de estos sistemas.
- En lo referente al banco didáctico, su estructura y diseño fueron previamente analizados para garantizar su durabilidad, ya que está sometida vibración, a más de eso el banco cuenta con acceso fácil a los diferentes componentes del motor, proporcionando así su manejo cómodo para los estudiantes.

### Recomendaciones:

- Mantener los niveles adecuados en los sistemas de refrigeración, combustible y lubricación, es muy importante, ya que de esto dependerá en buen funcionamiento del motor y así evitar el uso del sistema de advertencia y control, y tener así un normal funcionamiento.
- Leer el manual de indicaciones es muy importante antes de utilizar este banco didáctico, ya que cuenta con algunos procesos, no complicados, pero necesarios para poner en marcha el motor diesel sin ningún inconveniente.

## **BIBLIOGRAFIA**

**1** QUIMINET, El sistema de arranque automotriz, 2007

[http://www.quiminet.com/ar3/ar\\_bcBuvcdRsDF-el-sistema-de-arranque-automotriz.htm](http://www.quiminet.com/ar3/ar_bcBuvcdRsDF-el-sistema-de-arranque-automotriz.htm)

**2** CENTU Alexis, Puesta a punto de motores diesel

<http://es.scribd.com/doc/53089887/8-motor-diesel-puesta-a-punto-del-motor#>

**3** TIPLER Paul A, Física Tercera Edición, 2009, Editorial Reverté, S.A

**4** MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2001

<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

**5** MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2001

<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

**6** El sistema eléctrico, 2009

<http://es.scribd.com/doc/49367717/El-sistema-electrico>

**7** MEGANEBOY Dani, Sensores en el automóvil, 2010

<http://www.mecanicavirtual.org/sensores7.htm>

**8** WIKIPEDIA, Sensor inductivo, 2010

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_inductivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo)

**9** Sensor Proximidad Inductivo 10-30VDC 2mm Sens. PR08-2DN2

[http://www.mazcr.com/site/product\\_info.php?products\\_id=656](http://www.mazcr.com/site/product_info.php?products_id=656)

**10** WIKIPEDIA, Optoacoplador, 2010

<http://es.wikipedia.org/wiki/Optoacoplador>

**11** MOSFET, IRFZ44N MOS-FET (Metal–Oxide–Semiconductor – Field Effect Transistor) para PWM, 2010

<http://deividorozco.blogspot.com/2010/03/irfz44n-mos-fet-metaloxidesemiconductor.html>

**12** CAPRILE Sergio R, Migración de PIC 16C71x a 16F818, 2003

[http://www.cika.com/soporte/TechComm/CTC-006\\_Migrar\\_16C71x\\_16F818.pdf](http://www.cika.com/soporte/TechComm/CTC-006_Migrar_16C71x_16F818.pdf)

**13** WIKIPEDIA, Transistor Darlington, 2011

[http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_Darlington](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_Darlington)

**14** BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, *Mecánica de Materiales*, Tercera Edición, Mc Graw – Hill Interamericana, México, 2004. p. 363

**15** SINGER, Ferdinand L, *Resistencia de Materiales*, Primera Edición, Harper & Row Latinoamericana, México, 1971. p .19

**16** BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 58.

**17** BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 29.

**18** Datasheet 4N35

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/4N35.pdf>

**19** Datasheet TIP32C

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXqzzvq.pdf>

**20** Propiedades del acero estructural

[www.ipac-acero.com](http://www.ipac-acero.com)



# ANEXOS

## ANEXO 1

DATASHEET OPTOACOPLADOR 4N25<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/4N35.pdf>

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

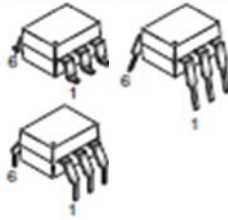
4N27  
H11A2

4N28  
H11A3

4N35  
H11A4

4N36  
H11A5

**WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)**



**SCHEMATIC**



PIN 1: ANODE  
2: CATHODE  
3: NO CONNECTION  
4: EMITTER  
5: COLLECTOR  
6: BASE

**BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)**



**DESCRIPTION**

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

**FEATURES**

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
  - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
  - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

**APPLICATIONS**

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)			
Parameter	Symbol	Value	Units
<b>TOTAL DEVICE</b>			
Storage Temperature	$T_{STG}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	$T_{OPR}$	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	$T_{SOL}$	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	250 3.3 (non-M), 2.94 (-M)	mW
<b>EMITTER</b>			
DC/Average Forward Input Current	$I_F$	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	$V_R$	6	V
Forward Current - Peak (300 $\mu\text{s}$ , 2% Duty Cycle)	$I_F(\text{pk})$	3	A
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	150 (non-M), 120 (-M) 2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
<b>DETECTOR</b>			
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	V
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	70	V
Emitter-Collector Voltage	$V_{ECO}$	7	V
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	150 2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

**INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
<b>EMITTER</b>						
Input Forward Voltage	( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	( $V_R = 6.0\text{ V}$ )	$I_R$		0.001	10	$\mu\text{A}$
<b>DETECTOR</b>						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	( $I_C = 1.0\text{ mA}$ , $I_F = 0$ )	$BV_{CEO}$	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ , $I_F = 0$ )	$BV_{CBO}$	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	( $I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$ , $I_F = 0$ )	$BV_{ECO}$	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	( $V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 0$ )	$I_{CEO}$		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	( $V_{CB} = 10\text{ V}$ )	$I_{CBO}$			20	nA
Capacitance	( $V_{CE} = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ )	$C_{CE}$		8		pF

**ISOLATION CHARACTERISTICS**

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) ( $f = 60\text{ Hz}$ , $t = 1\text{ min}$ )	$V_{ISO}$	5300			Vac(rms)
	('-'M', White Package) ( $f = 60\text{ Hz}$ , $t = 1\text{ sec}$ )		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	( $V_{I-O} = 500\text{ VDC}$ )	$R_{ISO}$	$10^{11}$			$\Omega$
Isolation Capacitance	( $V_{I-O} = 8$ , $f = 1\text{ MHz}$ )	$C_{ISO}$		0.5		pF
	('-'M' White Package)			0.2	2	pF

Note

\* Typical values at  $T_A = 25^\circ\text{C}$

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TRANSFER CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)							
DC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Current Transfer Ratio, Collector to Emitter	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V})$	CTR	4N35 4N36 4N37	100			%
			H11A1	50			
			H11A5	30			
	4N25 4N26 H11A2 H11A3		20				
	4N27 4N28 H11A4		10				
	4N35 4N36 4N37		40				
	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = -55^\circ\text{C})$		4N35 4N36 4N37	40			
	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = +100^\circ\text{C})$		4N35 4N36 4N37	40			
Collector-Emitter Saturation Voltage	$(I_C = 2 \text{ mA}, I_F = 50 \text{ mA})$	$V_{CE(SAT)}$	4N25 4N26 4N27 4N28			0.5	V
	$(I_C = 0.5 \text{ mA}, I_F = 10 \text{ mA})$		4N35 4N36 4N37			0.3	
			H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5			0.4	
AC Characteristic							
Non-Saturated Turn-on Time	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	$T_{ON}$	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		$\mu\text{s}$
Non Saturated Turn-on Time	$(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	$T_{ON}$	4N35 4N36 4N37		2	10	$\mu\text{s}$

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TRANSFER CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.) (Continued)							
AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Turn-off Time	( $I_F = 10 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 10 \text{ V}$ , $R_L = 100\Omega$ ) (Fig.20)	$T_{OFF}$	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		$\mu\text{s}$
	( $I_C = 2 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 10 \text{ V}$ , $R_L = 100\Omega$ ) (Fig.20)		4N35 4N36 4N37		2	10	

\* Typical values at  $T_A = 25^\circ\text{C}$

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

4N27  
H11A2

4N28  
H11A3

4N35  
H11A4

4N36  
H11A5

**TYPICAL PERFORMANCE CURVES**

Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current (Black Package)

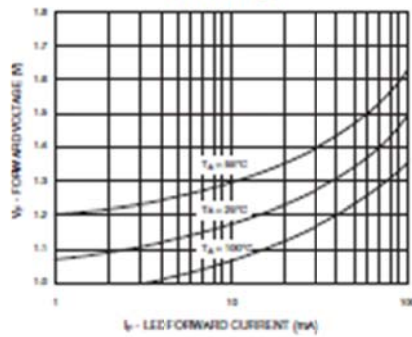


Fig. 2 LED Forward Voltage vs. Forward Current (White Package)

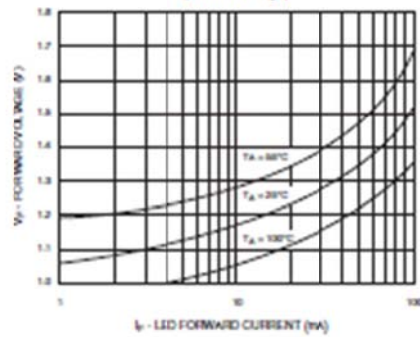


Fig. 3 Normalized CTR vs. Forward Current (Black Package)

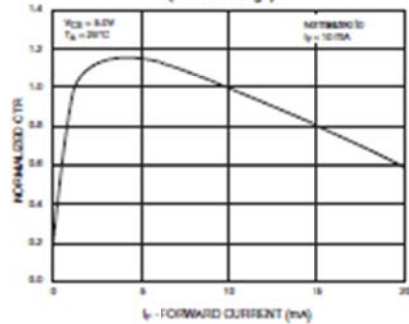


Fig. 4 Normalized CTR vs. Forward Current (White Package)

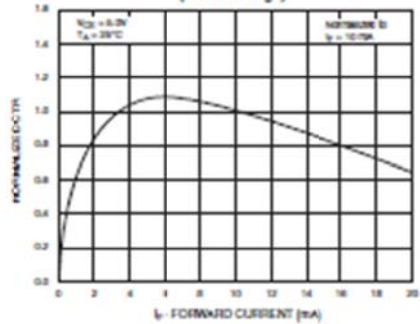


Fig. 5 Normalized CTR vs. Ambient Temperature (Black Package)

