

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**ESPE – LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**“ADAPTACIÓN DE ELEMENTOS DE MEDICIÓN  
AL TURBOCOMPRESOR DEL MOTOR ISUZU Y  
CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PARA OBSERVAR  
LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO”**

**SANTIAGO D. PALOMINO A.**

**HARIRAM M. ONOFA D.**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2005**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo ha sido desarrollado en su totalidad por los Señores: Santiago David Palomino Ayala y Hariram Mauricio Onofa De La Cruz bajo nuestra dirección y supervisión.

---

**ING. LUIS MENA**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. OSCAR ARTEAGA**  
**CO-DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

A todas las personas que me ayudaron en la realización de este proyecto principalmente a mis padres.

Santiago Palomino

## **DEDICATORIA**

A mis padres Hermes Onofa y Victoria De La Cruz por apoyarme siempre y darme lo mejor de ellos, y aunque mi padre no podrá estar presente para verlo se lo dedico de forma muy especial.

Hariram Onofa

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar las gracias a Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y cumplir con la meta propuesta hace algunos años atrás; a mis padres por el inagotable apoyo, comprensión, amor y estímulos, que cada día me lo supieron dar.

Santiago Palomino

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primeramente a Dios el dador de todas las cosas por permitirme culminar con mi carrera y proveerme de esta herramienta de trabajo para los días venideros de mi vida; a mis padres por su apoyo constante y esforzado que día tras día con sus palabras de ánimo supieron impulsarme hacia adelante; a mi hermano que ha soportado con paciencia todas las dificultades y restricciones; quiero también agradecer de manera muy especial a la Sra. Beatriz Fonseca por su apoyo incondicional y desinteresado, sinceramente muchísimas gracias.

Hariram Onofa

## INDICE

CARÁTULA	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	V

### I.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.-	Introducción	1
1.2.-	<i>Sobrealimentación de motores diesel</i>	3
1.2.1.-	Características y principios de funcionamiento de los turbocompresores	5
1.2.2.-	Esquema y disposición de los elementos de un grupo turbo-compresor	12
1.2.3.-	Principales parámetros de funcionamiento del sistema de sobrealimentación por turbocompresor	14
1.2.4.-	Datos a medirse	15
1.3.-	Sensores	16
1.3.1.-	Sensor de rpm	16
1.3.1.1.-	Sensores de proximidad inductivos	18
1.3.1.2.-	Sensores de proximidad capacitivos	20
1.3.1.3.-	Sensores de proximidad magnéticos	21
1.3.1.4.-	Sensores de proximidad ópticos	22
1.3.2.-	Sensores de presión	23
1.3.2.1.-	Sensores mecánicos	23
1.3.3.-	Sensores de temperatura	26
1.3.3.1.-	Termómetros de dilatación	27
1.3.3.2.-	Termómetros sensibles a la resistencia	28

1.3.3.3.-	Termopares	29
1.3.4.-	Sensores de flujo	32
1.3.4.1.-	Medidores de presión diferencial	33
1.3.4.2.-	Medidores de velocidad	35

## **II- DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS**

2.1.-	Parámetros de diseño del Motor Isuzu (Diesel)	40
<b>2.2.-</b>	<b><i>Parámetros del sistema de sobrealimentación por turbocompresor</i></b>	<b>41</b>
2.3.-	Selección del sensor de rpm	41
<b>2.4.-</b>	<b>SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PRESIÓN</b>	
	<b>42</b>	
2.5.-	Selección de los sensores de temperatura	46
2.6.-	Selección del sensor de flujo	48
2.7.-	Selección de los elementos del tablero	51

## **III.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS EN EL TURBOCOMPRESOR**

3.1.-	Adaptación del tacómetro	59
<b>3.2.-</b>	<b>Adaptación y montaje de los manómetros de presión</b>	<b>62</b>
<b>3.2.1.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Pe)</b>	<b>63</b>
<b>3.2.2.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Ps)</b>	<b>65</b>
<b>3.2.3.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Pt)</b>	<b>67</b>
<b>3.2.4.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Pr)</b>	<b>70</b>
<b>3.3.-</b>	<b>Adaptación y montaje de los sensores de temperatura</b>	<b>73</b>
<b>3.3.1.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Te)</b>	<b>73</b>
<b>3.3.2.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Ts)</b>	<b>77</b>
<b>3.3.3.-</b>	<b>Adaptación y montaje (Tt)</b>	<b>79</b>



3.3.4.-	Adaptación y montaje (Tr)	82
3.4.-	Adaptación y montaje de los sensores de flujo	84
3.4.1.-	Adaptación y montaje (Fe)	85
3.4.2.-	Adaptación y montaje (Fs)	87
3.5.-	Construcción y montaje de los elementos del tablero	
	90	

#### **IV.- CALIBRACIÓN Y PRUEBA DE LOS SENSORES DEL TABLERO**

4.1.-	Calibración y prueba del tacómetro	96
4.2.-	Calibración y prueba de los manómetros de presión	102
4.3.-	Calibración y prueba de los sensores de temperatura	105
4.4.-	Calibración y prueba de los sensores de flujo	
	107	
4.5.-	Arranque del sistema	114

#### **V.- GUÍAS DE LABORATORIO**

5.1.-	Elaboración de guías de práctica # 1	
	117	
5.2.-	Elaboración de guías de práctica # 2	
	121	
5.3.-	Elaboración de guías de práctica # 3	
	125	
5.4.-	Elaboración de guías de práctica # 4	
	128	

#### **VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1.-

Conclusiones

132

6.2.-

Recomendaciones

133

BIBLIOGRAFÍA.

Anexos

# I.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Para entender mejor la técnica de la turboalimentación, conviene familiarizarse con los principios de funcionamiento del motor de combustión interna.

En la actualidad, la mayoría de los motores diesel de vehículos comerciales y turismos son motores de pistones de cuatro tiempos (figura 1.1) regulados por válvulas de admisión y escape. Un ciclo operativo se compone de cuatro tiempos durante dos vueltas completas del cigüeñal.

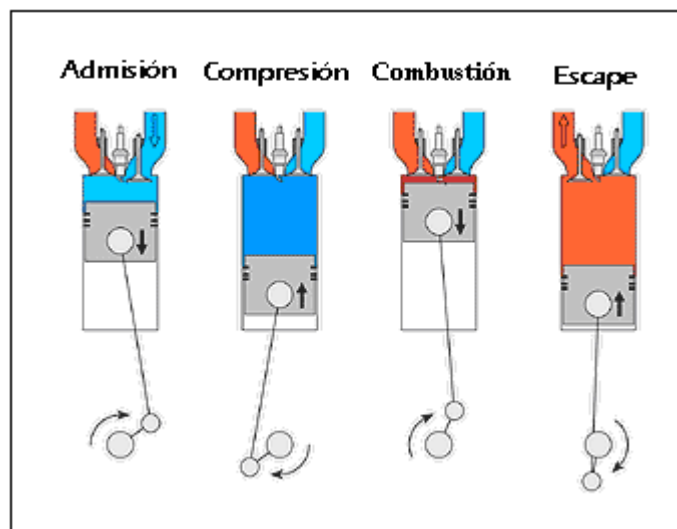


Figura 1.1. Esquema de un motor de cuatro pistones

### **Admisión** (carrera de intercambio de carga)

Cuando el pistón desciende, pasa aire (motor diesel o motor de gasolina de inyección directa) o una mezcla de combustible y aire (motor de gasolina) por la válvula de admisión.

### **Compresión** (carrera motriz)

Se comprime el volumen del cilindro.

### **Combustión** (carrera motriz)

En el motor de gasolina, la mezcla de combustible y aire se enciende mediante una bujía, mientras que en el motor diesel el combustible se inyecta a gran presión y la mezcla se enciende de forma espontánea.

### **Escape** (carrera de intercambio de carga)

Los gases de escape se expulsan cuando asciende el pistón.

Estos principios básicos de funcionamiento ofrecen varias posibilidades para incrementar la potencia del motor:

#### **Aumento de la cilindrada**

El aumento de la cilindrada permite incrementar la potencia, ya que hay más aire disponible en una cámara de combustión mayor y por tanto se puede quemar más combustible. Este aumento puede lograrse incrementando el número de cilindros o el volumen de cada cilindro. En general, esto deriva en motores más grandes y más pesados. En cuanto al consumo de combustible y las emisiones, no se prevén grandes ventajas.

#### **Aumento de las revoluciones del motor**

Otra posibilidad de incrementar la potencia del motor es aumentar su velocidad. Esto se consigue aumentando el número de carreras de combustión por unidad de tiempo. Sin embargo, debido a las limitaciones de la estabilidad mecánica, este tipo de mejora de la potencia está restringido. Más aún, el aumento de la velocidad hace que las pérdidas por fricción y bombeo aumenten de forma exponencial al tiempo que disminuye el rendimiento del motor.

## **Turboalimentación**

En los procedimientos anteriormente descritos, el motor funciona como un motor atmosférico. El aire de combustión entra directamente en el cilindro durante la carrera de admisión. En motores turboalimentados, el aire de combustión ya está precomprimido antes de suministrarse al motor. El motor aspira el mismo volumen de aire, pero como está más comprimido, la masa de aire que entra en la cámara de combustión es mayor. En consecuencia, se quema más combustible, con lo que aumenta la potencia del motor a igual velocidad y cilindrada.

### **1.2 SOBREALIMENTACIÓN DE MOTORES DIESEL**

En un motor Diesel, por mucho que aumentemos el combustible que hacemos llegar al interior de la cámara de combustión, no conseguimos aumentar su potencia si el combustible no encuentra aire suficiente para quemarse. Sólo conseguiremos aumentar la potencia, sin variar la cilindrada ni el régimen del motor, si conseguimos introducir en el interior del cilindro una cantidad de aire mayor que la que hacemos entrar por aspiración. En algunos casos, y en países situados a grandes altitudes o muy calurosos, existe la necesidad de compensar la disminución de la densidad del aire ocasionada por la altitud y una disminución de las moléculas de oxígeno por el aumento de temperatura. Para todos ellos, la sobrealimentación es la solución más adecuada.

En el caso de los Diesel, los problemas que pueden derivarse de la utilización de la sobrealimentación son menores que en los de gasolina. El hecho de utilizar solamente aire en el proceso de compresión y no introducir el combustible hasta el momento final de la carrera de compresión, no puede crear problemas de picado. En todo caso, lo que sí propicia el aumento de la compresión, es una mayor temperatura, que en el

caso de los motores Diesel facilita la combustión. Por otro lado, la mayor presión de entrada de aire favorece la expulsión de los gases de escape y el llenado del cilindro con aire fresco, con lo que se consigue un aumento del rendimiento volumétrico.

### **Sobrealimentación mecánica**

Con la sobrealimentación mecánica, el aire de combustión se comprime en un compresor accionado directamente por el motor (figura 1.2). Sin embargo, el aumento de potencia no se materializa totalmente debido a las pérdidas parásitas propias del accionamiento del compresor. La potencia necesaria para accionar un turbocompresor mecánico es de hasta el 15% de la potencia del motor. Por tanto, el consumo de combustible es más elevado frente a un motor atmosférico con idéntica potencia.

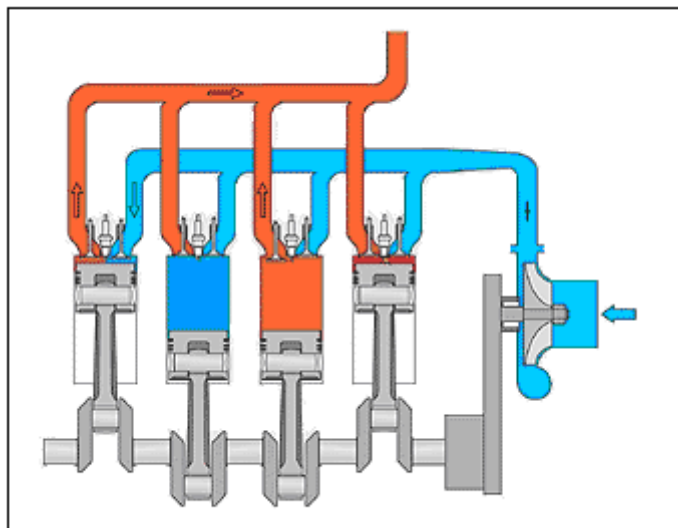


Figura 1.2. Esquema de un motor de cuatro cilindros mecánicamente sobrealimentado

### **Tuboalimentación por gases de escape**

En la turboalimentación por gases de escape, parte de la energía de los gases de escape, que normalmente se perdería, se aprovecha para accionar una turbina. Sobre el mismo eje que la turbina se monta un

compresor que aspira el aire de combustión, lo comprime y luego lo suministra al motor. No existe ningún acoplamiento mecánico al motor. (Figura1.3)

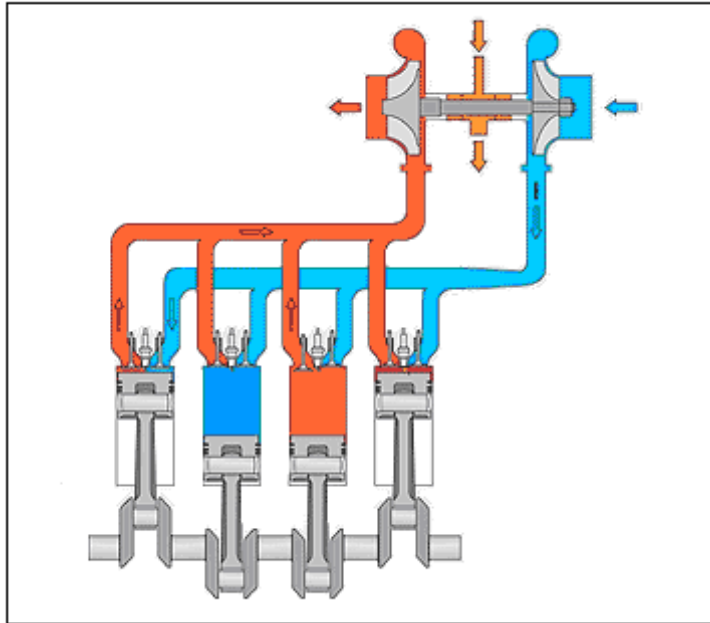


Figura 1.3. Esquema de un motor de cuatro cilindros turboalimentado por gases de escape

### 1.2.1 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS TURBOCOMPRESORES.

El turbocompresor se caracteriza por ser un elemento pequeño comparado con el motor que puede proporcionar un rendimiento de potencia aumentado hasta de un 40% o más cuando se compara con el mismo motor sin un turbocompresor, este elemento funciona a elevadas rpm y no produce pérdidas mecánicas al contrario aprovecha los gases de escape que comúnmente son desperdiciados por el sistema. (Figura 1.4)

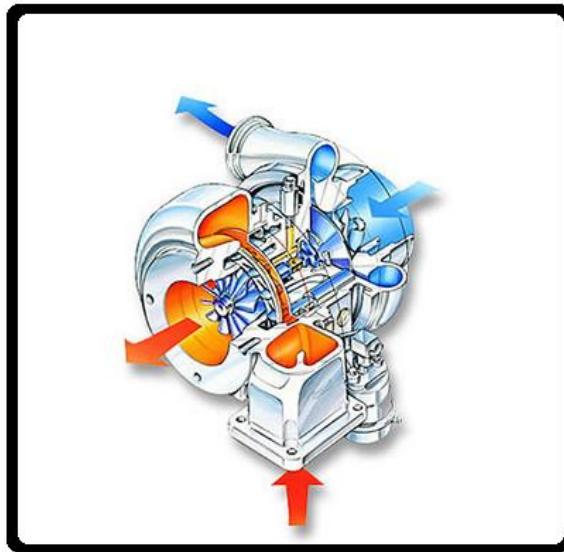


Figura 1.4. Ciclo de funcionamiento del Turbocompresor

## CICLOS DE FUNCIONAMIENTO DEL TURBOCOMPRESOR

**Funcionamiento a ralentí y carga parcial inferior:** En estas condiciones el rodete de la turbina de los gases de escape es impulsada por medio de la baja energía de los gases de escape, y el aire fresco aspirado por los cilindros no será precomprimido por la turbina del compresor, simple aspiración del motor.

**Funcionamiento a carga parcial media:** Cuando la presión en el colector de aspiración (entre el turbo y los cilindros) se acerca la atmosférica, se impulsa la rueda de la turbina a un régimen de revoluciones mas elevado y el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es precomprimido y conducido hacia los cilindros bajo presión atmosférica o ligeramente superior, actuando ya el turbo en su función de sobrealimentación del motor.

**Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga:** En esta fase continua aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina del turbo (figura1.5) y se alcanzara el valor máximo de presión en el colector de admisión que debe ser limitada por un sistema de control



(válvula de descarga). En esta fase el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es comprimido a la máxima presión que no debe sobrepasar los 0,9 bar en los turbos normales y 1,2 en los turbos de geometría variable.

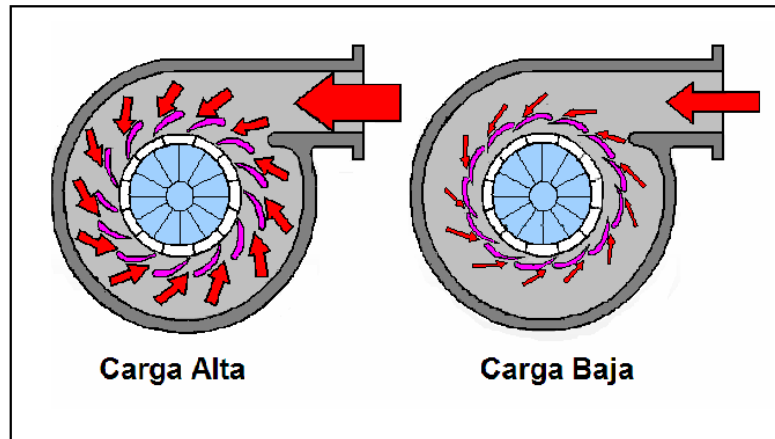


Figura 1.5. Estados de carga de la turbina

## Compresor

Los compresores de los turbocompresores suelen ser de tipo centrífugo, formados por tres componentes básicos: rueda del compresor, difusor y caja. Sirviéndose de la velocidad de rotación de la rueda, se introduce el aire axialmente, se acelera a gran velocidad y posteriormente se expulsa en dirección radial. El difusor frena el aire que fluye a gran velocidad, sin apenas pérdidas, para aumentar tanto la presión como la temperatura. El difusor se compone de la placa de apoyo del compresor y parte del alojamiento en espiral, que a su vez recoge el aire y lo frena aún más antes de que llegue a la salida del compresor.

## Características de funcionamiento

El comportamiento operativo del compresor se define normalmente mediante planos que reflejan la relación existente entre la relación de presiones y el volumen o el caudal másico. La sección del plano relativa a los compresores centrífugos está delimitada por las líneas de sobrecarga y cierre y la velocidad máxima permitida del compresor.

## Línea de sobrecarga

El ancho del mapa está delimitado a la izquierda por la línea de sobrecarga (figura 1.6). Esto es básicamente la “pérdida” del flujo de aire en la entrada del compresor. Con un caudal demasiado pequeño y una relación de presiones demasiado alta, el flujo no puede seguir adhiriéndose a la cara de aspiración de las aspas, lo que provoca la interrupción del proceso de impulsión. La circulación de aire a través del compresor se invierte hasta que se alcance una relación de presiones estable con un caudal volumétrico positivo, se vuelve a generar presión y se repite el ciclo. Esta inestabilidad del flujo continúa con una frecuencia constante y el ruido resultante se conoce como "sobrecarga".

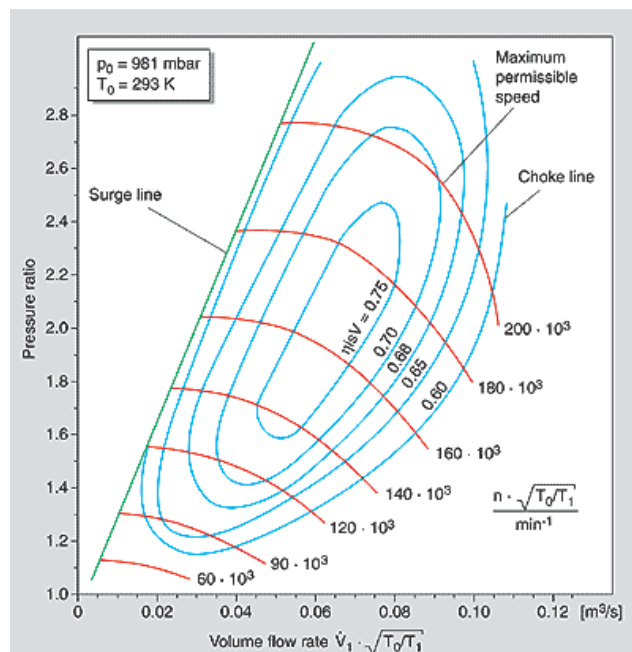


Figura 1.6. Línea de carga

## Línea de estrangulación

El caudal volumétrico máximo del compresor centrífugo normalmente está limitado por la sección transversal en la toma del compresor. Cuando el flujo en la entrada de la rueda alcanza la velocidad sónica, ya no puede

aumentar más el caudal. La línea de estrangulamiento se puede reconocer por la pronunciada pendiente descendiente que describen las líneas de velocidad a la derecha del plano del compresor.

## **Turbina**

La turbina del turbocompresor, formada por una rueda de turbina y una caja de turbina, convierte los gases de escape del motor en energía mecánica para acciona el compresor.

Los gases, que quedan restringidos por la zona de sección transversal del flujo de la turbina, experimentan una caída de presión y temperatura entre la toma y la salida. La turbina convierte esta caída de presión en energía cinética para accionar la rueda de la turbina.

Existen dos tipos principales de turbinas: de flujo axial y radial. En el tipo de flujo axial, el flujo a través de la rueda sólo se produce en la dirección axial. En las turbinas de flujo radial, la entrada de flujo de gases es centrípeta, es decir, en dirección radial de fuera adentro, mientras que la salida se produce en dirección axial.

Con ruedas de hasta 160 mm aproximadamente de diámetro, sólo se utilizan turbinas de flujo radial. Esto equivale a una potencia de motor de unos 1000 kW por turbocompresor. A partir de 300 mm en adelante, sólo se emplean turbinas de flujo axial. Entre estos dos valores, ambas variantes son posible.

Como la turbina de flujo radial es el tipo más generalizado en aplicaciones de automoción, la siguiente descripción se limita al diseño y función de este tipo de turbina.

En la cámara espiral (voluta) de dichas turbinas radiales o centrípetas, la

presión de los gases de escape se convierte en energía cinética y los gases de escape de la circunferencia de la rueda son dirigidos a velocidad constante a la rueda de la turbina. La conversión energética de energía cinética en potencia de eje se produce en la rueda de la turbina, que está diseñada de forma que para cuando los gases lleguen a la salida de la rueda, la práctica totalidad de la energía cinética ya esté transformada.

### Características de funcionamiento

El rendimiento de la turbina aumenta a medida que aumenta la caída de presión entre la toma y la salida (figura 1.7), es decir, cuando se retienen más gases en entrada de la turbina como resultado de un régimen más alto del motor, o en el caso de un aumento de temperatura de los gases de escape, debido a una mayor energía de estos.

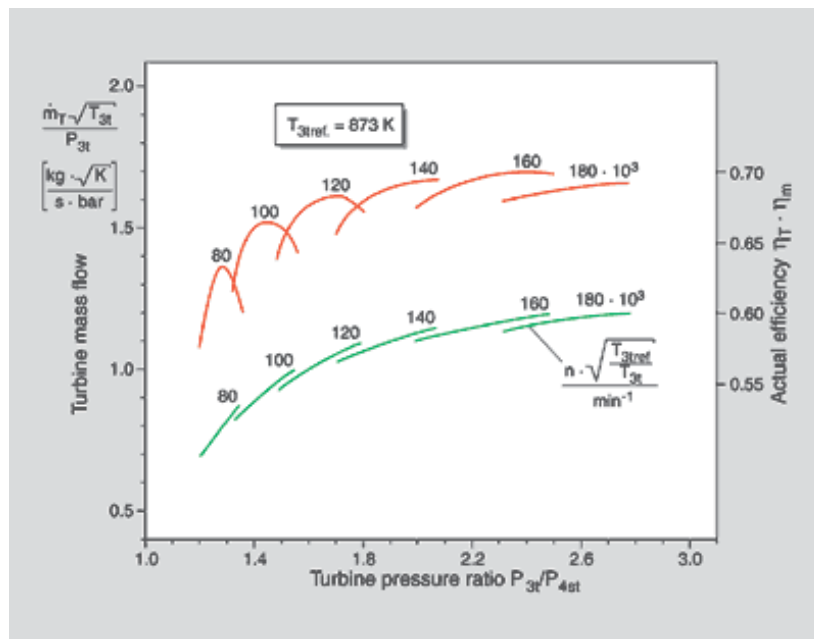


Figura 1.7. Rendimiento de la turbina

El funcionamiento característico de la turbina viene determinado por la sección transversal de flujo específica, la sección transversal de la garganta, en la zona de transición del canal de entrada a la cámara espiral (voluta). Al reducir la sección transversal de la garganta, se contienen más gases de escape en entrada de la turbina y aumenta el rendimiento de ésta

como resultado del incremento en la relación de presiones. Por lo tanto, si se reduce la sección transversal de flujo, aumentan las presiones de sobrealimentación.

La zona de sección transversal de flujo de la turbina se puede modificar cambiando la carcasa de la turbina.

Además de la zona de la sección transversal de flujo de la carcasa de la turbina, la zona de salida en la toma de la rueda también afecta a la capacidad de flujo de masa de la turbina. El mecanizado del contorno de fundición de la rueda de una turbina permite ajustar la zona de sección transversal y, por ende la presión de sobrealimentación. Una ampliación del contorno incrementa la zona de sección transversal de flujo de la turbina.

Las turbinas de geometría variable cambian la sección transversal de flujo entre el canal de la voluta y la toma de la rueda. La zona de salida a la rueda de la turbina cambia por acción de unos porta alabes variables o un anillo deslizante que recubre la parte de la sección transversal.

En la práctica, las características de funcionamiento de las turbinas con turbocompresor de gases de escape se describen mediante planos en los que se muestran los parámetros de flujo trazados como función de la relación de presiones en la turbina.

El plano de la turbina refleja las curvas de flujo de masa y el rendimiento de la turbina a distintas velocidades. Para simplificar el plano, las curvas de flujo de masa, así como el rendimiento, pueden representarse mediante una curva promedio.

Para un rendimiento general elevado del turbocompresor, la coordinación de los diámetros del turbocompresor y de la rueda de la turbina es de vital importancia. La posición del punto de funcionamiento en el plano del

compresor determina la velocidad del turbocompresor. El diámetro de la rueda de la turbina debe ser tal que permita maximizar el rendimiento de la turbina en este rango de funcionamiento.

### 1.2.2 ESQUEMA Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN GRUPO TURBO-COMPRESOR

Un sistema de aire de carga está compuesto de uno o más componentes mecánicos cuya función es incrementar la potencia de los motores de combustión interna de gasolina y diesel. El sistema básico en la (figura 1.8) consiste en un compresor de aire accionado por los gases de escape ( turbocompresor ) y un enfriador de aire de carga ( cambiador de calor ) El turbocompresor aumenta la presión y la densidad del aire entregada al motor, llevando al máximo su par de torción/potencia de salida.