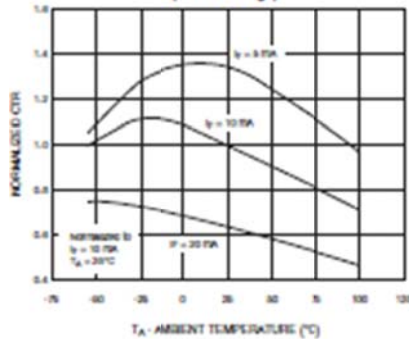
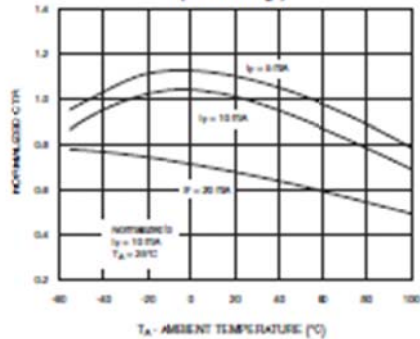
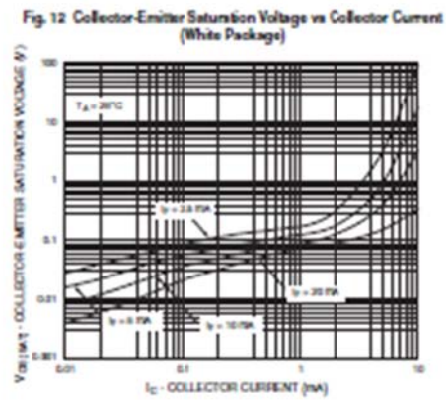
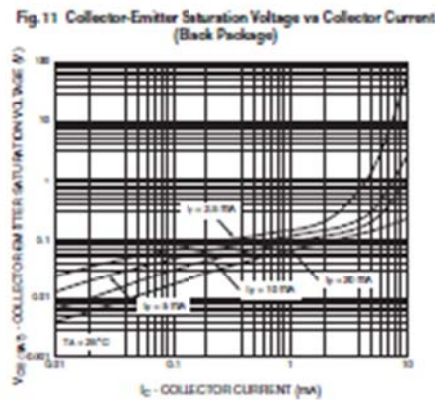
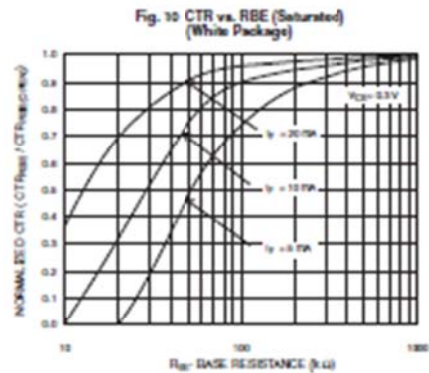
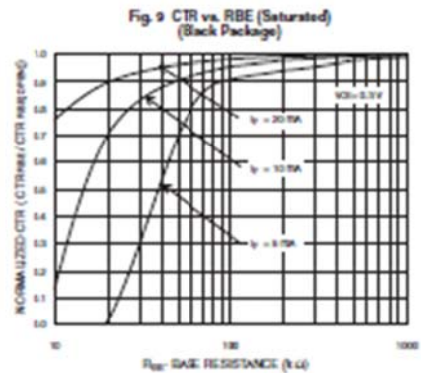
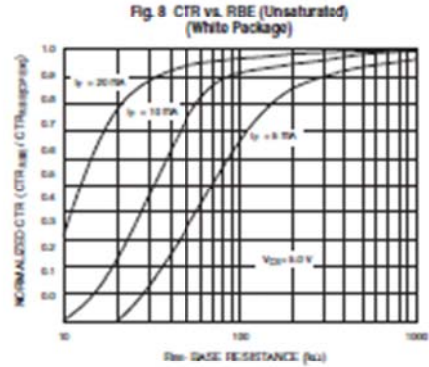
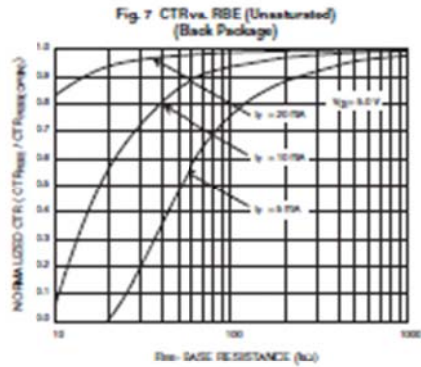


Fig. 6 Normalized CTR vs. Ambient Temperature (White Package)





4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------



4N25	4N26	4N27	4N28	4N35	4N36
4N37	H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5

Fig. 13 Switching Speed vs. Load Resistor (Black Package)

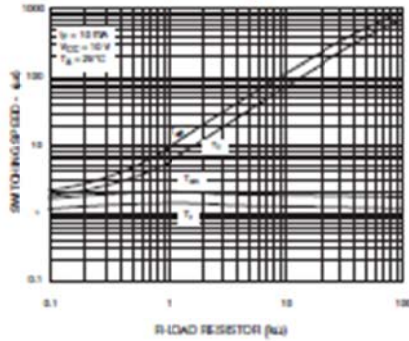


Fig. 14 Switching Speed vs. Load Resistor (White Package)

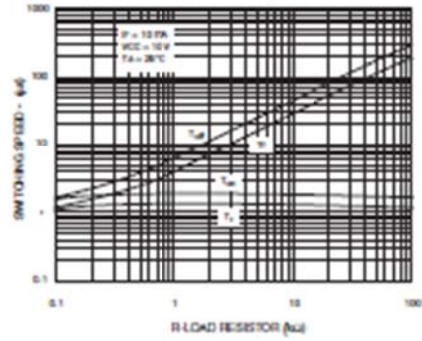


Fig. 15 Normalized  $t_{on}$  vs.  $R_{BC}$  (Black Package)

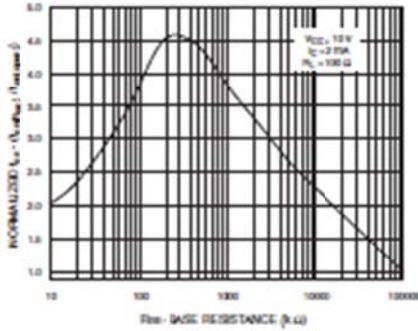


Fig. 16 Normalized  $t_{on}$  vs.  $R_{BC}$  (White Package)

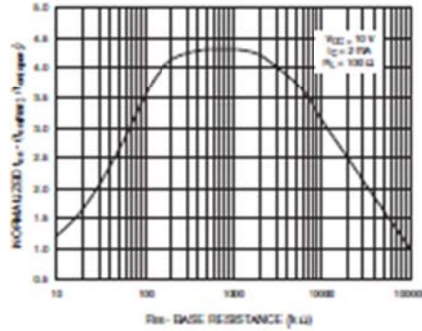


Fig. 17 Normalized  $t_{off}$  vs.  $R_{BC}$  (Black Package)

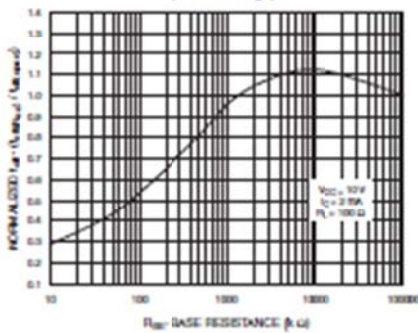
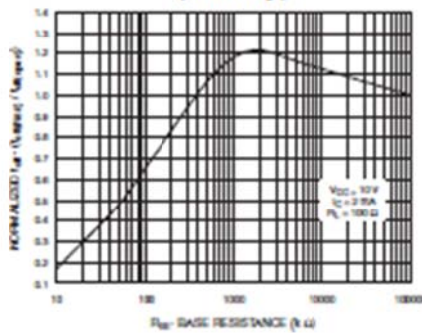


Fig. 18 Normalized  $t_{off}$  vs.  $R_{BC}$  (White Package)



4N25	4N26	4N27	4N28	4N35	4N36
4N37	H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5

Fig. 19 Dark Current vs. Ambient Temperature

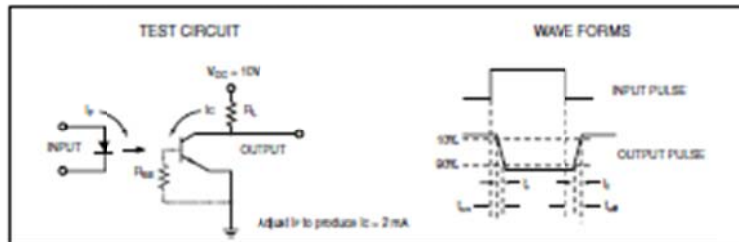
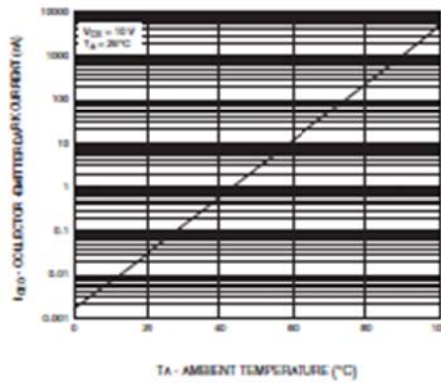
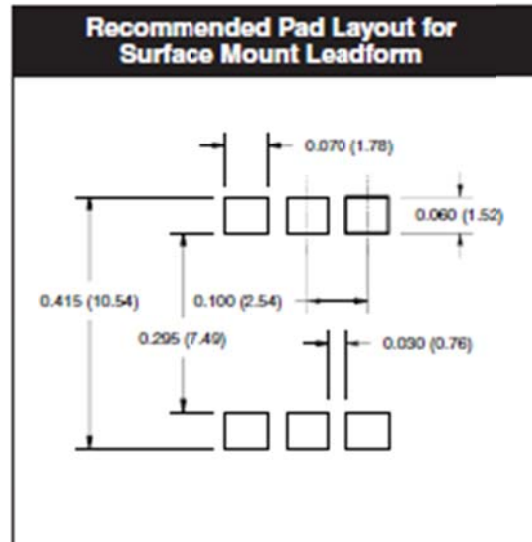
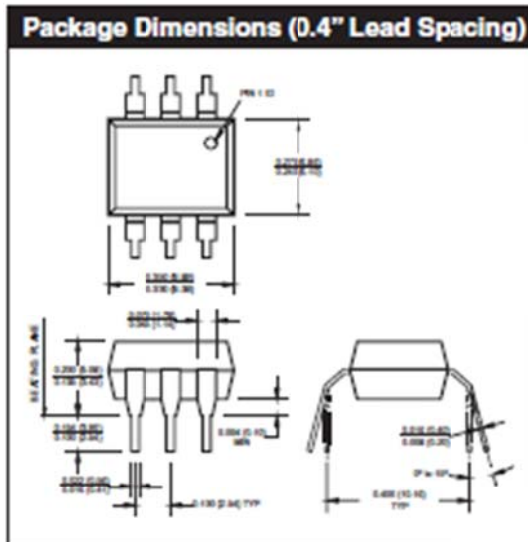
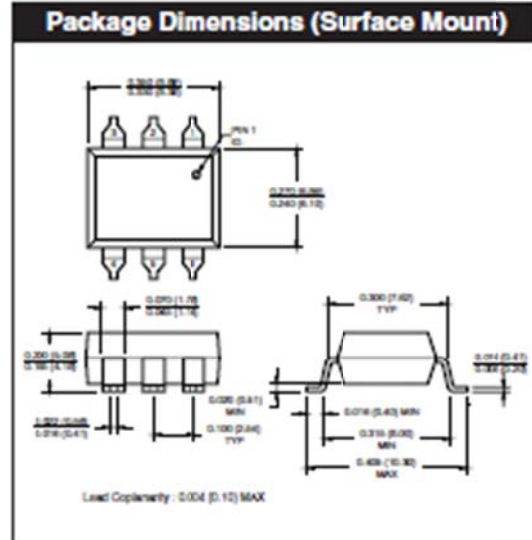
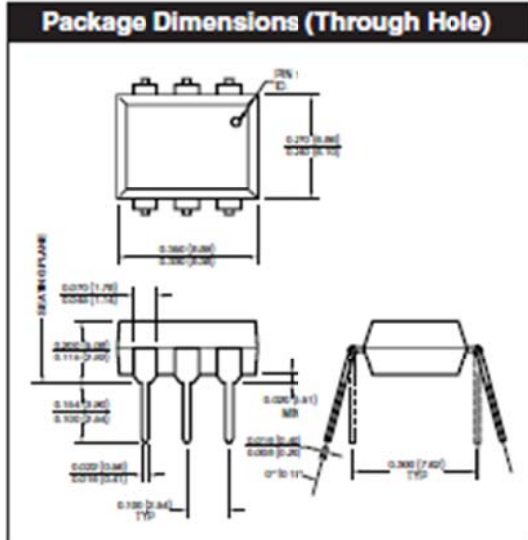