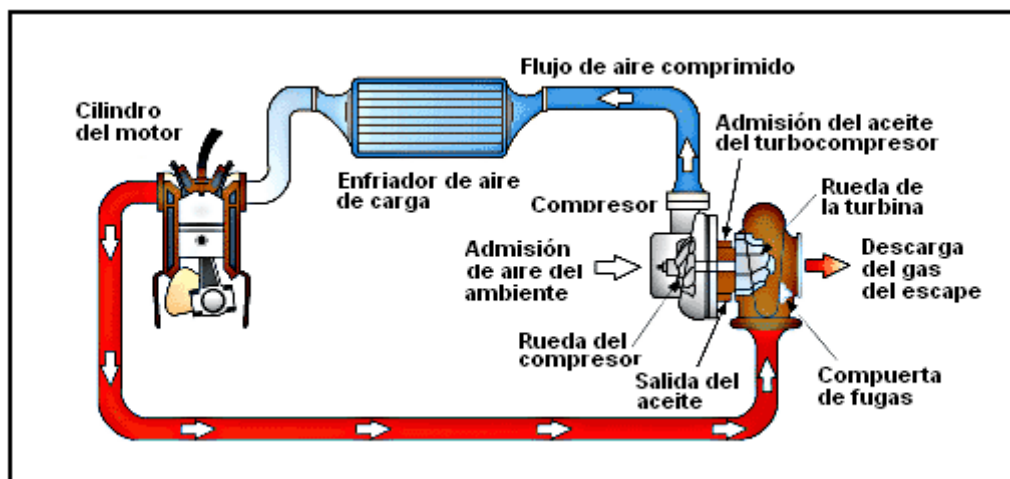


Figura 1.8. Sistema básico de circulación de aire

El enfriador de aire de carga está localizado más abajo del compresor turbocargador. Quita el calor producido por compresión y fricción de la carga de aire. Los enfriadores de aire de carga aumentan la densidad de aire en la cámara de combustión. Reducen también las temperaturas de la cámara de combustión.

El gas de escape del motor desplazado está dirigido a través del tubo de

distribución de escape dentro del cuerpo de la turbina. La presión del gas de escape y la energía térmica extraída del gas hace que la rueda de la turbina gire, lo cual acciona la rueda del compresor. El gas de escape se presiona y las temperaturas descienden a medida que los gases pasan la rueda de la turbina y, después se dirigen a la atmósfera. (Figura 1.9)

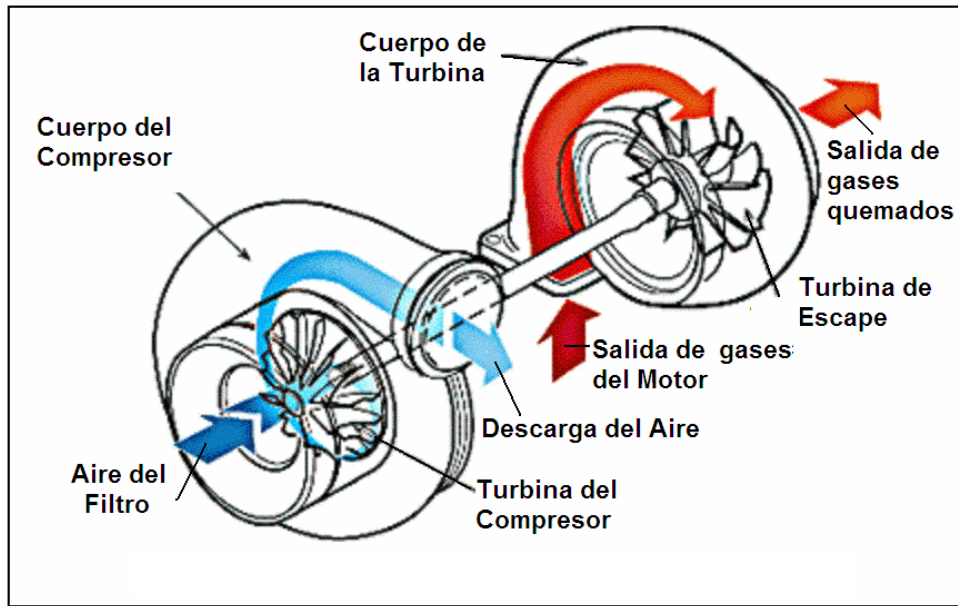


Figura 1.9. Esquema de admisión y expulsión del turbocompresor

La rueda del compresor rotatoria extrae (figura 1.9) el aire del ambiente a través del sistema de filtración de aire del motor. Sus hojas se impulsan y arrojan el aire dentro del cuerpo del compresor donde se comprime y se dirige a través de una canalización al tubo múltiple de admisión del motor.

La sección de la turbina está compuesta de una rueda para turbina fundida, una corona de rueda térmica y una carcasa para la turbina, con la admisión en el diámetro externo del cuerpo de la turbina. Es un dispositivo de entrada centrípeto, radial o mixto en que el gas de escape fluye hacia adentro, pasa las hojas de la rueda y sale al centro del diámetro de la carcasa.

La sección del compresor está compuesta de una rueda para compresor

fundida, una placa trasera y una carcasa para el compresor con la admisión en el centro del diámetro de la carcasa del compresor. Es un dispositivo de salida centrífugo o radial en que el aire escapa hacia afuera, pasa las hojas de la rueda y sale por el diámetro externo de la carcasa.

### **1.2.3 PRINCIPALES PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN POR TURBOCOMPRESOR.**

Para elegir los parámetros del sistema de sobrealimentación por turbocompresor deben asignarse los índices principales del motor diesel. Basándose en los parámetros del sistema de sobrealimentación por turbocompresor, se determinan los parámetros geométricos de las partes de circulación del compresor y de la turbina, así como los parámetros del refrigerador intermedio.

Los principales parámetros de un motor diesel son:

La potencia =  $N_e$  (CV)

La frecuencia de rotación =  $n_{mot}$  (r.p.m)

El volumen =  $V_h$  (en 1)

El consumo específico de combustible =  $g_e$  [g/ (CV. h)]

El coeficiente de exceso de aire =  $\alpha$

El coeficiente de llenado =  $n_v$

La temperatura de los gases de escape  $T_t$  (K)

La resistencia del depurador de aire  $\Delta p_{d.a}$  (Kgf/cm<sup>2</sup>)

La resistencia de la tubería de escape  $\Delta p_r$  (Kgf/cm<sup>2</sup>)

A los parámetros del medio ambiente pertenecen:

La presión  $p_o$  (Kgf/cm<sup>2</sup>)

La temperatura  $T_o$  (K)



Principales parámetros del sistema de sobrealimentación por turbocompresor:

El gasto del aire por segundo  $G_a$  (Kg/s)

La densidad del aire  $\rho_s$  (Kg/m<sup>3</sup>) a la entrada del motor

La densidad del aire  $\rho_1$  (Kg/m<sup>3</sup>) a la salida del depurador

Presión del aire a la entrada del compresor  $P_e$  (Kgf/cm<sup>2</sup>)

Presión del aire a la salida del compresor  $P_s$  (Kgf/cm<sup>2</sup>)

#### 1.2.4 DATOS A MEDIRSE

##### Temperaturas del sistema de sobrealimentación

**To** = Temperatura del medio ambiente

**Te** = Temperatura del aire en el difusor del compresor del turbo cargador

**Ts** = Temperatura del aire en la salida del compresor del turbo cargador

**Tt** = Temperatura del gas de escape en la entrada de la turbina del turbo cargador

**Tr** = Temperatura del gas de escape en la salida de la turbina del turbo cargador

##### Presiones del sistema de sobrealimentación

**Po** = Presión barométrica

**Pe** = Presión manométrica del aire en el difusor del compresor del turbo cargador

**Ps** = Presión manométrica del aire en la salida del compresor del turbo cargador

**Pt** = Presión manométrica del gas de escape en la entrada de la turbina del turbo cargador

**Pr** = Presión manométrica del gas de escape en la salida de la turbina del turbo cargador

## **Flujo del aire en el sistema de sobrealimentación**

**Fa** = Flujo del aire en el difusor del compresor del turbo cargador

**Fc** = Flujo del aire en la salida del compresor del turbo cargador

## **RPMS del eje en el turbo cargador**

**RPMS** = Revoluciones por minuto a la que esta sometido el eje impulsor del turbo cargador.

### **1.3 SENSORES**

Los sensores son dispositivos encargados de captar las condiciones de funcionamiento de un sistema determinado como en este caso el de un motor sobrealimentado, la característica principal de un sensor es la de tomar una forma de energía y transformarla en energía eléctrica para entregarla a una unidad de control capaz de procesarla e interpretarla mostrándonos así directamente los datos medidos en una pantalla. En este proyecto vamos a utilizar los siguientes tipos de sensores:

- Sensores de rotación (RPM)
- Sensores de presión
- Sensores de temperatura
- Sensores de flujo o caudal

#### **1.3.1 SENSORES DE R.P.M**

Son dispositivos que miden revoluciones por minuto (RPM) del rotor de un motor o una turbina o de cualquier eje giratorio. Son utilizados para llevar un registro de las velocidades de los elementos rotativos que conforman una máquina de tal forma se puede hacer un análisis de velocidades y

tener un control adecuado del funcionamiento del sistema que esté trabajando.

Dentro de los dispositivos que miden las RPM nosotros tenemos los sensores de proximidad (figura 1.10) que gracias a su gran desempeño en la industria y en el campo automotriz los hemos escogido de forma general para luego realizar una selección del sensor más adecuado para realizar el proyecto.



Figura 1.10. Sensores de proximidad

Los sensores de proximidad son la interfase entre la máquina y el cerebro de un proceso en movimiento, como aplicaciones típicas tenemos: Control de cintas transportadoras; control de alta velocidad; detección de movimiento, conteo de piezas, etc.

Este tipo de sensores son especialmente aptos para aplicaciones en robótica hasta máquinas herramientas. Los sensores y cables poseen muy buenas propiedades mecánicas y son muy resistentes a una gran cantidad de químicos. Existen en varios formatos, desde los cilíndricos con versiones en M8, M12, M18, M30, a versiones rectangulares. Con conector de cable acodado a 90° o en línea.

Tipos de sensores de RPM:

- Sensores de proximidad Inductivos

- Sensores de proximidad Capacitivos
- Sensores de proximidad Magnéticos
- Sensores de proximidad Ópticos

### 1.3.1.1 SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son extremadamente confiables, aún en las condiciones mas extremas, poseen robustas carcazas en acero inoxidable y gracias al sello perfecto y alta resistencia soportan la acción de lubricantes y refrigerantes. Para ambientes menos agresivos se disponen de sensores en carcaza plástica.

#### **Sensor inductivo con Amplificador Separado (Figura 1.11)**



Figura 1.11. Sensor inductivo con Amplificador Separado

Resistente a altas temperaturas

Sensor de C.C. del cable de tres hilos resiste temperaturas ambiente de hasta 200° C (392° F).

Cabezal de detección pequeña y amplificador separada.

Ideal para comprobar moldes en máquinas de moldeado por inyección.

El amplificador compacto es montable en rail DIN en ambientes de temperatura normales.

La operación Normalmente Abierta N.O. o Normalmente Cerrada N.C. es seleccionable por interruptor.

### **Sensor Inductivo Detector de Metal (Figura 1.12)**



Figura 1.12. Sensor Inductivo Detector de Metal

Sensor de C.C. de cable de 3 hilos detecta el aluminio, el cobre, el hierro y el acero inoxidable.

El sensor precableado ofrece hasta 3 veces la distancia de la detección de otros sensores inductivos para el aluminio.

Protección contra el cortocircuito, los picos de voltaje, y la protección contra la polaridad cambiada.

### **Sensor Inductivo en carcasa de plástico (Figura 1.13)**



Figura 1.13. Sensor Inductivo en carcasa de plástico

Cables de 2 hilos C.A. y de 3 hilos C.C.

Los sensores de Teflón<sup>®</sup> son ideales para los ambientes hostiles.

Cable resistente al aceite.

Tuercas de montaje de Teflón y arandelas de latón.

La cubierta hermética proporciona protección nema 1, 4X, 6, 12, 13 e IP67

### 1.3.1.2 SENSORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS

Los sensores capacitivos están disponibles en formatos cilíndrico y rectangular, son particularmente aptos para la detección de objetos no metálicos. Un ajuste fino puede realizarse mediante el potenciómetro integrado.

#### **Sensor Capacitivo con amplificador separado (Figura 1.14)**



Figura 1.14. Sensor Capacitivo con amplificador separado

Sensor de C.C. de cable de tres hilos con amplificador separado ofrece sensibilidad ajustable.

Cabezales de detección compactos.

Cable flexible para robótica de 1 m.

Detecta objetos metálicos y no-metálicos.

#### **Sensor capacitivo cilíndrico (Figura 1.15)**



Figura 1.15. Sensor capacitivo cilíndrico

Precableado de cable de tres hilos para C.C o de C.A. de dos hilos.

Ideal para la detección sin contacto del cristal, de la madera, del agua, del aceite, del plástico, y del metal.

Detección indirecta de objetos en envases no metálicos.

Sensor cilíndrico sin rosca con el soporte de montaje.

### **1.3.1.3 SENSORES DE PROXIMIDAD MAGNÉTICOS**

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ej. hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.

#### **Sensor Magnético contactos separados (Figura 1.16)**



Figura 1.16. Sensor Magnético contactos separados

El interruptor compacto de dos hilos de C.C. ahorra espacio.

Ideal para puertas/cubiertas.

El sensor y el imán separados permiten posiciones múltiples del imán usando un solo sensor.

En pares.

### **Sensor magnético cilíndrico (Figura 1.17)**



Figura 1.17. Sensor magnético cilíndrico

Resistencia: 150 m'ohms Max

Voltaje: 470 Vac

Corriente: 0.50<sup>a</sup>

Distancia a sensar: 3.0mm min.