Figure 20. Switching Time Test Circuit and Waveforms

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

**Black Package (No -M Suffix)**



**NOTE**  
All dimensions are in inches (millimeters)

4N25  
4N37

4N26  
H11A1

4N27  
H11A2

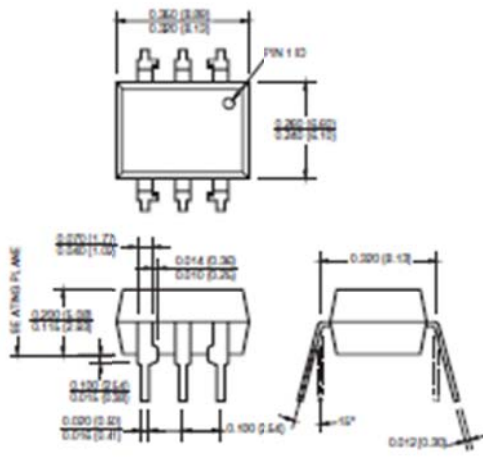
4N28  
H11A3

4N35  
H11A4

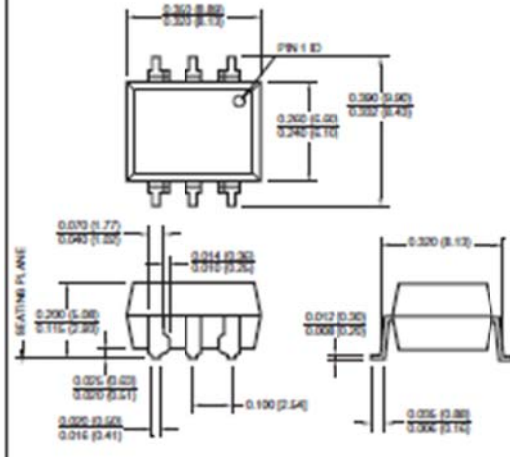
4N36  
H11A5

**White Package (-M Suffix)**

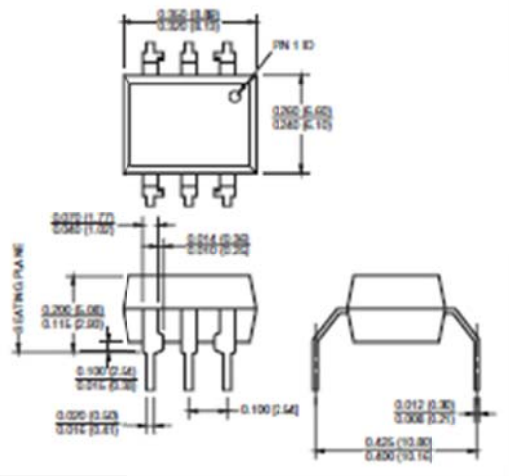
**Package Dimensions (Through Hole)**



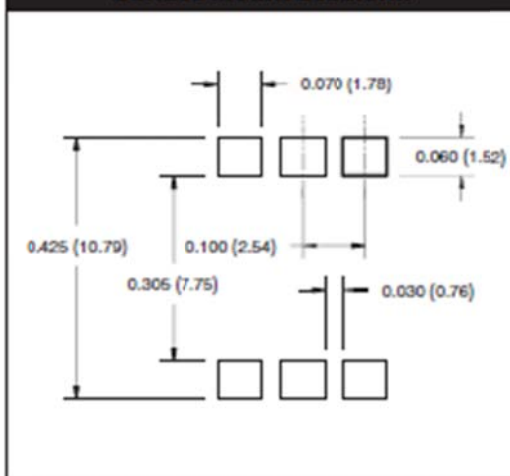
**Package Dimensions (Surface Mount)**



**Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)**



**Recommended Pad Layout for  
Surface Mount Leadform**



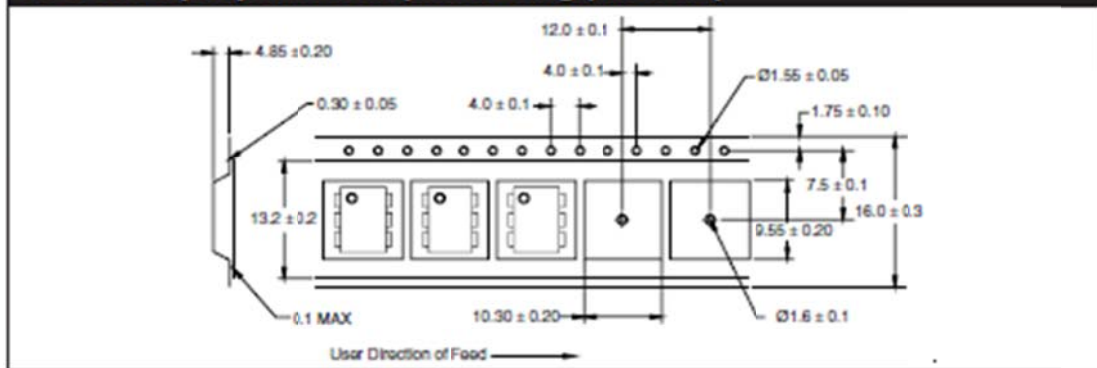
**NOTE**  
All dimensions are in inches (millimeters)

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

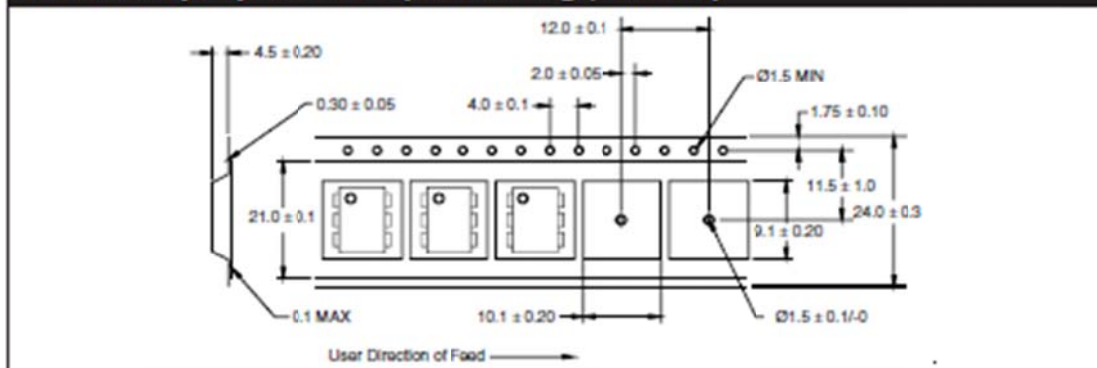
**ORDERING INFORMATION**

Order Entry Identifier		
Black Package (No Suffix)	White Package (-M Suffix)	Option
.S	S	Surface Mount Lead Bend
.SD	SR2	Surface Mount; Tape and reel
.W	T	0.4" Lead Spacing
.300	V	VDE 0884
.300W	TV	VDE 0884, 0.4" Lead Spacing
.3S	SV	VDE 0884, Surface Mount
.3SD	SR2V	VDE 0884, Surface Mount, Tape & Reel

**QT Carrier Tape Specifications (Black Package, No Suffix)**



**QT Carrier Tape Specifications (White Package, -M Suffix)**





## GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

---

4N25	4N26	4N27	4N28	4N35	4N36
4N37	H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5

---

### DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

### LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

## ANEXO 2

DATASHEET TIP32C<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXqzzvq.pdf>





# TIP31A/31C TIP32A/32B/32C

## COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

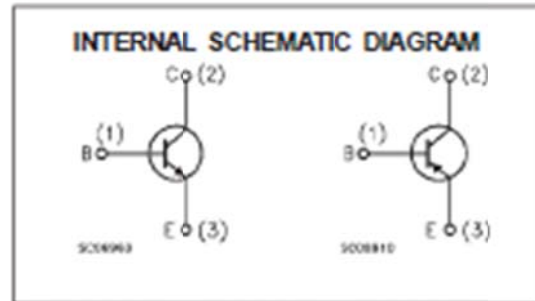
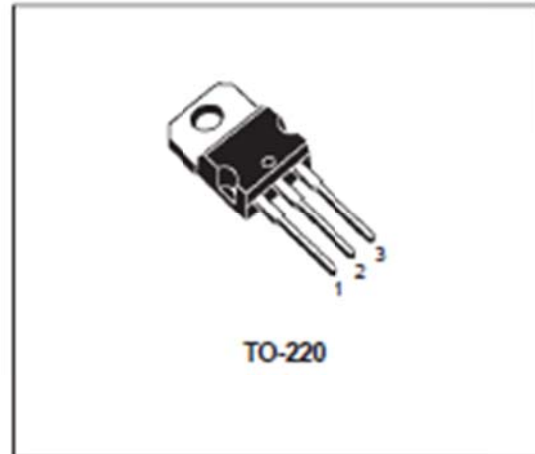
### APPLICATION

- LINEAR AND SWITCHING INDUSTRIAL EQUIPMENT

### DESCRIPTION

The TIP31A and TIP31C are silicon Epitaxial-Base NPN transistors mounted in Jedec TO-220 plastic package. They are intended for use in medium power linear and switching applications.

The complementary PNP types are TIP32A and TIP32C respectively. Also TIP32B is a PNP type.



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit
		NPN	TIP31A	TIP31C	
		PNP	TIP32A	TIP32C	
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_C = 0$ )		60	100	V
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )		60	100	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )		5		V
$I_C$	Collector Current		3		A
$I_{CM}$	Collector Peak Current		5		A
$I_B$	Base Current		1		A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$ $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$		40		W
			2		W
$T_{stg}$	Storage Temperature		-65 to 150		$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature		150		$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current values are negative

TIP31A/TIP31C/TIP32A/TIP32B/TIP32C

THERMAL DATA

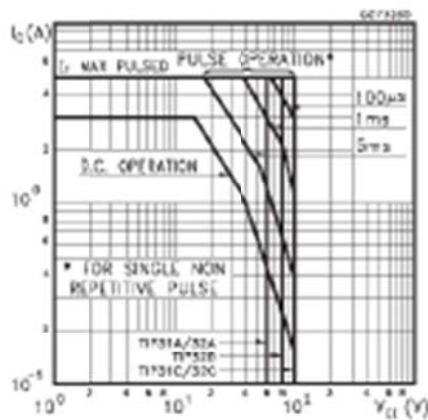
$R_{\theta j-cas}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.12	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\theta j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	$^{\circ}\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

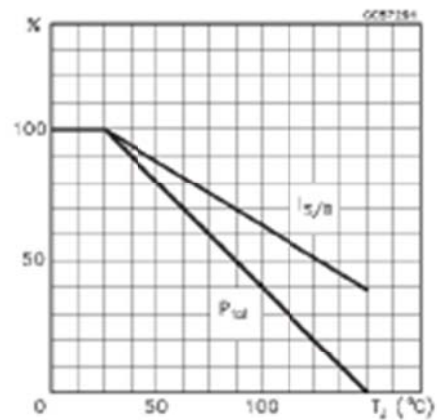
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CO}$	Collector Cut-off Current ( $I_B = 0$ )	for TIP31A/32A $V_{CE} = 30\text{ V}$ for TIP31C/32B/32C $V_{CE} = 60\text{ V}$			0.3	mA
$I_{CES}$	Collector Cut-off Current ( $V_{BE} = 0$ )	for TIP31A/32A $V_{CE} = 60\text{ V}$ for TIP32B $V_{CE} = 80\text{ V}$ for TIP31C/32C $V_{CE} = 100\text{ V}$			0.2	mA
$I_{EO}$	Emitter Cut-off Current ( $I_C = 0$ )	$V_{EB} = 5\text{ V}$			1	mA
$V_{CE(sus)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ( $I_B = 0$ )	$I_C = 30\text{ mA}$ for TIP31A/32A for TIP32B for TIP31C/32C	60 80 100			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $I_B = 375\text{ mA}$			1.2	V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$			1.8	V
$h_{FE}^*$	DC Current Gain	$I_C = 1\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$ $I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$	25 10		50	
$h_{fe}$	Small Signal Current Gain	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$ $I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$	20 3			

\* Pulsed: pulse duration = 300  $\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 2\%$   
For PNP types voltage and current values are negative.

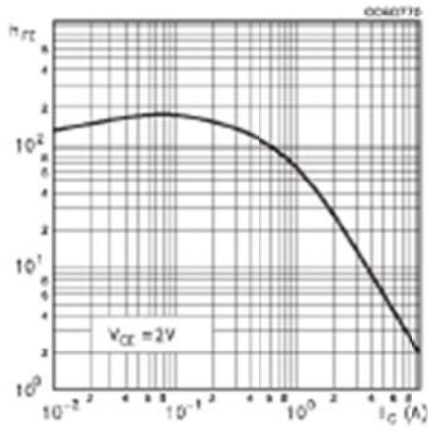
Safe Operating Area



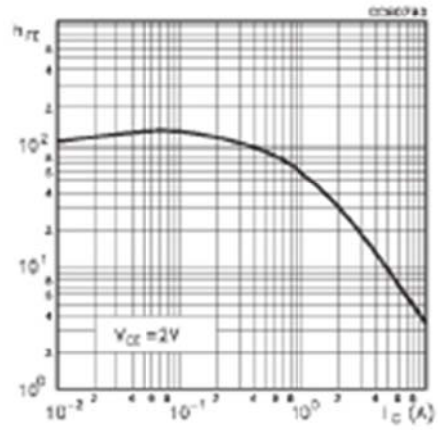
Derating Curves



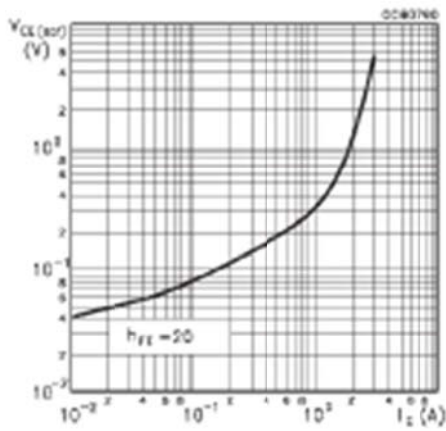
DC Current Gain (NPN type)



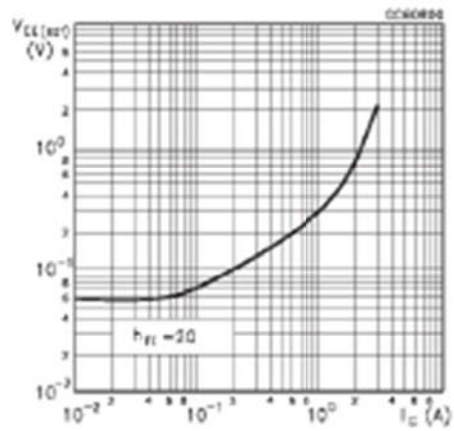
DC Current Gain (PNP type)



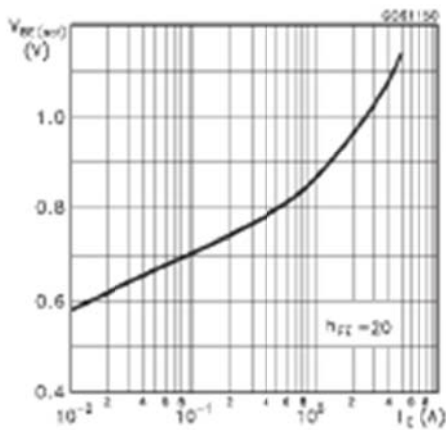
Collector-Emitter Saturation Voltage (NPN type)



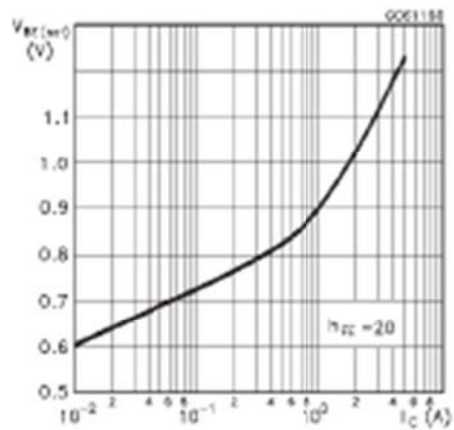
Collector-Emitter Saturation Voltage (PNP type)



Base-Emitter Saturation Voltage (NPN type)

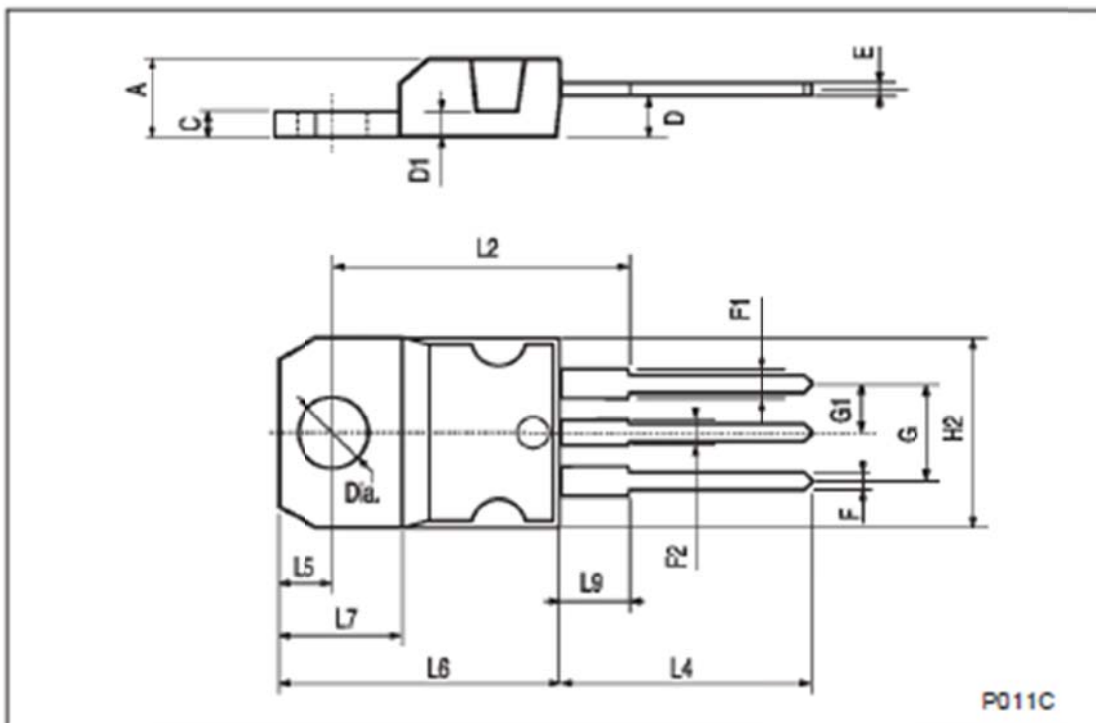


Collector-Base Capacitance (PNP type)