Longitud: 28.0mm (1.102in)

Diámetro: M6

### **1.3.1.4 SENSORES DE PROXIMIDAD ÓPTICOS**

Los sensores ópticos son compactos, versátiles y están equipados con un LED. De relación costo beneficio optima, ofrecen una alta performance. Se dispone del formato adecuado para cada requerimiento, como sensor difuso (palpador) o reflex. (Figura 1.18)



Figura 1.18. Sensores de proximidad ópticos

Sensor de C.C. de cable de tres hilos o de C.A. de dos hilos.

Fuente de alimentación.

Distancia de la detección ajustable.



Ideal para la detección sin contacto del cristal, de la madera, del agua, del aceite, del plástico, y del metal.

Detección indirecta de objetos en envases no metálicos.

Sensor cilíndrico sin rosca con el soporte de montaje.

### 1.3.2 SENSORES DE PRESIÓN

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio con otra fuerza, conocidas que puede ser la de una columna líquida un resorte, un embolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión. Tenemos los siguientes tipos:

- Sensores mecánicos
  - Tubo Bourdon tipo C
  - Tubo Bourdon espiral
  - Tubo Bourdon hélice
  
  - Fuelle
  
  - Diafragma

#### 1.3.2.1 SENSORES MECÁNICOS

##### Tubo Bourdon tipo C

Es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo cerrado por un extremo y conectado a la fuente de presión por el otro. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón. (Figura a) 1.19)

El material empleado normalmente en el tubo Bourdon es de acero inoxidable, aleación de cobre o aleaciones especiales como hastelloy y monel.

### De hélice y espiral

Miden presiones con una mayor precisión ya que el movimiento de sus extremos cerrados es mayor. (Figura b) 1.19)

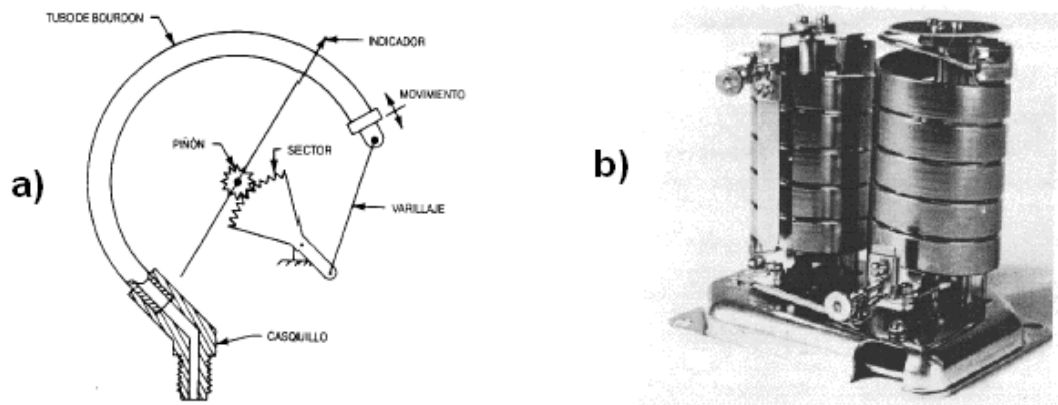


Figura 1.19. a) Tipo C, b) Hélice y espiral

El elemento en espiral.- Se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espira en forma de hélice. Estos elementos proporcionan un desplazamiento grande del extremo libre y por ello, son ideales para los registradores.

Este tipo de manómetros dentro de la industria, se utilizan comúnmente en compresores, reguladores de filtros, bombas de agua, equipo para servir bebidas, aplicadores de pintura por pulverización y varias otras aplicaciones ya que es de fácil montaje y eficaz a la hora de su funcionamiento. Dentro del campo automotriz y específicamente en motores diesel el manómetro tipo bourdon se utiliza para analizar la operación midiendo presión y vacío.

## Fuelle

Es un tubo fino de una sola pieza, flexible axialmente, ondulado, de acero inoxidable o latón, que por efecto de presión se estira o contrae con un desplazamiento considerable. (Figura 1.20)

Hay que señalar que los elementos de fuelle se caracterizan por su larga duración, demostrada en ensayos en los que han soportado sin deformación algunos millones de ciclos de flexión. El material empleado para el fuelle es usualmente bronce fosforoso y el muelle es tratado térmicamente para mantener fija su constante de fuerza por unidad de compresión. Se emplean para pequeñas presiones.

Para conseguir una mayor duración y precisión el movimiento está contrarrestado por un muelle.

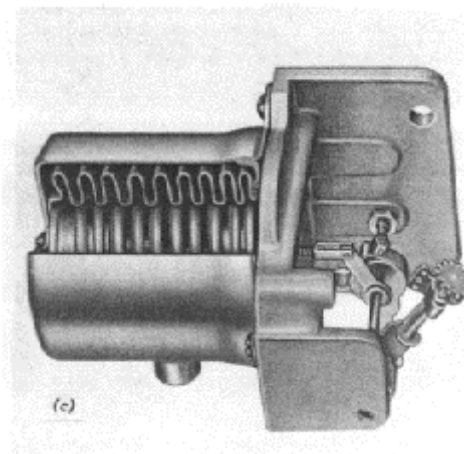


Figura 1.20. Fuelle

## Diafragma

Consiste en una o varias capsulas circulares conectadas rígidamente entre si por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada capsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. (Figura 1.21)

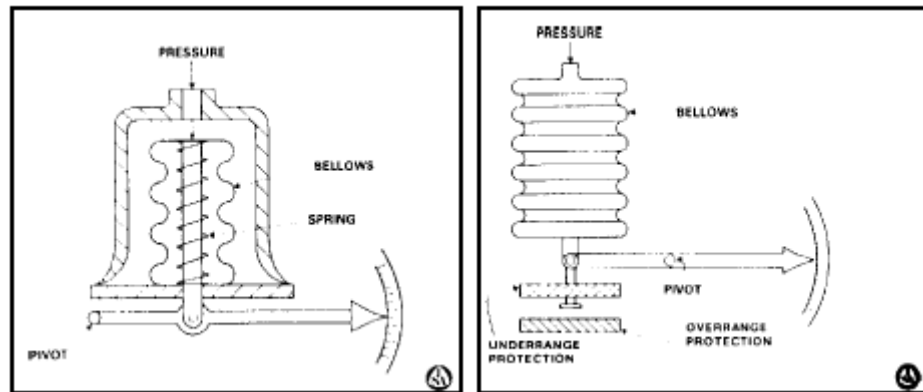


Figura 1.21. Diafragma

El material del diafragma es normalmente aleación de níquel. Se utiliza para pequeñas presiones.

### 1.3.3 SENSORES DE TEMPERATURA

Los sensores de temperatura permiten determinar el valor de la temperatura en la que se haya inmerso mediante mediciones precisas del valor de su resistencia eléctrica. Tenemos los siguientes tipos:

- Termómetros de dilatación
  - T. de vidrio
  - T. de bulbo
  - T. bimetálicos
- Termómetros sensibles a la resistencia
  - Termómetros de resistencia metálica
- Termopares
  - Pirómetros ópticos
  - Pirómetros de radiación total

### 1.3.3.1 TERMÓMETROS DE DILATACIÓN

#### Termómetro de vidrio (Figura 1.22)

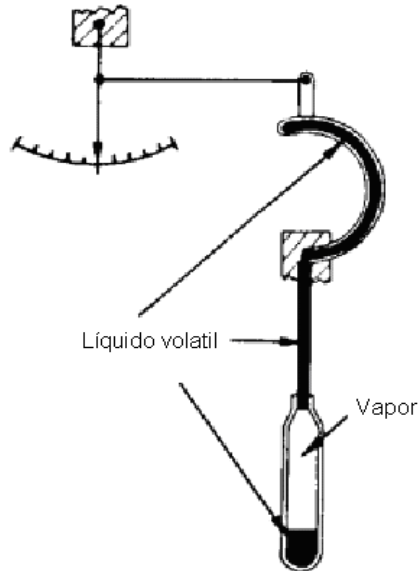


Figura 1.22. Termómetro de vidrio

- Indican la temperatura como diferencia entre el coeficiente de dilatación del vidrio y del líquido empleado.
- Los más comunes son: Mercurio: (-37° C, 315°C), Mercurio con gas inerte (N<sub>2</sub>): (-37°C, 510°C), Alcohol: hasta -62°C.
- Precisión 1% del rango

#### Termómetro de bulbo (Figura 1.23)

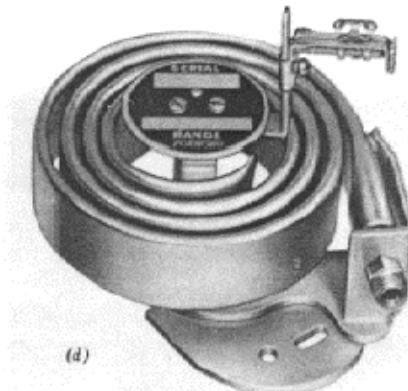


Figura 1.23. Termómetro de bulbo

- La variación de temperatura produce la expansión o contracción del fluido lo que deforma el recinto que lo contiene.
- La deformación es apreciada por un muelle Bourdon y transmitida a un indicador o transmisor
- Rango: (-40°C a +425°C)
- Precisión: 1%

### Termómetro bimetalico (Figura 1.24)

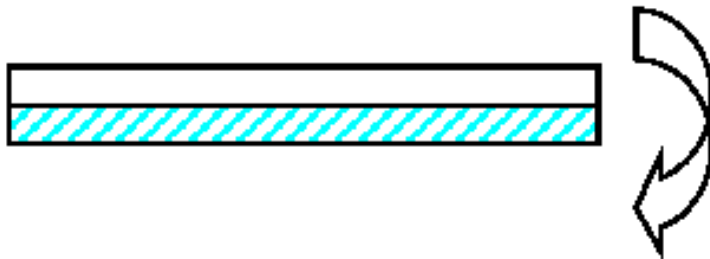


Figura 1.24. Termómetro bimetalico

- Constan de dos láminas metálicas con diferente coeficiente de dilatación, unidas sólidamente por sus extremos.
- Muy usados como termostatos
- Cuando por efecto de la temperatura se dilatan, se deforman produciéndose un desplazamiento mecánico cuya fuerza se emplea para mover una aguja indicadora o activar un mecanismo de control.
- Rango: 0 a 500°C
- Precisión: 1%

### 1.3.3.2 TERMÓMETROS SENSIBLES A LA RESISTENCIA

Se basan en que la resistencia eléctrica de metales puros aumenta con la temperatura. En algunos de forma casi lineal. Este principio proporciona una forma muy precisa de medir. (Figura 1.25)

- Se necesita un material:

- resistente a la corrosión y ambientes hostiles
  - comportamiento lineal
  - alta sensibilidad
  - fáciles de fabricar
  - estables
- Pt y Ni
  - Importante la instalación
  - Rango: (platino) -200°C a +500°C
  - Precisión: 0.2%
  - PT100. Sensibilidad 0.385 ohmios/°C

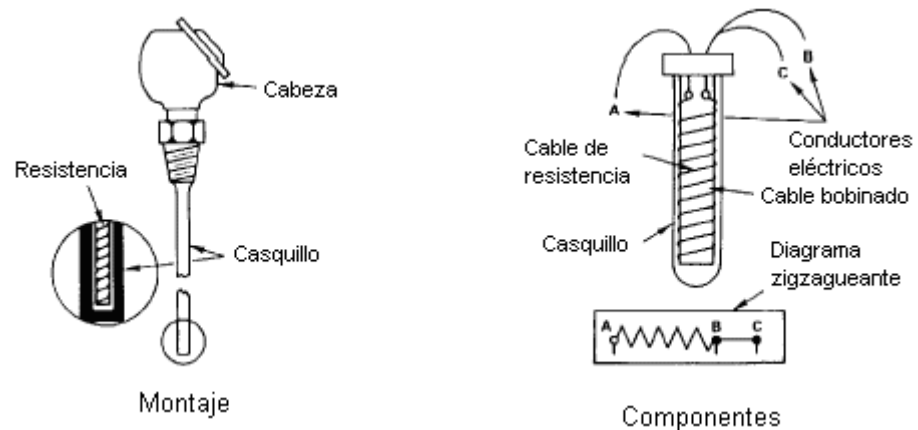


Figura 1.25. Termómetro sensible a la resistencia

### 1.3.3.3 TERMOPARES

Sensores activos, usan el efecto Seebeck: circula una corriente cuando dos hilos de metales distintos se unen y se calienta uno de los extremos (figura 1.26). Se puede medir el voltaje, que es proporcional a la diferencia de temperaturas. Señal de salida muy baja: milivoltios. Necesita acondicionamiento de la señal. Sensibilidad baja: micro voltios por grado. Aguantan altas temperaturas (calderas) .Bastante lineales. (Figura 1.26)

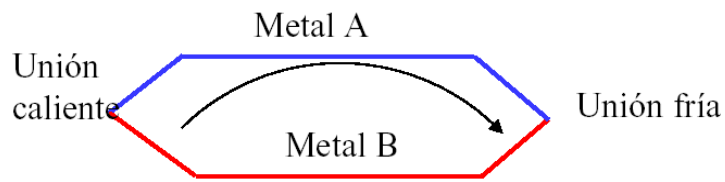


Figura 1.26. Unión de metales distintos

### Tipos de Termopares:

- Termopar J: Hierro y Constatan (Cu-Ni).
  - ◆ Afectado por corrosión
  - ◆ Rango: 0°C a +750°C
  - ◆ Precisión: 0.5%
  
- Termopar K: Cromo y Alumel (Al-Ni).
  - ◆ Buena resistencia a la oxidación
  - ◆ Rango: 0°C a +1.300°C y 600°C a 1.000°C en atm. oxidantes
  - ◆ Precisión: 1%
  
- Termopar R: Platino y Platino-13% Rodio.
  