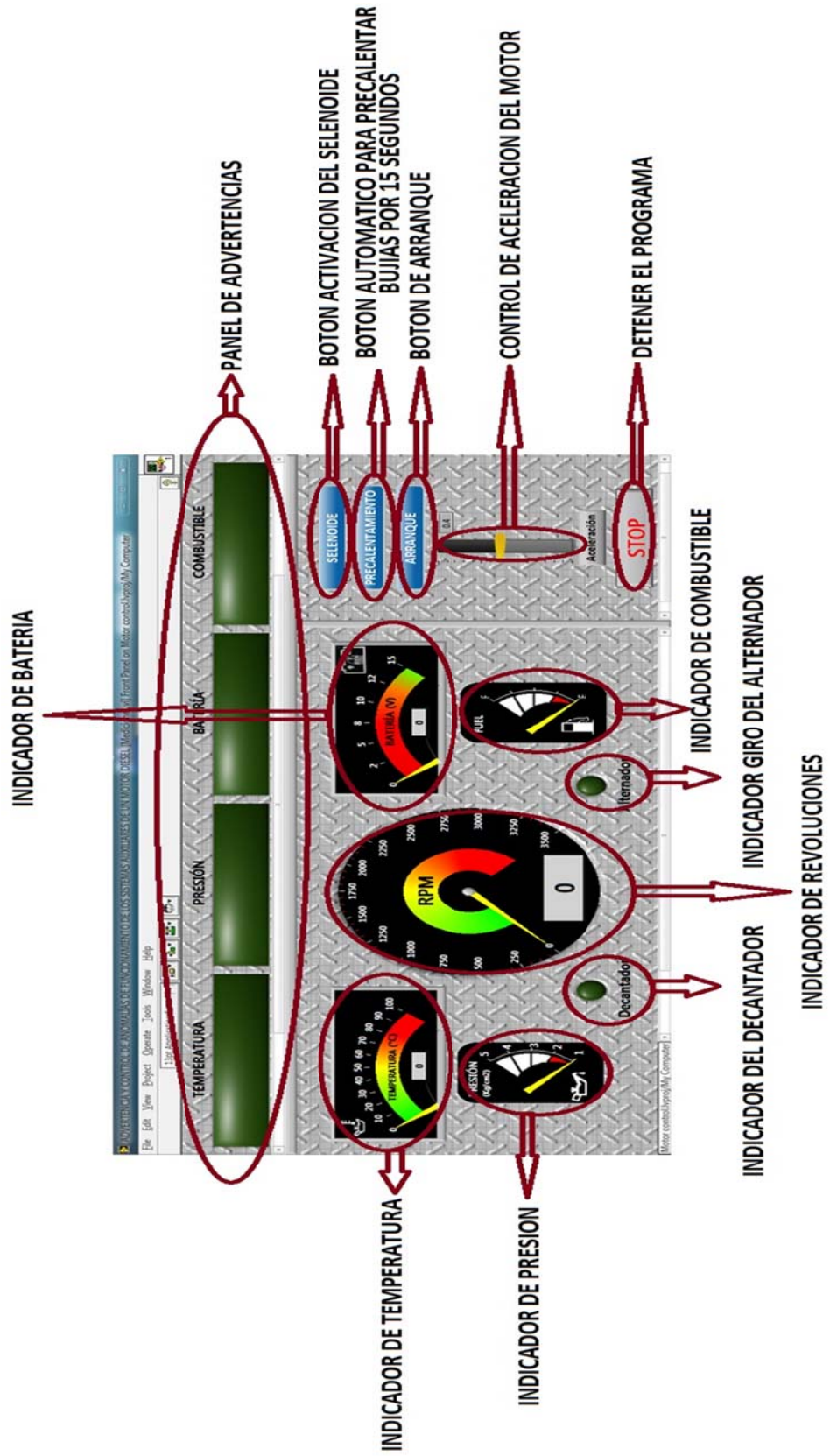
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



### **ANEXO 3**

#### **PANEL DE CONTROL**



## ANEXO 4

### PROGRAMACION PIC 16F819

```

#include <16F819.h>
#define adc=10
#define FUSES
NOWDT,NOPUT,INTRC_IO,NOMCLR,NOBROWNOUT,NOLVP,NOCPD,WRT,NODEBUG,PROTECT
#define use delay(internal=4Mhz)

void main()
{
    long high=0;

    setup_oscillator(OSC_4MHZ);

    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_adc_ports(AN0);
    set_adc_channel(0);

    while(true)
    {
        output_high(PIN_A1);
        delay_us(500+high); //Tiempo en alto
        output_low(PIN_A1);

        delay_us(19500-high); //Periodo total 20mS

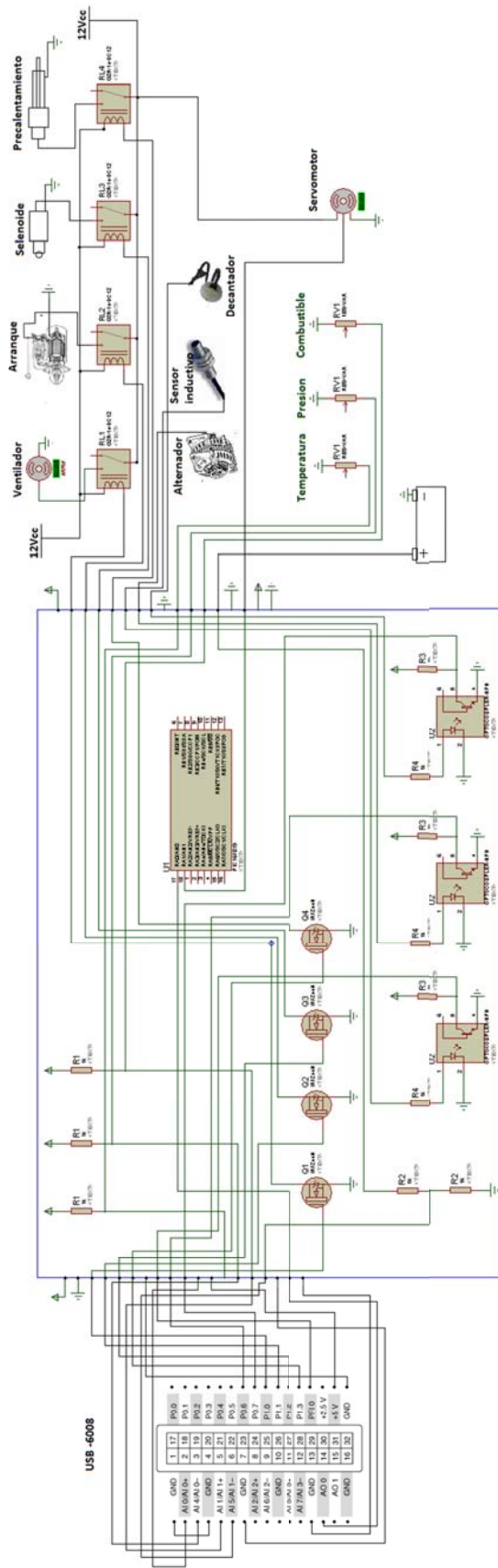
        high=read_adc()*2;
    }
}

```



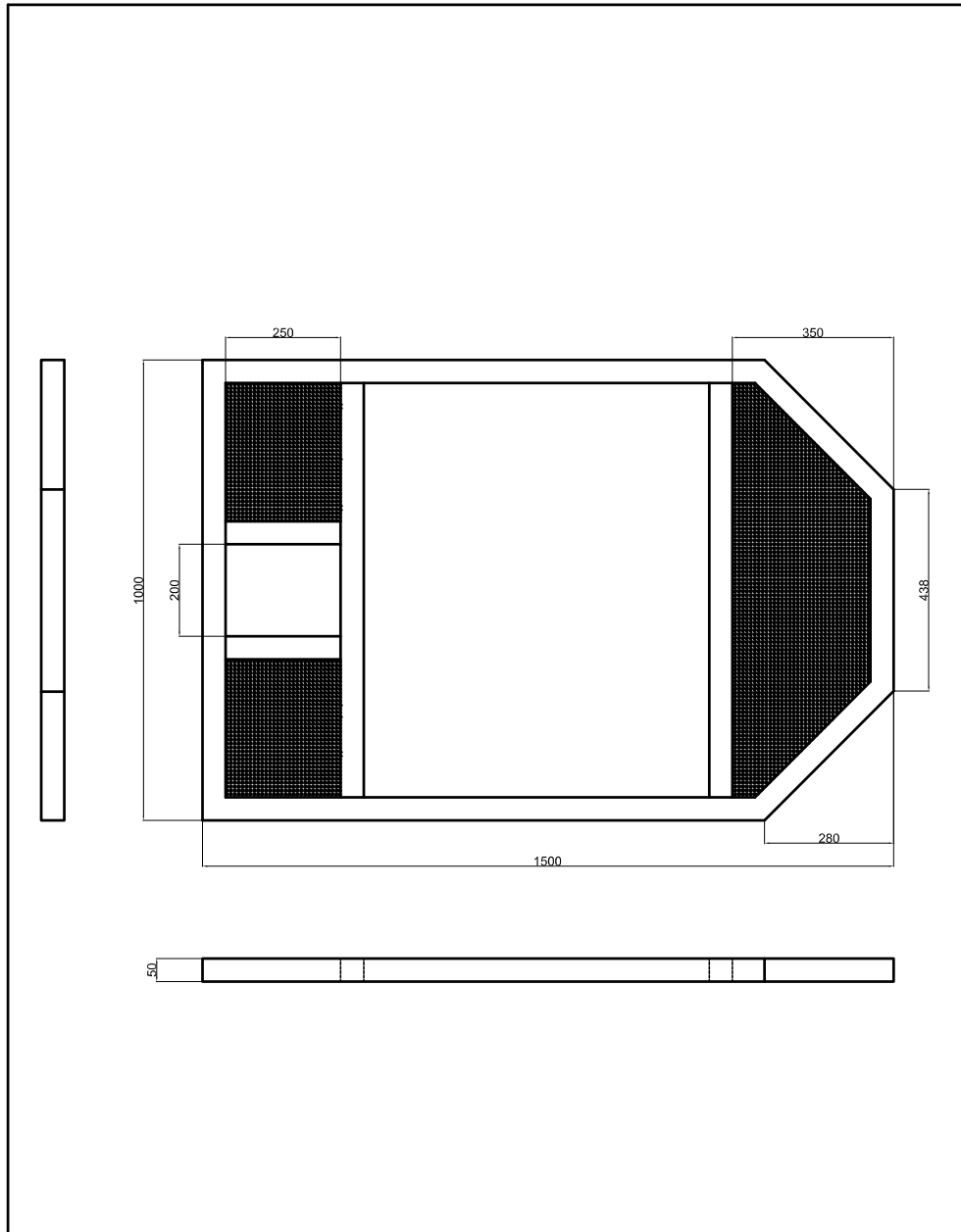
## **ANEXO 5**


### **CIRCUITO ELECTRONICO**

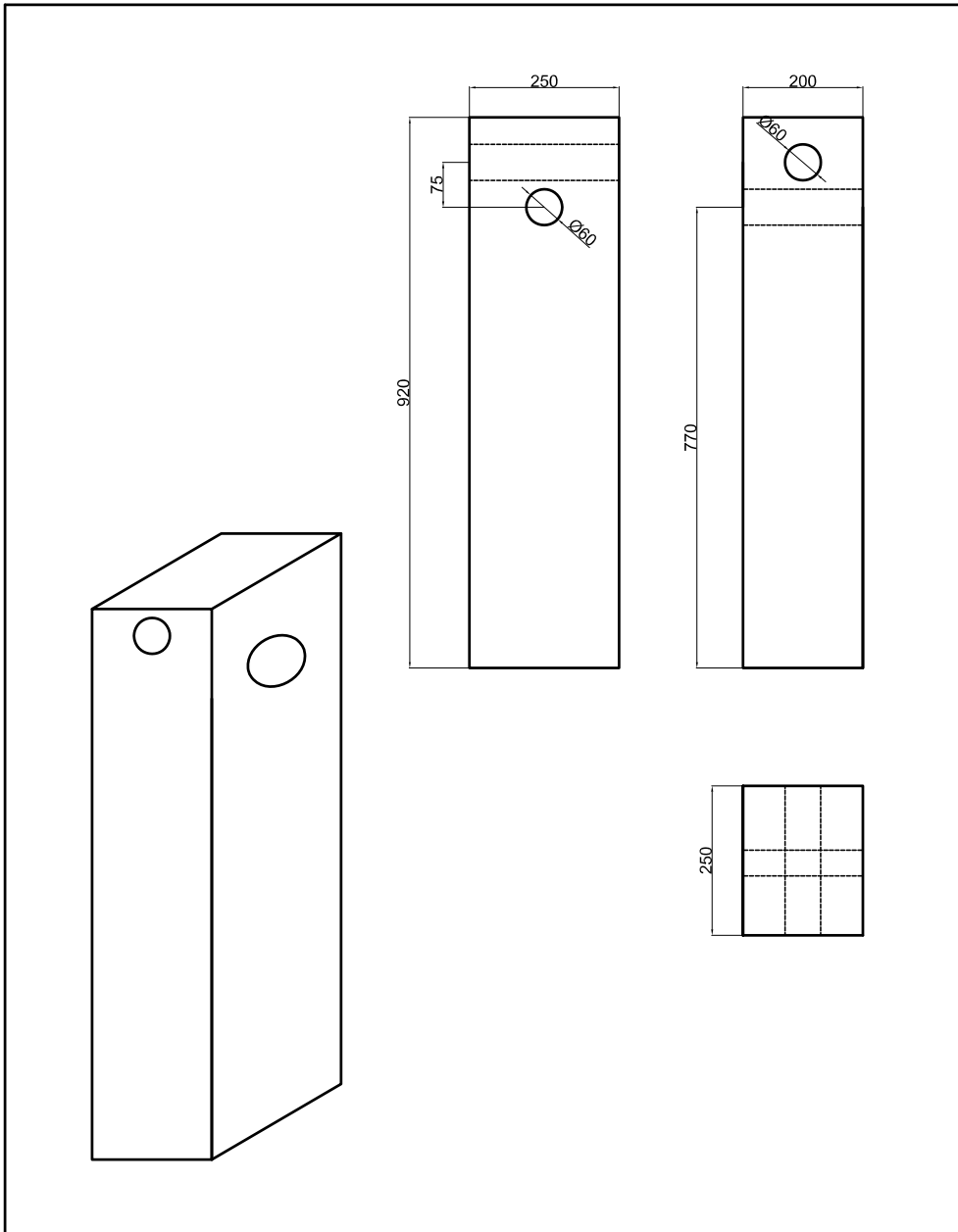



## **ANEXO 6**

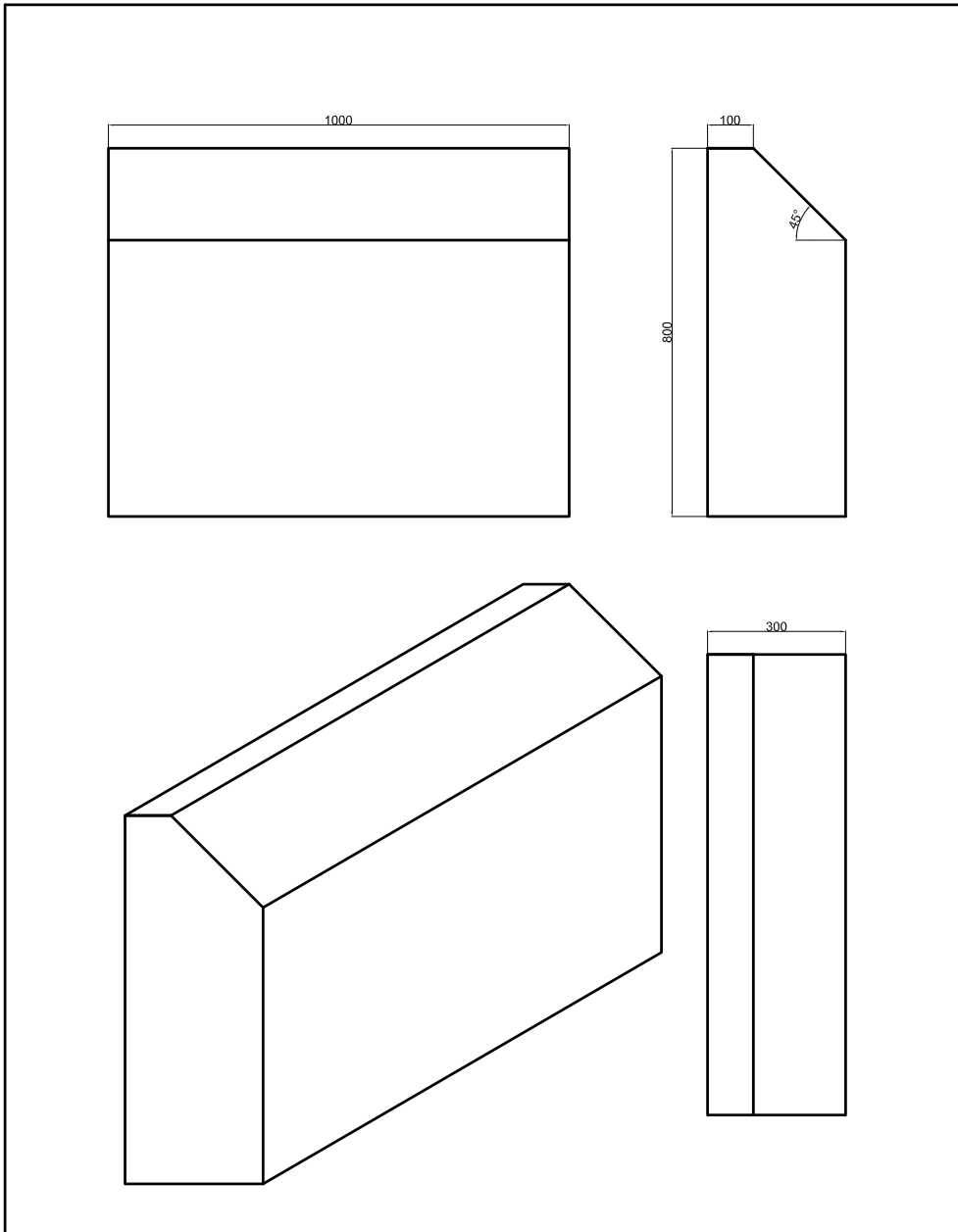
### ESTRUCTURA DEL BANCO



Pos	Can	Denominación	Norma	Material	Medidas Bruto
		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado		15-05-11	Correa-Zhinda		
Comprobado		16-05-11	Ing. Fernando Vasquez		
ESCALA:		<b>PLANOS BANCO BASE</b>			Ingeniería Automotriz
1:1					Lámina N° 02



Pos	Can	Denominación	Norma	Material	Medidas Bruto
		Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	15-05-11	Correa-Zhindaon			
Comprobado	16-05-11	Ing. Fernando Vasquez			
ESCALA:	<b>PLANOS BANCO TORRE</b>				Ingeniería Automotriz
1:1					Lámina N° 02



Pos	Can	Denominación	Norma	Material	Medidas Bruto
		Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	15-05-11	Correa-Zhinda			
Comprobado	16-05-11	Ing. Fernando Vasquez			
ESCALA:	<b>PLANOS BANCO CAJA</b>				Ingeniería Automotriz
1:1					Lámina N° 02

## ANEXO 7

### TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROGRAMA

Índice:

1.-Unidades

2.- Modelo

2.1.- Geometría

2.1.1.- Partes

2.2.- Sistema de Coordenadas

2.3.- Conexiones

2.3.1.- Puntos de Contacto

2.4.- Malla

2.5.- Estática Estructural

2.5.1.-Cargas

2.5.2.- Soluciones:

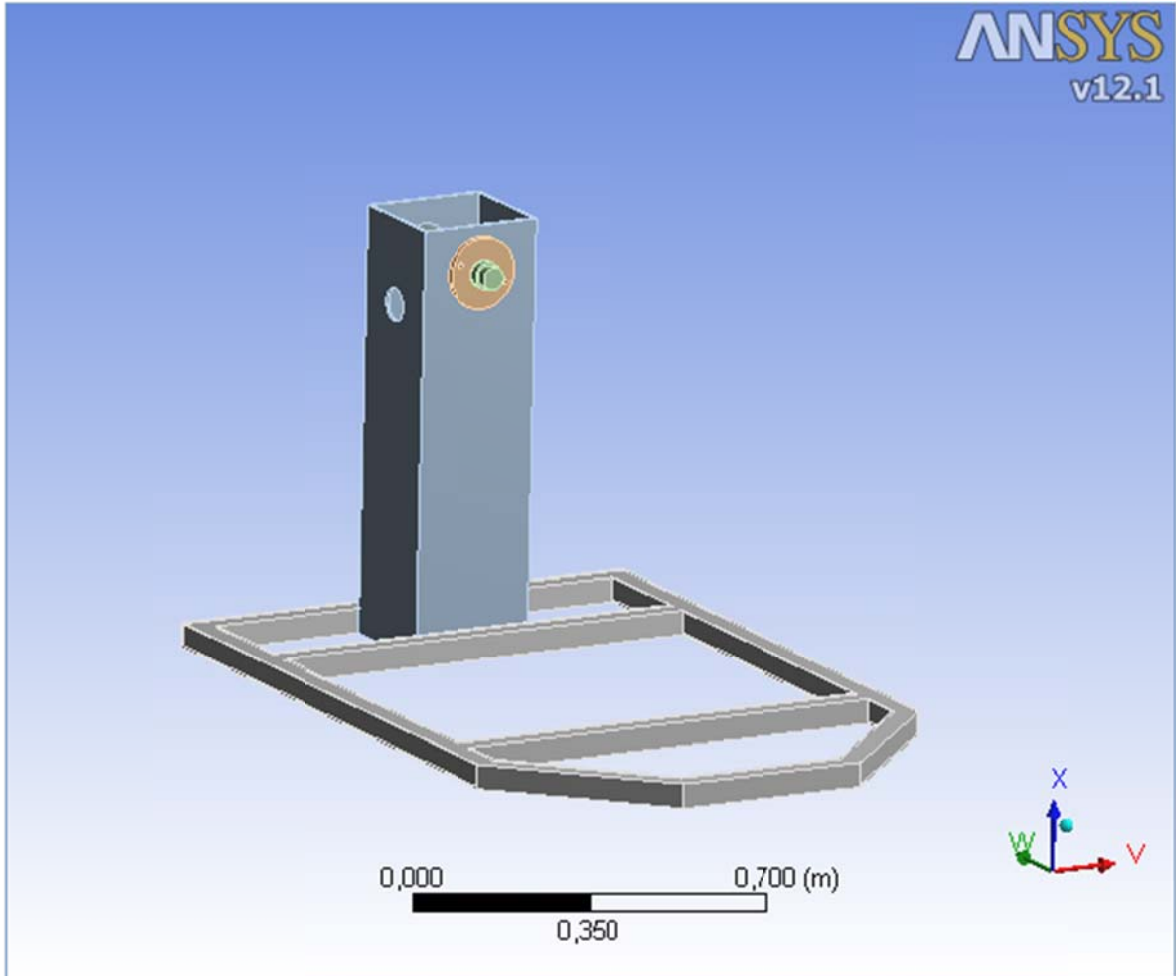
2.5.2.1.- Resultados.

2.5.2.2.- Factor de Seguridad.

2.5.2.3.- Sumatoria de Fuerzas y Momentos.

3.- Información del Material

3.1.- Acero Estructural.



1.- Unidades:

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Tabla 3.1



2.- Modelo:

2.1.- Geometría:

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\DCADD1\Desktop\Jose Correaensamble.iam
Type	Inventor
Length Unit	Centimeters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	1, m
Length Y	1,5025 m
Length Z	0,87622 m
<b>Properties</b>	
Volume	9,9062e-003 m³
Mass	77,764 kg
Scale Factor Value	1,
<b>Statistics</b>	
Bodies	5
Active Bodies	5
Nodes	65250
Elements	36808
Mesh Metric	None

<b>Preferences</b>	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	No
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\usuario\AppData\Roaming\Ansys\v121
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

Tabla 3.2

2.1.1.- Partes.

Object Name	Base Principal:1	caja:1	eje1:1	Chumacera:1	Chumacera:2
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	1, m	0,253 m	6,6173e-002 m	0,18911 m	0,19244 m
Length Y	1,5 m	0,23 m	0,34 m	7,25e-002 m	
Length Z	5,e-002 m	0,875 m	6,6173e-002 m	0,18911 m	0,19244 m
<b>Properties</b>					
Volume	3,5106e-003 m <sup>3</sup>	4,8256e-003 m <sup>3</sup>	7,5098e-004 m <sup>3</sup>	4,0953e-004 m <sup>3</sup>	
Mass	27,558 kg	37,881 kg	5,8952 kg	3,2148 kg	
Centroid X	-3,3852e-016 m	-5,0614e-009 m	1,5704e-010 m	6,8747e-016 m	5,8992e-016 m
Centroid Y	6,4186e-002 m	0,585 m	0,57821 m	0,48491 m	0,68509 m
Centroid Z	2,5e-002 m	0,42983 m	0,78 m		
Moment of Inertia Ip1	6,7524 kg·m <sup>2</sup>	2,7071 kg·m <sup>2</sup>	5,0339e-002 kg·m <sup>2</sup>	4,8988e-003 kg·m <sup>2</sup>	
Moment of Inertia Ip2	3,605 kg·m <sup>2</sup>	2,7617 kg·m <sup>2</sup>	2,1299e-003 kg·m <sup>2</sup>	6,534e-003 kg·m <sup>2</sup>	
Moment of Inertia Ip3	10,337 kg·m <sup>2</sup>	0,70523 kg·m <sup>2</sup>	5,0339e-002 kg·m <sup>2</sup>	4,8439e-003 kg·m <sup>2</sup>	
<b>Statistics</b>					
Nodes	6444	4740	52268	863	935
Elements	3264	2201	30527	387	429
Mesh Metric	None				

Tabla 3.3

2.2.- Sistema de Coordenadas:

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Ansys System Number	0,
<b>Origin</b>	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
<b>Directional Vectors</b>	
X Axis Data	[ 1, 0, 0, ]
Y Axis Data	[ 0, 1, 0, ]
Z Axis Data	[ 0, 0, 1, ]

Tabla 3.4

2.3.- Conexiones:

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
<b>Auto Detection</b>	
Generate Contact On Update	Yes
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	5,0158e-003 m
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Revolute Joints	Yes
Fixed Joints	Yes
<b>Transparency</b>	
Enabled	Yes

Tabla 3.5

2.3.1- Regiones de Contacto:

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	2 Faces				
Target	2 Faces			1 Face	2 Faces
Contact Bodies	Base Principal:1	caja:1		eje1:1	
Target Bodies	caja:1	Chumacera:1	Chumacera:2	Chumacera:1	Chumacera:2
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

Tabla 3.6

2.4.- Malla

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,e-006 m
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Tet Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Advanced</b>	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Pinch</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate on Refresh	No
<b>Statistics</b>	
Nodes	65250
Elements	36808
Mesh Metric	None

Tabla 3.7

## 2.5.- Estatica Estructural

### 2.5.1.- Cargas:

Object Name	<i>Force</i>	<i>Moment</i>	<i>Frictionless Support</i>	<i>Frictionless Support 2</i>	<i>Frictionless Support 3</i>
State	Fully Defined		Suppressed		
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Geometry	1 Face				
<b>Definition</b>					
Type	Force	Moment	Frictionless Support		
Define By	Components				
Coordinate System	Global Coordinate System				
X Component	0, N (ramped)	825, N-m (ramped)			
Y Component	0, N (ramped)	0, N-m (ramped)			
Z Component	-1650, N (ramped)	0, N-m (ramped)			
Suppressed	No		Yes		
Behavior			Deformable		

Tabla 3.8

### 2.5.2.- Soluciones:

#### 2.5.2.1.- Resultados

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Total Deformation</i>	<i>Equivalent Elastic Strain</i>	<i>Equivalent Plastic Strain</i>
State	Solved			
<b>Scope</b>				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	All Bodies			
<b>Definition</b>				
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Elastic Strain	Equivalent Plastic Strain
By	Time			
Display Time	Last			
Calculate Time History	Yes			
Identifier				
<b>Integration Point Results</b>				
Display Option	Averaged		Averaged	
<b>Results</b>				
Minimum	1335,9 Pa	0, m	6,6794e-009 m/m	0, m/m
Maximum	1,8578e+008 Pa	1,7412e-003 m	9,2892e-004 m/m	0, m/m
Minimum Occurs On	eje1:1	Base Principal:1	eje1:1	
Maximum Occurs On	eje1:1	caja:1	eje1:1	
<b>Information</b>				
Time	1, s			
Load Step	1			
Substep	1			
Iteration Number	1			

Tabla 3.9

2.5.2.2.- Factor de Seguridad:

Object Name	<i>Safety Factor</i>
State	Solved
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
<b>Definition</b>	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
<b>Integration Point Results</b>	
Display Option	Averaged
<b>Results</b>	
Minimum	1,2021
Minimum Occurs On	eje1:1
<b>Information</b>	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Tabla 3.10

2.5.2.3.- Sumatoria de Fuerzas y Momentos:

Object Name	Force Reaction	Force Reaction 2	Force Reaction 3	Force Reaction 4	Moment Reaction
State	Solved				
<b>Definition</b>					
Type	Force Reaction				Moment Reaction
Location Method	Boundary Condition				
Boundary Condition	Fixed Support	Fixed Support 2	Fixed Support 3	Fixed Support 4	Fixed Support
Orientation	Global Coordinate System				
Summation					Centroid
<b>Options</b>					
Result Selection	All				
Display Time	End Time				
<b>Results</b>					
X Axis	128,75 N	-27,517 N	30,056 N	-131,29 N	91,674 N·m
Y Axis	632,93 N	-631,6 N	-646,17 N	644,85 N	-41,045 N·m
Z Axis	348,38 N	480,42 N	477,53 N	343,6 N	-7,2526 N·m
Total	733,86 N	794,03 N	804,04 N	742,38 N	100,7 N·m
<b>Maximum Value Over Time</b>					
X Axis	128,75 N	-27,517 N	30,056 N	-131,29 N	91,674 N·m
Y Axis	632,93 N	-631,6 N	-646,17 N	644,85 N	-41,045 N·m
Z Axis	348,38 N	480,42 N	477,53 N	343,6 N	-7,2526 N·m
Total	733,86 N	794,03 N	804,04 N	742,38 N	100,7 N·m
<b>Minimum Value Over Time</b>					
X Axis	128,75 N	-27,517 N	30,056 N	-131,29 N	91,674 N·m
Y Axis	632,93 N	-631,6 N	-646,17 N	644,85 N	-41,045 N·m
Z Axis	348,38 N	480,42 N	477,53 N	343,6 N	-7,2526 N·m
Total	733,86 N	794,03 N	804,04 N	742,38 N	100,7 N·m

Tabla 3.11

Object Name	Moment Reaction 2	Moment Reaction 3	Moment Reaction 4
State	Solved		
<b>Definition</b>			
Type	Moment Reaction		
Location Method	Boundary Condition		
Boundary Condition	Fixed Support 2	Fixed Support 3	Fixed Support 4
Orientation	Global Coordinate System		
Summation	Centroid		
<b>Options</b>			
Result Selection	All		
Display Time	End Time		
<b>Results</b>			
X Axis	-395,53 N·m	-394,6 N·m	89,818 N·m
Y Axis	-0,23461 N·m	-3,0036 N·m	40,64 N·m
Z Axis	24,591 N·m	-22,389 N·m	8,9286 N·m
Total	396,3 N·m	395,25 N·m	98,987 N·m
<b>Maximum Value Over Time</b>			
X Axis	-395,53 N·m	-394,6 N·m	89,818 N·m
Y Axis	-0,23461 N·m	-3,0036 N·m	40,64 N·m
Z Axis	24,591 N·m	-22,389 N·m	8,9286 N·m
Total	396,3 N·m	395,25 N·m	98,987 N·m
<b>Minimum Value Over Time</b>			
X Axis	-395,53 N·m	-394,6 N·m	89,818 N·m
Y Axis	-0,23461 N·m	-3,0036 N·m	40,64 N·m
Z Axis	24,591 N·m	-22,389 N·m	8,9286 N·m
Total	396,3 N·m	395,25 N·m	98,987 N·m

Tabla 3.12



### 3.- Información del material

#### 3.1.- Acero Estructural (Propiedades):

Density	7850 kg m <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	434 J kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	60.5 W m <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-007 ohm m

Tabla 3.13

Compressive Yield Strength Pa
2.5e+008

Tabla 3.14

Tensile Yield Strength Pa
2.5e+008

Tabla 3.15

Tensile Ultimate Strength Pa
4.6e+008

Tabla 3.16

## ANEXO 8

### PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL A-36<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> [www.ipac-acero.com](http://www.ipac-acero.com)



## ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Dimensiones: Desde 3/4 a 1 1/2 plg a 2 x 6 plg  
 (20 x 40) a (50 x 150) mm  
 Espesores: Desde 1.5 a 4 mm  
 Calidad del Acero: JIS G3132 SPHT-1  
 ASTM A 569  
 ASTM A-36  
 Observaciones: Otros dimensiones y largos previa consulta



## NORMA INTERNA

Tolerancia Dimensional:



Variación Longitud: -0

+10

Rectitud: 0.4% de longitud (máximo)

Radio máximo: 3 veces el espesor

## APLICACIONES

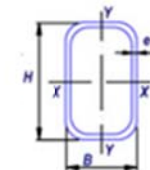
### Usos Estructurales

- Estructuras para techos de vidrio
- Cerramientos
- Portones
- Postes de señalización

### Otros Usos

- Carrocerías
- Muebles metálicos
- Máquinas para gimnasio
- Casetas
- Fabricación de maquinaria industrial
- Remolques

DIMENSIONES		PESO	AREA	PROPIEDADES							
B	H	e	P	A	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	I	W	i	I	W	i	
20	40	1.5	7.86	1.65	3.26	163	1.37	1.09	1.09	0.81	
		2.0	10.08	2.14	4.04	202	1.37	1.33	1.33	0.79	
25	50	1.5	10.56	2.10	6.39	256	1.74	2.19	1.75	1.02	
		2.0	13.38	2.74	8.37	335	1.75	2.80	2.24	1.01	
30	50	1.5	10.62	2.25	7.53	301	1.83	3.41	2.27	1.23	
		2.0	13.86	2.94	9.52	381	1.80	4.28	2.85	1.21	
		3.0	19.80	4.21	12.78	511	1.74	5.66	3.77	1.16	
40	60	1.5	14.04	2.91	14.90	497	2.26	7.94	3.97	1.65	
		2.0	17.58	3.74	18.39	613	2.22	9.81	4.90	1.62	
		3.0	25.50	5.41	25.31	844	2.16	13.37	6.69	1.57	
		4.0	32.70	6.95	30.83	1128	2.11	16.15	8.08	1.52	Nuevol
30	70	1.5	14.04	2.91	18.08	517	2.49	4.76	3.17	1.28	
		2.0	17.58	3.74	22.20	634	2.44	5.85	3.90	1.25	
		3.0	25.50	5.41	30.50	871	2.37	7.84	5.23	1.20	
		4.0	32.70	6.95	37.07	1159	2.31	9.30	6.20	1.16	Nuevol
40	80	1.5	18.06	3.74	31.75	794	2.91	10.77	5.39	1.70	
		2.0	21.36	4.54	37.32	933	2.87	12.70	6.35	1.67	
		3.0	31.14	6.61	52.16	1104	2.81	17.49	8.75	1.63	
		4.0	40.26	8.55	64.59	1415	2.75	21.33	10.67	1.58	Nuevol
50	100	2.0	27.00	5.74	74.94	1499	3.61	25.65	10.26	2.11	
		3.0	39.60	8.41	106.34	2127	3.56	35.97	14.39	2.07	Nuevol
		4.0	51.54	10.59	133.68	2478	3.56	44.76	17.90	2.02	
50	150	2.0	36.42	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19	
		3.0	53.76	11.41	298.35	37.78	5.11	52.54	21.02	2.15	Nuevol
		4.0	70.38	14.95	380.98	51.80	5.05	65.92	26.37	2.10	



## NOMENCLATURA

A= Área de la selección transversal del tubo, cm<sup>2</sup> W= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>  
 I= Momento de Inercia de la sección, cm<sup>4</sup> I= Radio de giro de la sección, cm

## **ANEXO 9**

### **FORMULAS PARA EL CALCULO DE LA TENSIÓN DE VON MISES**

La **tensión de Von Mises** es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La energía de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$

Siendo las tensiones principales.

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865<sup>1</sup> más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises.<sup>2</sup> Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises y también **teoría de fallo  $J_2$** .

La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión particularmente simple en función de las tensiones principales, por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva.

Igualmente la superficie de fluencia de un material que falla de acuerdo con la teoría de fallo elástico de Von Mises puede escribirse como el lugar geométrico de los puntos donde la tensión de Von Mises como función de las tensiones principales supera cierto

valor. Matemáticamente esta ecuación puede expresarse aún como el conjunto de puntos donde el invariante cuadrático de la parte desviadora del tensor tensión supera cierto valor.

### **Energía de deformación.**

La energía de deformación de un sólido deformable, iguala al trabajo exterior de las fuerzas que provocan dicha deformación dicha trabajo puede descomponerse, entre el trabajo invertido en cambiar la forma del cuerpo o **energía de distorsión** y el trabajo invertido en comprimir o dilatar el cuerpo manteniendo constantes las relaciones geométricas o **energía elástica volumétrica**:

$$(1) \quad E_{def} = E_{def,V} + E_{def,dist}$$

Los dos términos vienen dados por:

(2a)

$$E_{def,V} = \int_V \frac{3}{2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2 \frac{1-2\nu}{E} dV = + \int_V \frac{(\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2}{2K} dV$$

(2b)

$$E_{def,dist} = E_{def} - E_{def,V} = \int_V \frac{1}{6G} [\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx})] dV + \int_V \frac{1}{2G} [\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2] dV$$

Frecuentemente, la energía de distorsión dada por la última expresión, se expresa en términos de una combinación especial de las otras componentes de tensión llamada tensión de Von Mises:

$$(3) \quad E_{def,dist} = \int_V \frac{\sigma_{VM}^2}{6G} dV$$

Igualando los integrados de (2) y (3) se obtiene que la tensión de Von Mises viene dada precisamente por:

(4)

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

### Invariante cuadrático $J_2$

La energía de distorsión considera en la sección anterior puede ser calculada a partir de la parte desviadora del tensor tensión:

$$[s_{ij}] = [\sigma_{ij}] - \sigma_V [I] = \begin{bmatrix} \sigma_x - \sigma_V & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_V & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_V \end{bmatrix}, \quad \text{con } \sigma_V = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

El segundo invariante cuadrático de este tensor denominado  $J_2$ , es proporcional a la tensión de Von Mises y resulta ser:

$$J_2 = \frac{1}{6} \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2) \right] = \frac{\sigma_{VM}^2}{3}$$

Por esta razón a veces la teoría de fallo de Von Mises se llama **teoría de fallo  $J_2$** .

### Tensión de Von Mises y tensiones principales

Aunque la expresión (4) ofrece una fórmula práctica para calcular la tensión de Von Mises o equivalentemente la energía de deformación distorsiva. La expresión se simplifica mucho si usamos en cada punto las tres tensiones principales para el cálculo de la tensión de von Mises:

$$(5a) \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)}$$

Esta expresión se puede simplificar aún más:

$$(5b) \quad \sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

### Tensión de Von Mises en una viga

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del tensor tensión son diferentes de cero: la tensión normal a la sección transversal y dos componentes independientes asociadas a la tensión tangencial, en ese caso las tensiones principales resultan ser:

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x - \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \end{cases}$$

De donde se sigue que:

$$(6) \quad \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

### Tensión de Von Mises en una placa.

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del tensor tensión son diferentes de cero  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ , a partir de las cuales se pueden calcular las tensiones principales  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ :



$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \end{cases}$$

De donde se sigue que la tensión de Von Mises es:

$$(7) \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

## **ANEXO 10**

### **PANEL DE DISPOSITIVOS EN EL BANCO**