- Termopar S: Platino y Platino-10% Rodio.
  - ◆ Rango de medida más amplio (0°C a +1.600°C), pero más caros.
  - ◆ Precisión: 0.5%
  
- Termopar W: Volframio-5% Renio y Volframio-26% Renio.
  - ◆ Rango: 0°C a +2.800°C en atm. inertes o vacío.
  - ◆ Precisión: 1%

### Pirómetros ópticos

Se basan en el hecho de comparar visualmente la luminosidad del objeto radiante con el filamento de una lámpara incandescente. Para ello se



superponen ambas ondas luminosas y se varía la corriente eléctrica de la lámpara hasta que deja de ser apreciable a la vista. La variación de la corriente nos da un valor de la temperatura, pero hay que calibrar la luminosidad de la lámpara previamente. (Figura 1.27)

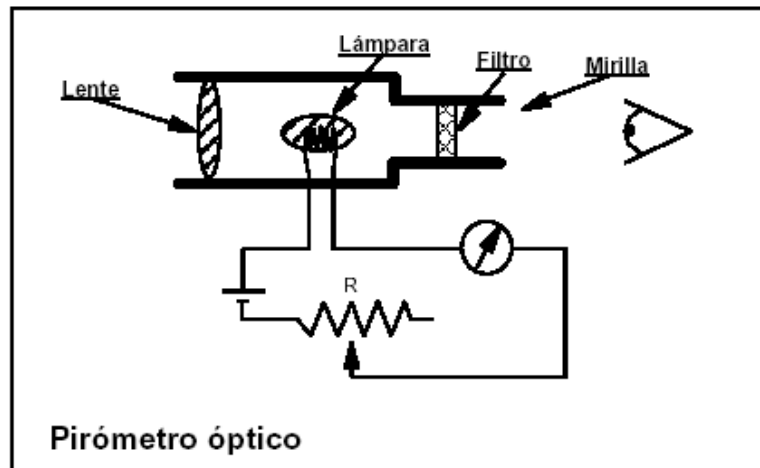


Figura 1.27. Pirómetro óptico

Trabajan en la banda de ondas visibles: 0,45 micras (violeta)-0,75 micras (rojo).

Fueron los primeros aparatos de pirometría, todavía se usan pero no son elementos convencionales.

### **Pirómetro de Radiación Total**

Tienen unos detectores que captan simultáneamente todas las radiaciones emitidas en la zona del espectro entre 0,3 y 20 micras. Los detectores son de tipo térmico: "termopilas" (formados por varios termopares montados en serie). La energía radiante que reciben les eleva la temperatura y generan una tensión en milivoltios. Las variaciones de temperatura de la caja del pirómetro son compensadas por una resistencia montada en paralelo con la termopila. (Figura 1.28)

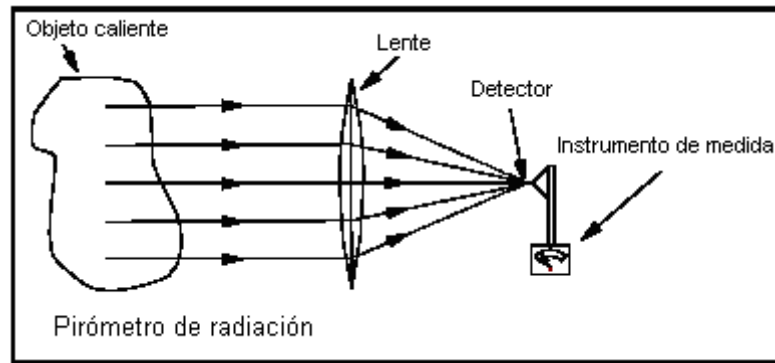


Figura 1.28. Pirómetro de radiación

- Inconvenientes:
  - Lentitud de respuesta.
  - Para eliminar radiaciones perturbadoras (energía radiada o absorbida por otros elementos presentes) se usan lentes y filtros que también reducen la energía útil.

#### 1.3.4 SENSORES DE FLUJO

Los sensores de flujo de aire sirven para la medición de la velocidad del aire y del caudal volumétrico. Tenemos los siguientes tipos:

##### **Medidores de presión diferencial**

Placa orificio

Tubo Venturi

Tubo Pitot

Medidores de impacto

##### **Medidores de velocidad**

Medidor de turbina

Rotámetro

Medidor de ultrasonidos

### 1.3.4.1 MEDIDORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

#### Placa orificio

Es una placa con un orificio (generalmente afilado aguas arriba biselado aguas abajo). Se usa con líquidos limpios y gases. (Figura 1.29)

Los fluidos sucios producen erosión del filo de la placa. Se usan orificios excéntricos:

- en la parte alta, para permitir el paso de gases al medir líquidos.
- en la parte baja, para dejar pasar sólidos suspendidos.

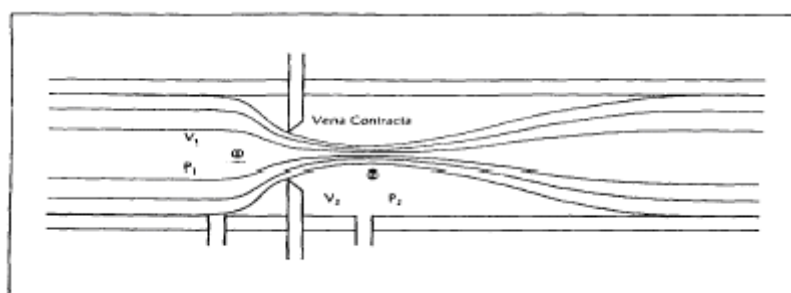


Figura 1.29. Contracción de la vena del fluido debido a un elemento estrangulador

#### Tubo Venturi

Se utiliza cuando es importante limitar la caída de presión. Consiste en un estrechamiento gradual cónico y una descarga con salida también suave (figura 1.30). Se usa para fluidos sucios y ligeramente contaminados.

Se utiliza para tasas de "turn down" (relación entre el máximo y el mínimo caudal), altas como la de las líneas de vapor. El alto costo restringe su utilización.

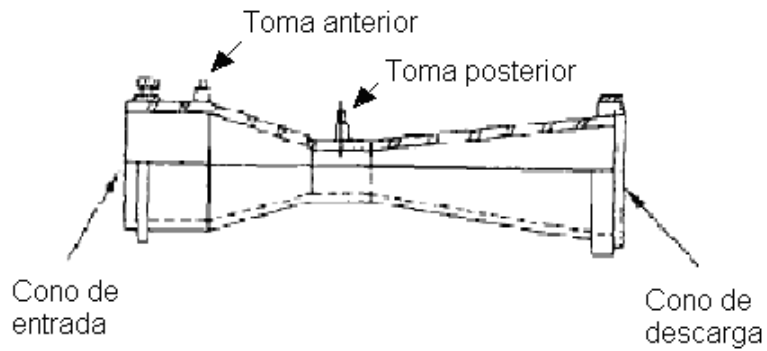


Figura 1.30. Tubo venturi

### Tubo Pitot

Mide la velocidad en un punto. Consiste en un tubo de pequeño diámetro que se opone al flujo, con lo que la velocidad en su extremo mojado es nula.

Midiendo la altura de la columna de líquido tenemos la presión total del punto. Si medimos la presión estática con otro tubo, podemos calcular la velocidad como función de la diferencia de presiones. (Figura 1.31)

Entre sus ventajas son la escasa caída de presión y bajo precio, siendo por ello una buena elección para tuberías de gran diámetro y para gases limpios.

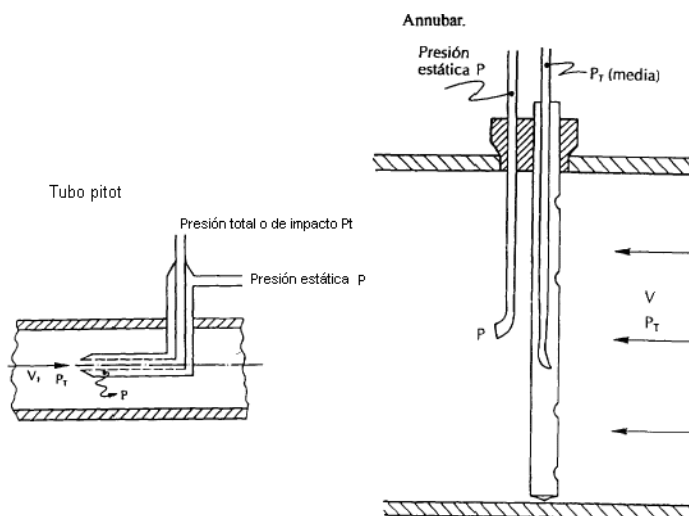


Figura 1.31. Tubo pitot y tubo annubar

El tubo Annubar (figura 1.31) es una variante del tubo de Pitot que dispone de varias tomas, a lo largo de la sección transversal, con lo que se mide la presión total en varios puntos, obteniendo la media de estos valores y evitando el error que produce el tubo de Pitot.

### **Medidores de impacto**

Miden la fuerza sobre una placa (generalmente un disco circular) que se coloca en contra del flujo. Tienen baja precisión (0.5 - 5%), pero son adecuados para fluidos sucios, de alta viscosidad y contaminados.

### **1.3.4.2 MEDIDORES DE VELOCIDAD**

#### **Turbina**

El fluido entra en el medidor y hace girar un rotor a una velocidad que es proporcional a la del fluido, y por tanto al caudal instantáneo.

La velocidad de giro del rotor se mide por conexión mecánica (un sensor registra el número de vueltas figura 1.32) o por pulsos electrónicos generados por cada giro.

- Son los más precisos (Precisión 0.15 - 1 %).
- Son aplicables a gases y líquidos limpios de baja viscosidad.
- Problemas: Pérdida de carga y partes móviles

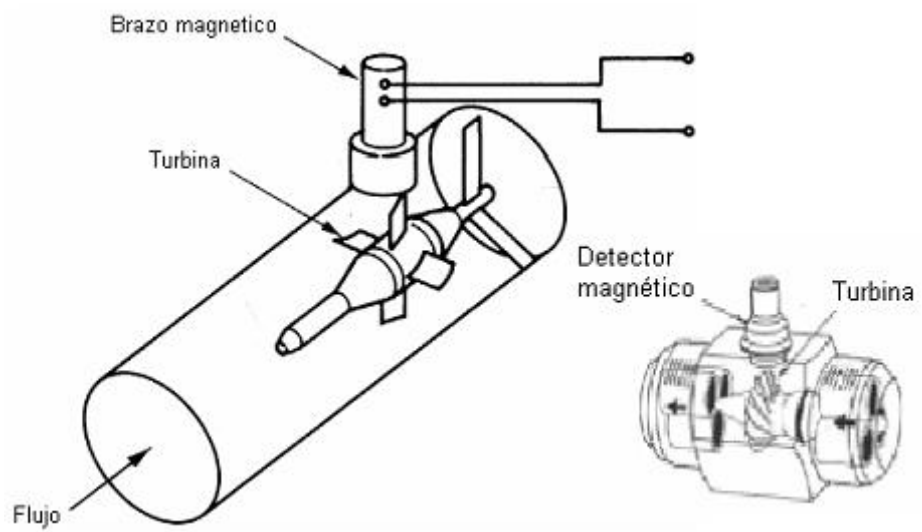


Figura 1.32. Medidor de turbina

## Rotámetros

Medidores de área variable en los que un flotador cambia su posición de forma proporcional al caudal. (Figura 1.33)

Como indicador visual. Se le puede hacer acoplamiento magnético. Instalación en vertical

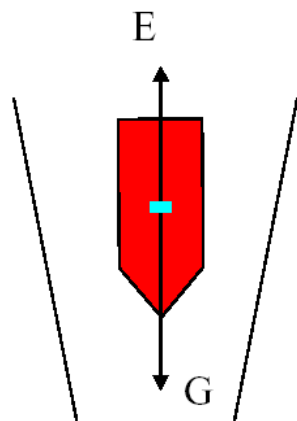


Figura 1.33. Flotadores

## Medidor de ultrasonido

Emplean ondas ultrasónicas para determinar el caudal (figura 1.34). Son buenos para medir líquidos altamente contaminados o corrosivos, porque se instalan exteriormente a la tubería. Precisión: 2 - 5%.

Medidor a pulsos.- Se introducen dos pulsos inclinados y simultáneamente, mediante dos transmisores emisor-receptor, que reflejan en la tubería. La diferencia de tiempo para el mismo camino recorrido depende de la velocidad del flujo.

Medidor Doppler.-Emite ondas de frecuencia fija que reflejan en el fluido.

Como el fluido posee velocidad se produce una variación de la frecuencia de la onda reflejada.

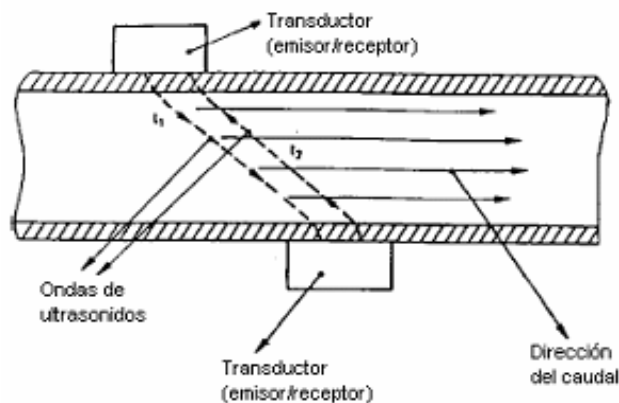


Figura 1.34. Medidor de caudal por ultrasonidos

## II.- DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Mostramos a continuación los sensores que van a ser instalados en el sistema de alimentación y descarga del motor Isuzu. Son los debidamente seleccionados. Adjuntamos una gráfica que contiene la ubicación de cada uno de ellos así como también la letra de su designación (Figuras 2.1 y 2.2). Esta gráfica también indica la circulación del aire por el sistema.

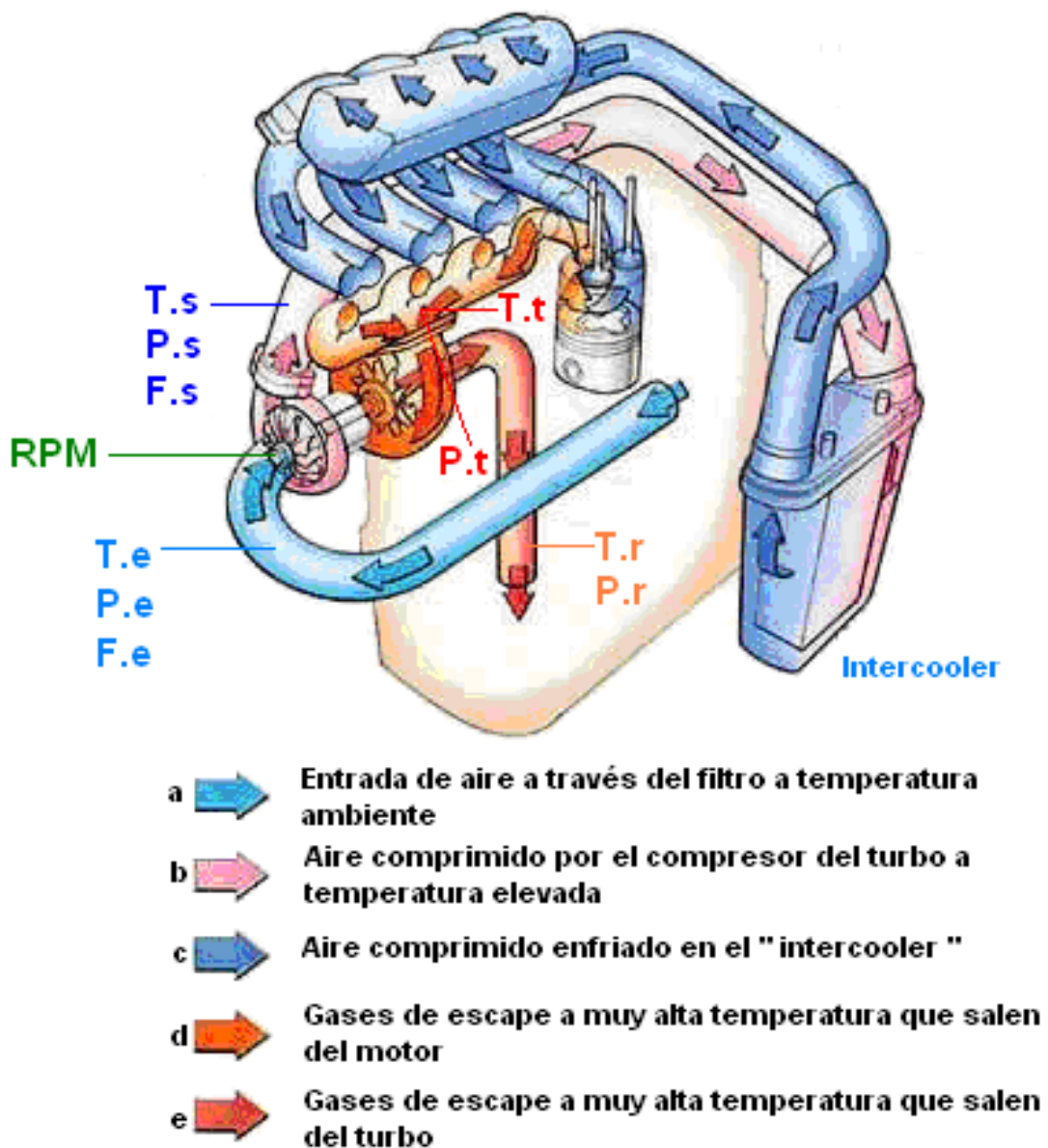


Figura 2.1. Sistema de circulación de aire



<b>T.e</b>	→	Temperatura del aire a la entrada del compresor
<b>T.s</b>	→	Temperatura de salida del aire del compresor hacia el multiple de admisión
<b>T.t</b>	→	Temperatura de entrada de gases de escape hacia la turbina
<b>T.r</b>	→	Temperatura de salida de gases de escape de la turbina hacia el ambiente
<b>P.e</b>	→	Presión del aire a la entrada del compresor
<b>P.s</b>	→	Presión de salida del aire del compresor hacia el multiple de admisión
<b>P.t</b>	→	Presión de entrada de gases de escape hacia la turbina
<b>P.r</b>	→	Presión de salida de gases de escape de la turbina hacia el ambiente
<b>F.e</b>	→	Flujo del aire a la entrada del compresor
<b>F.s</b>	→	Flujo de salida del aire del compresor hacia el multiple de admisión
<b>RPM</b>	→	Revoluciones por minuto del eje del turbocompresor

Figura 2.2. La designación de los sensores

## 2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MOTOR ISUZU (DIESEL)

Tabla 2.1. Datos del Motor Isuzu 4BD1<sup>1</sup>

MODELO DE MOTOR	4 BD1T
Tipo de motor	Cuatro ciclos, válvula elevada, enfriado por agua
Tipo de cámara de combustión	Inyección directa
No. de cilindros-diámetro x carrera mm(pulg)	4-102 x 118 (4,02 x 4,65)
No. de aros de pistón	Aros de compresión: 2 / Aro de aceite : 1
Desplazamiento total del pistón cm <sup>3</sup> (pulg <sup>3</sup> )	3,856 (253,3)
Razón de compresión ( a 1 )	3,85717.0
Presión de compresión Kg/cm <sup>2</sup> (psi / KPa)	3.85831 (441 / 3.038)
Orden de inyección combustible	1 – 3 – 4 – 2
Velocidad de marcha mínima rpm	555 – 605
Holgura de válvulas ( en frío )	0,40 ( 0,016 )
Admisión mm (pulg)	0,40 ( 0,016 )
Escape	
Modelo de turbo alimentación	IHI RHB – 6 Turbo Garret
Tipo de turbina	Entrada radial
Tipo de compresor	Salida radial
Presión inicial de compuerta de descarga Mm Hg ( in Hg)	680 ( 27 )

<sup>1</sup> Monge J: Elaboración de un Banco de pruebas Diesel Isuzu; Tesis, Latacunga, 2002

## 2.2 PARÁMETROS DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN POR TURBO COMPRESOR

Motor turboalimentado

Tabla 2.2. Parámetros del sistema<sup>2</sup>

Potencia	$N_e$	CV	100
Potencia	$N_e$	Kw	73.6
RPM max (motor)	$N_{mot}$	rpm	2200
RPM max (turbo)	$N_{t.c}$	rpm	74457
Presión de entrada	$P_e$	Kgf/cm <sup>2</sup>	8.61
Presión de salida	$P_s$	Kgf/cm <sup>2</sup>	1.69
Volumen	$V_h$	L	4.75
Consumo del aire	$G_a$	Kg/s	0.129
Densidad del aire	$\bar{\rho}_s$	Kg/m <sup>3</sup>	1.565

## 2.3 SELECCIÓN DEL SENSOR DE (R.P.M)

El siguiente sensor cumple con lo requerido en cuanto a dimensiones, apreciación, costo y disponibilidad en el mercado.

### **Sensor de proximidad inductivo detector de metal**

El sensor de proximidad inductivo (figura 2.3), actúa por inducción al acercarle un objeto metálico, generando de ésta forma una señal. Son de estado sólido con muy buenas propiedades mecánicas y no requieren contacto directo con el material a sensor, debido a esto lo hemos seleccionado para medir las RPM del eje del turbocompresor.

---

<sup>2</sup> Visórov .B.A: Manual de motores Diesel para tractores, pg 147, Mir Moscú, 1986.



Figura 2.3. Sensor de proximidad inductivo detector de metal

Especificaciones:

Sensor de C.C. 24V

Señal de salida 0 – 50 KHz

Cable de 3 hilos

Detecta el aluminio, el cobre, el hierro y el acero inoxidable.

Sensor precableado

Ofrece hasta 3 veces la distancia de la detección de otros sensores inductivos para el aluminio.

Protección contra el cortocircuito y picos de voltaje.

Protección contra la polaridad cambiada

## 2.4 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE PRESIÓN

Dentro de los diferentes tipos de manómetros existen los que se utilizan para medir presiones muy bajas, como la del aire que se encuentra ingresando a la admisión o la presión del carter, o para medir presiones mayores, como la del turboalimentador, la presión de la caja de aire y la contrapresión del escape.

Manómetro de vacío o vacuómetro que fue instalado en: **(Pe)**

Los vacuómetros en general son utilizados para medir vacío o depresión, en el caso particular de un motor con turbo tenemos vacío a la entrada del caracol del compresor, por esta razón hemos seleccionado un vacuometro ligero (figura 2.4), de instalación rápida, fácil de interpretar su lectura y con un rango de medida baja de 0 – 30 in Hg



Figura 2.4. Vacuómetro

Especificaciones:

**Diámetro:** 54 mm

**Caja:** Acero pintado de negro

**Anillo:** Ninguno

**Ventana:** De policarbonato, sujeta a presión

**Carátula:** Números negros sobre fondo blanco

**Puntero:** Negro, de aluminio

**Tubo de Bourdon:** Tubo de bronce estirado, en "C"

**Mecanismo:** PowerFlex patentado, de resorte suspendido, con segmento de poliéster

**Material de la conexión:** Latón

**Restrictor:** Tapón restrictor con orificio de 0,013"

**Conexión:** 1/2 14 NPT

**Rangos:** Escala simple (0 – 30 in Hg) con conexión inferior

**Temperatura de trabajo:** –40 a +150°F-----

MANOMETRO (Tipo bourdon) que fue instalado en :**(Ps)**

Este manómetro fue seleccionado para medir la presión, a la salida del compresor (figura 2.5). Es de tipo bourdon de fácil instalación, lectura rápida, disponibilidad en el mercado, etc. El rango del manómetro es de 0 – 30 PSI (0 – 210 KPa), con lo cual se pretende cubrir el rango de presión a la salida del compresor.



Figura 2.5. Manómetro

Especificaciones:

**Diámetro:** 68 mm

**Caja:** Acero pintado de negro

**Anillo:** Ninguno

**Ventana:** De policarbonato, sujeta a presión

**Carátula:** Números negros sobre fondo blanco

**Puntero:** Negro, de aluminio

**Tubo de Bourdon:** Tubo de bronce estirado, en "C"

**Mecanismo:** PowerFlex patentado, de resorte suspendido, con segmento de poliéster

**Material de la conexión:** Latón

**Restrictor:** Tapón restrictor con orificio de 0,013"

**Conexión:** 1/4 NPT

**Rangos:** Escala compuesta (0 - 30 psi, 0 – 210 KPa) con conexión inferior  
**Temperatura de trabajo:** –40 a +150°F-----

MANOMETRO (Tipo bourdon) que fueron instalados en : **(Pt)** y **(Pr)**

Para medir la presión a la entrada de la turbina y a la salida de la misma se utilizo dos manómetros de iguales características (figura 2.6) con un rango de 0 – 60 PSI.

De igual manera son fáciles de instalar y con una lectura inmediata de la presión.



Figura 2.6. Manómetro

Especificaciones:

**Diámetro:** 55 mm

**Caja:** plástico moldeado color negro

**Anillo:** Ninguno

**Ventana:** De policarbonato, sujeta a presión

**Carátula:** Números negros sobre fondo blanco

**Puntero:** Negro, de aluminio

**Tubo de Bourdon:** Tubo de bronce estirado, en “C”

**Mecanismo:** Power Flex patentado, de resorte suspendido, con segmento de poliéster

**Material de la conexión:** Latón

**Restrictor:** Tapón restrictor con orificio de 0,013"

**Conexión:** 14 NPT

**Rangos:** Escala simple (0 - 60 psi, con conexión inferior)

**Temperatura de trabajo:** -40 a +150°F-----

## 2.5 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA

Como primer paso fue necesario recopilar información de algunos modelos de motores en funcionamiento, para lo cual utilizamos un termómetro infrarrojo de medición a distancia, el mismo que nos indicaba medidas reales de temperatura.

Estos motores en los cuales realizamos las mediciones se encontraban en un régimen normal de funcionamiento, lo cual facilitó la toma de mediciones los mismos que se asume son datos muy acertados, los indicamos en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Datos prácticos tomados con un termómetro infrarrojo

MARCA	Medio ambiente	Entrada al compresor	Salida del compresor	Entrada a la turbina	Salida de la turbina
Temperaturas	To	Te	Ts	Tt	Tr
Isuzu NPR	23				
Mercedes Benz	23	49	51	270	230
Hino FF	23	41	63	298	270
Isuzu	23	50	62	270	224
Chevrolet Kodiak	23	55	65	213	183
Chevrolet NPR	23	27	32	105	92



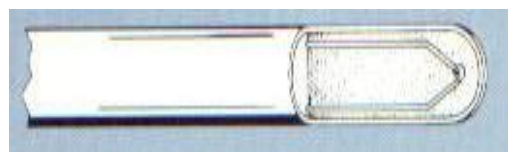
Mercedes Benz (actros)	23	50	62	157	123
Kenworth K100	23	40	46	295	276
Isuzu NKR	23	27	35	153	136

Como se ve en la tabla las temperaturas de funcionamiento en un turbo son muy diferentes, teniendo en cuenta que la parte de los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas (300 °C), mientras que los que esta en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan 60 °C.

Tomando en cuenta todos los datos recopilados nosotros hemos seleccionado las termocuplas o termopares (Tipo J) como los sensores que reúnen las mejores características para realizar mediciones de temperatura en el turbocompresor.

Un termopar es un dispositivo capaz de convertir la energía calorífica en energía eléctrica. (Figura 2.7)

Termocupla (tipo J) fueron instaladas en los cuatro puntos que son: **(Te)** **(Ts)** **(Tt)** **(Tr)**



Unión de ungrounded

Figura 2.7. Termocupla (tipo J)

La unión del ungrounded se recomienda para las medidas en ambientes corrosivos dónde es deseable tener la termopar electrónicamente aislada del escudó por la vaina. El termopar de alambre soldado se aísla físicamente de la vaina del termopar por MgO en polvo (suave).

Especificaciones:

Diámetro: 1/8", con dos alambres.

Longitud: 10.3 mm

Vaina: Tipo 304 acero limpio e inconel.

Rango: 0 – 600°C

El aislamiento: Óxido de magnesio normal.

El alambre de resistencia de aislamiento mínimo para alambrar a la vaina es 1.5 megahms en 500 voltios dc.

La calibración: Hierro-Constanta (J).

La exactitud: 0 – 5%

Tipo de detector: simple o doble

Maquinado: Fácilmente doblado y formado.

El radio de la curvatura no debe estar menos de dos veces el diámetro de la vaina.

## **2.6 SELECCIÓN DEL SENSOR DE FLUJO**

Los tubos de pitot multi-punto poseen la ventaja de proporcionar directamente más de una lectura por sección transversal, y por lo tanto evita tener que colocar el tubo de Pitot convencional en distintos puntos del conducto, operación que puede resultar algo tediosa.

Por esta razón nosotros hemos seleccionado el sensor de flujo tipo tubo pitot para nuestra necesidad dentro de la adaptación de los medidores para el turbocompresor.

Tabla 2.4. Conductos y modelos de sensores tipo pitot

<b>Diámetro de tuberías (plgs)</b>	<b>modelo de sensores (tubo pitot) DS</b>		
1	DS200	DS300	-----
1 <sup>1/4</sup>	DS200	DS300	-----
1 <sup>1/2</sup>	-----	DS300	-----
2	DS200	DS300	-----
2 <sup>1/2</sup>	-----	<b>DS300</b>	-----
3	DS200	DS300	-----
4	DS200	DS300	-----
6	DS200	DS300	DS400
8	DS200	DS300	DS400
10	-----	DS300	DS400
12	-----	-----	DS400
14	-----	-----	DS400
16	-----	-----	DS400
18	-----	-----	DS400
20	-----	-----	DS400
24	-----	-----	DS400

El sensor de flujo DS300 (tabla 2.4) es un tubo de pitot que provee precisión y rango de medida sensible, además esta diseñado para ser insertado en el conducto por donde va a circular flujo líquido o flujo de aire.

Esta equipado con un instrumento de válvulas de cierre en ambas conexiones de presión. Las válvulas están ajustadas con conexiones NPT 1/8 hembra.

SENSOR DE FLUJO DS 300 fueron instalados en: **(Fe)** y **(Fs)**



Figura 2.8. Sensor de flujo

Especificaciones:

Cabeza del sensor: maquinado en acero

Válvulas: Standard, metal con teflón

Tipo de válvula: NPT 1/8 hembra

Temperatura limite de válvulas: 200°F (93.3°C)

Embalaje de glándula: metal para apliques de compresión CPI

Tubo del sensor: acero 304

Puertos de medición: múltiple puerto arriba y abajo de tamaño y posición para brindar una efectiva lectura de presión diferencial para cada tipo de velocidad

## 2.7 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TABLERO

### CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Su modo de control es el tradicional ON-OFF que permite dominar las características finas del punto de corte. Presenta variadas dimensiones para montaje en panel, y cuenta con salida de control para relay. (Figura 2.9)

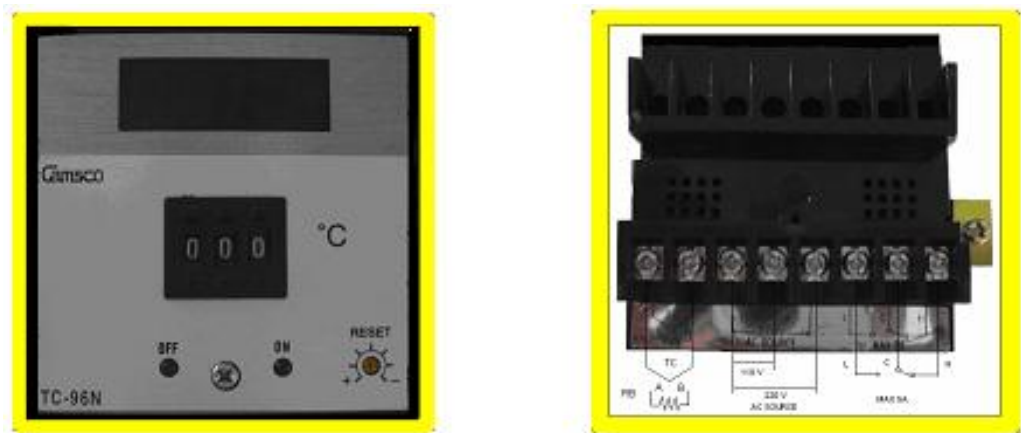


Figura 2.9. Control de Temperatura

### ESPECIFICACIONES:

Modelo: TC – 96N

Rango de medición: 0 – 400°C

Voltaje de alimentación: CA 110 – 220 V

Nº de Dígitos: 4 en rojo (digital)

Nº de Dígitos para controlar: 3 en blanco (mecánico)

Instalación: montaje en panel

Entrada: termocupla (termopar) tipo J

Exactitud:  $\pm 1 \% \pm 1$  dígito

Salida de control: contacto de relay – 5A

Dimensiones: L – A – P, 96 – 96 – 138 en mm

## CONTROLADOR UNIVERSAL

Cuando se lo utiliza en Modo de Control "PID Autotuning Experto" sintoniza automáticamente los parámetros en juego e implementa lazos de control de Caudal, Nivel o Presión rápidamente sin que un operador necesite intervenir. Salida de Control de 4 a 20 mA, con tres niveles de Alarma. Comunicación para PC, programación del set-point (rampas y mesetas), control cascada, salida de retransmisión, extracción de raíz cuadrada. (Figura 2.10)



Figura 2.10. Controlador Universal

### Especificaciones:

Alimentación de voltaje: 100 – 240 V ~ 50 / 60 Hz 6W

Índice de contacto: Salida 1 3A 240 V~

Salida de corriente: 4 – 20 mA DC

Carga resistiva: 600  $\Omega$  max

Rango de temperatura: -20 a 60<sup>o</sup>C

### Señales de entrada

Termopar: (K, J, R, E, T, S, N, W)

RTD: DIN P1 100  $\Omega$ , JIS P1 100  $\Omega$ , 3 tipos de cable

Voltaje 1 – 5 VDC, 0 – 10 VDC: corriente 4 – 20 mA DC

Señal de salida para control:

Salida de contacto a relay: 250 VAC, 3ª

Salida SSR: 12 VDC = 3V max, 30mA

Salida de corriente: 4 – 20 mA DC (carga de resistencia: 600  $\Omega$  max)

## FUENTE DE ALIMENTACION

Dentro de los diferentes elementos que van a ser instalados en el tablero para observar los parámetros de funcionamiento del turbocompresor, nosotros tenemos que estos necesitan de una fuente de alimentación directa para el funcionamiento; a continuación veremos algunas características y especificaciones de dicha fuente. (Figura 2.11)

Es una fuente de alimentación Mean Well DR con entrada de voltaje universal AC en rango, esta diseñada para ser instalada sobre rail DIN de 7.5 o 15, además tiene protecciones contra corto circuito, sobre carga, sobre voltaje y temperatura elevada también dispone de un interruptor de frecuencia hasta 100 KHz, posee un LED indicador de funcionamiento su enfriamiento es por conveccion de aire libre etc.



Figura 2.11. Fuente de alimentación 24V

Especificaciones:

Modelo: Mean well DR-4524

Dimensiones: 78 x 93 x 67 mm

Salida de voltaje: 24 V, 0 ~ 2.0A, 50/60Hz

Tolerancia:  $\pm 1\%$

Eficiencia: 80%

Conexiones: entradas 3 polos; salidas 4 polos

Rango de entrada de voltaje en AC: 85 ~ 264 VAC; 120 ~ 370 VDC

Corriente en curso: 30A para 115VAC; 60A para 230VAC

Temperatura de trabajo: 0 ~ 45<sup>0</sup> C al 100%

Protección de sobrecarga: 105% ~ 150% limite de corriente constante

Protección de sobrevoltaje: 115% ~ 135% índice de voltaje de salida

## TACÓMETRO RECIPROCO / CONTADOR TOTALIZADOR

Unidad programable, visualiza contaje y velocidad simultáneamente (figura 2.12). Mientras la pantalla va indicando las unidades por minuto en el modo periodo, un totalizador de fondo guarda el contaje de impulsos de entrada.

El modo periodo: Deriva su salida calculando el reciproco de la medida del periodo de tiempo entre impulsos sucesivos.

Función totalizador: La unidad funciona como un contador totalizador ascendente cuando el tacómetro/frecuencimetro esta en el modo periodo. La selección del modo, el factor de escala y la posición de la coma decimal se realiza en el modo programación.



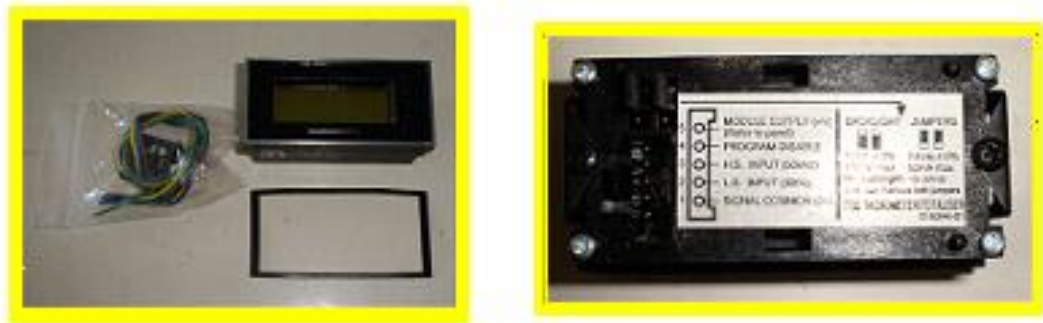


Figura 2.12. Tacómetro de 6 dígitos

Para cambiar la pantalla entre totalizador y la medida de velocidad del modo periodo, presiona el botón de reset en el panel frontal (El totalizador no funciona en el modo señal)

- Para resetear el totalizador a cero presiona el reset y manténgalo durante 3 segundos
- La función reset puede ser desactivada en la secuencia de programación.

Especificaciones:

Pantalla numérica: 6 dígitos supertwist, caracteres de 9.6 mm. Coma decimal seleccionable a 0, 1, 2 o 3 posiciones.

Anunciadores: programación (modo), periodo o señal (modos) totalizador, multiplicador o divisor (factores de escala).

Rangos: totalizador: 0-999999 con vuelta a cero

Medición del modo periodo: 3-19999ppm (1/20Hz-333.3Hz)

Medición del modo señal: 0-50KHz.

Base de tiempos: base de tiempos del modo señal: 0.01-9.999 ajustable en intervalos de 1 mS.

Presición: ambos modos periodo y señal  $\pm 1$  menos del dígito significativo o 0.18% de cualquiera que sea el mayor.

Factores de escala: Divisor del modo periodo: 1-9999

Multiplicador del modo periodo: 0.01-9.999 en incrementos de 0.001

Divisor del totalizador: 1-9999

Multiplicador del totalizador: 0.01-9.999 en incrementos de 0.001

Entradas de baja frecuencia (cierre de contacto): frecuencia máxima 30Hz

Umbral 0.7v, tiempo de cierre mínimo 15mS. Conmutación en el flanco negativo.

Entrada de alta frecuencia (electrónica): frecuencia máxima 50 KHz. Lógico 0:<0.7vDC, lógico 1:<2.4vDC. Colector Abierto, compatible con TTL/CMOS, entrada maxima18v.

Anchura mínima de impulso 10µS. Conmutación en el flanco negativo.

Dimensiones: frente 72 mm x 36mm. Profundidad32mm

Tensión de alimentación: Con luz de fondo 12 vdc ± 10% a 100 mA 24 vdc ± 10% a 50 mA

Sin luz de fondo 10.-30 vdc a 8 mA

Temperatura de trabajo: -10°C a + 50°C

Carcasa: aluminio fundido negro

Montaje: Montaje de panel usando abrazaderas suministradas.

## TRANSMISOR DE PRESION

El transmisor de presión (figura 2.13) registra la presión de aire y los gases compatibles y envía una señal de rendimiento normal 4 - 20 mA. Los mandos de periodo y cero son para el uso al verificar la calibración.

Tabla 2.5. Modelos y rangos del transmisor de presión 616

Modelo	Rango	Press.max	Modelo	Rango	Press.max
616-00	0-1 in.w.c.	10 in.w.c.	616-8	0-10 psid	58psig
616-0	0-2 in.w.c.	10 in.w.c.	616-9	0-20 psid	58 psig
616-1	0-3 in.w.c.	5 psig	616-10	0-30 psid	58 psig
616-2	0-6 in.w.c.	5psig	616-11	0-50 psid	150psig
616-3	0-10 in.w.c.	5psig	616-12	0-100 psid	150psig
616-4	0-20 in.w.c.	11psig	616-3B	1.5-0-1.5 in.w.c.	5psig

616-5	0-40 in.w.c.	11psig	616-6B	3-0-3 in.w.c.	5psig
<b>616-6</b>	<b>0-100 in.w.c.</b>	<b>29psig</b>	616-10B	5-0-5 in.w.c.	5psig
616-7	0-200 in.w.c.	29psig	616-20B	10-0-10 in.w.c.	11psig



Figura 2.13. Transmisor de presión 616-6

El transmisor de presión 616-6 fue seleccionado debido a su rango de caudal y presión establecido en los parámetros del motor y tablas mostradas anteriormente. (Tabla 2.5)

Los transmisores 616 pueden adaptarse fácilmente para receptores que requieren entradas de 1-5 o 2-10 VCD. Inserte un 249 ohm, (1-5 VCD) o 499 ohm (2-10 VCD) el resistor en serie con el circuito de corriente pero en paralelo con la entrada del receptor. Localice esta resistencia tan cercana a la entrada como sea posible. Porque la exactitud de la resistencia influye directamente a la precisión de señal de rendimiento, nosotros recomendamos el uso de una resistencia de tolerancia de precisión 0.1% para minimizar este efecto.

Una ventaja de la señal de rendimiento 4-20 mA DC producido por el transmisor de Serie 616 es que cualquier número de receptores puede conectarse en serie en el circuito de corriente.

## ESPECIFICACIONES DEL TRANSMISOR 616 – 6

El servicio: aire y no combustible, gases compatibles.

Exactitud: 616C:  $\pm 1.0\%$

Estabilidad:  $\pm 1\%$

Límites de temperatura: 20 – 120° F (-6.67 – 48.9° C)

Efecto termal/ térmico: 616C: 0.070% / °F (0.125% / °C)

Requerimientos de potencia: 10 – 35 VDC (2,3 O 4 cables); 16 – 26 VAC (4 cables)

Señal del rendimiento: 4 – 20 mA

Ajustes del Periodo y cero: Potenciómetro para cero y periodo

Resistencia: DC: 0 – 1250 ohms máximo; AC: 0 – 1200ohms máximo

Consumo en corriente: DC: 38 mA máximo; AC: 76 mA máximo

Orientación de montaje: Vertical

Peso: 1.8 oz. (51 gr).

### **III.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS EN EL TURBOCOMPRESOR**

#### **3.1.- ADAPTACIÓN DEL TACÓMETRO**

##### **Materiales:**

Aluminio

Caracol de admisión de aire

##### **Herramientas:**

Taladro

Broca 1/4 de pulgada

Machuelo 5/16 de pulgada

##### **Equipo:**

Sensor inductivo cilíndrico

##### **Procedimiento:**

En el caracol de admisión de aire en la toma central se realizó una perforación de 1/4 de pulgada (6.35mm) posteriormente se le hizo rosca con el machuelo No. 5/16 (7.93mm) esto con la finalidad asegurar la fijación del sensor inductivo. (Figura 3.1)

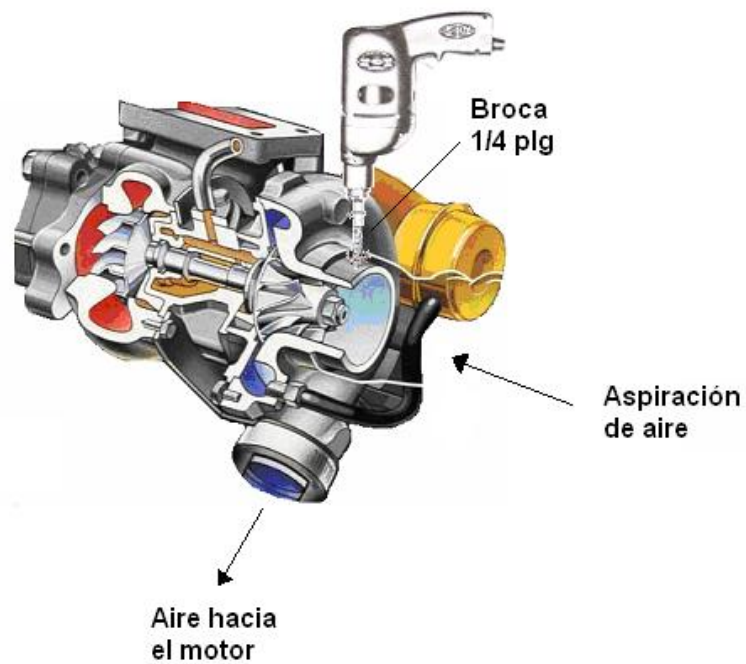


Figura 3.1. Perforación en la carcasa

Para la captación de las rpms se fabrico un acople especial que lo colocamos en el eje roscado de la rueda del compresor por medio del cual podremos captar el giro del eje y así obtener su velocidad mediante el sensor inductivo. (Figura 3.2)

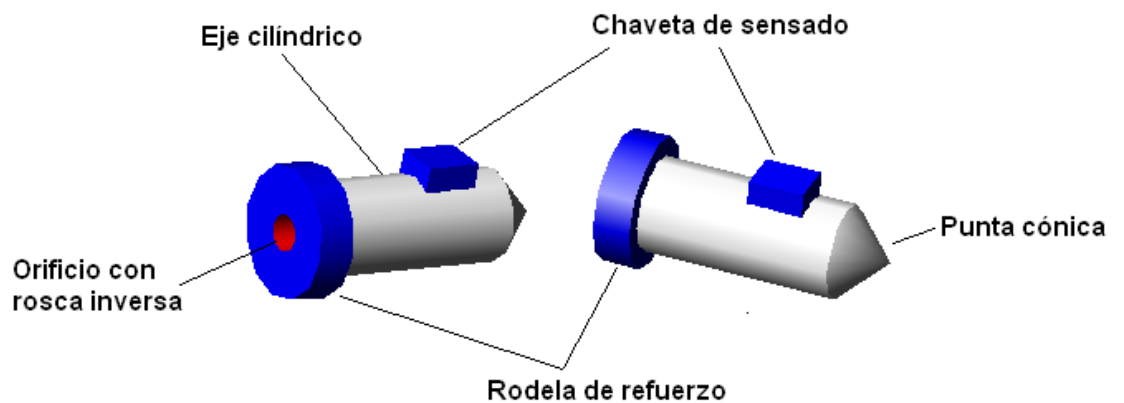


Figura 3.2. Acople para el eje del turbocompresor

Se muestra en la (figura 3.3) la instalación del acople para sensar las rpms, la rosca interna que se ajusta en el eje es inversa debido al giro de la rueda

del compresor, de esta manera no se aflojará en el momento de su funcionamiento.

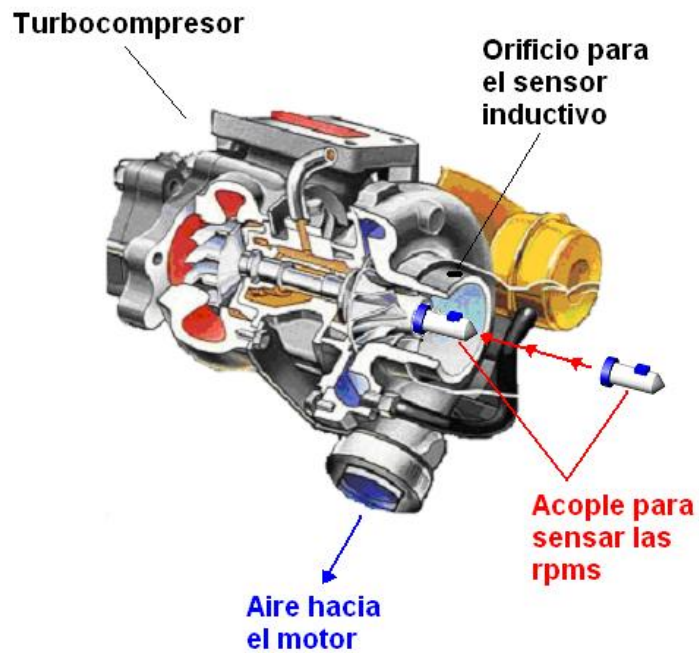


Figura 3.3. Instalación del acople

Mostramos listo el montaje del sensor de rpms en el caracol de admisión del turbocompresor. (Figuras 3.4 y 3.5.)

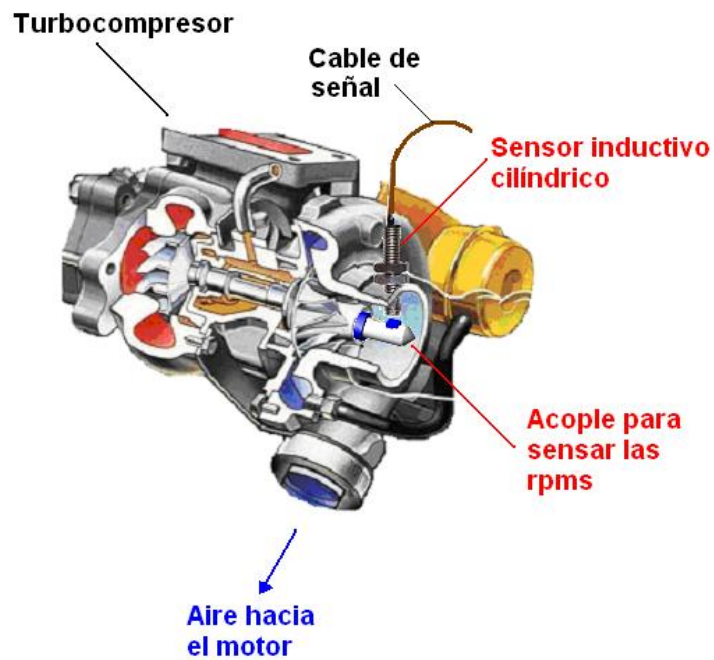


Figura 3.4. Montaje terminado del sensor inductivo



Figura 3.5. Ampliación de la vista

### **3.2. ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LOS MANÓMETROS DE PRESIÓN**

#### **Materiales:**

Tubo  $2 \frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro  
Acople para cañería  $\frac{3}{16}$  de pulgada  
Turca No. 16

#### **Herramientas:**

Taladro  
Broca  $\frac{7}{16}$  de pulgada  
Suelda eléctrica

#### **Equipo:**

3 Manómetros de presión  
1 Vacuómetro (depresión)



### 3.2.1 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Pe)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 19.29 pulgadas (490 mm) de longitud, se realizó una perforación de 7/16 de pulgada (11.11 mm) a los 2.02 pulgadas (51.5 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.6). Se detalla en el Anexo A y C.

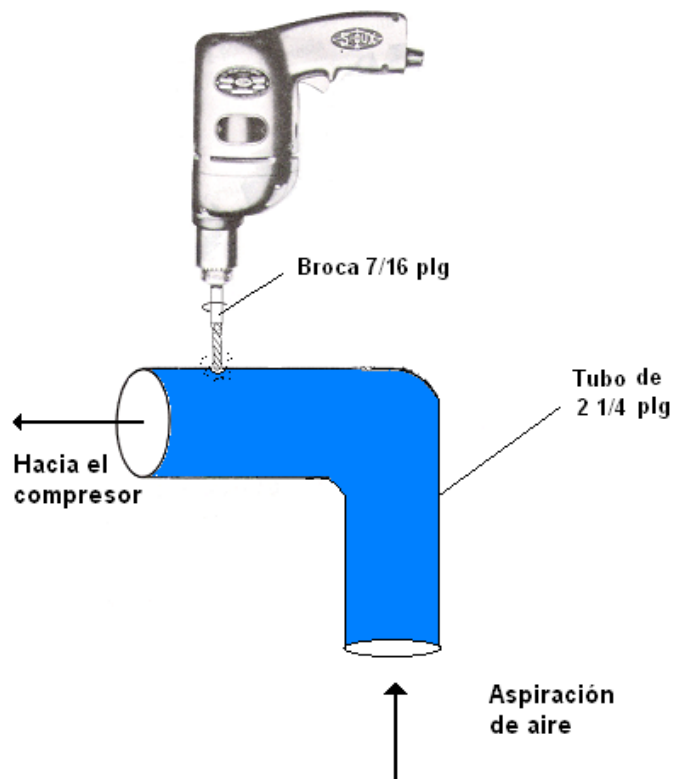


Figura 3.6. Perforación para (Pe) en el tubo de admisión antes del compresor.

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca No. 16 correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.7)

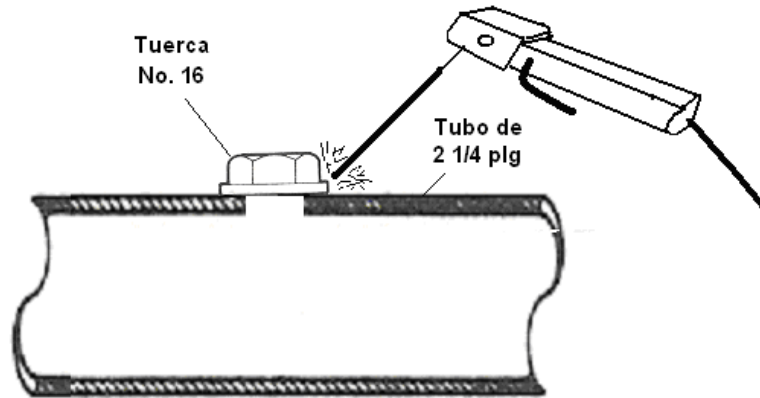


Figura 3.7. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Pe)

Con la preparación del orificio roscado por medio de la tuerca explicado anteriormente facilitará la introducción del acople para cañería lo cual unirá el conducto con el manómetro de presión. (Figuras 3.8 y 3.9)

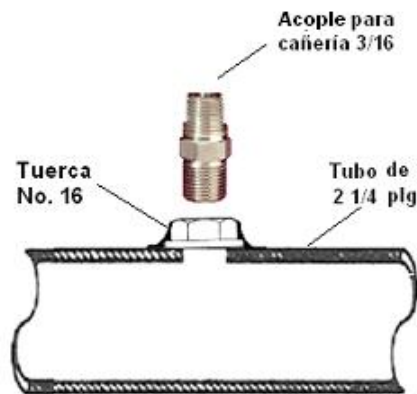


Figura 3.8. Instalación del acople 3/16 para (Pe)

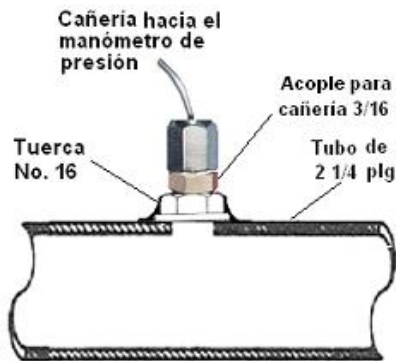


Figura 3.9. Unión del acople y la cañería para (Pe)

## MONTAJE

Cañería plástica de color negro maleable, alta resistencia y de larga durabilidad. (Figura 3.10)

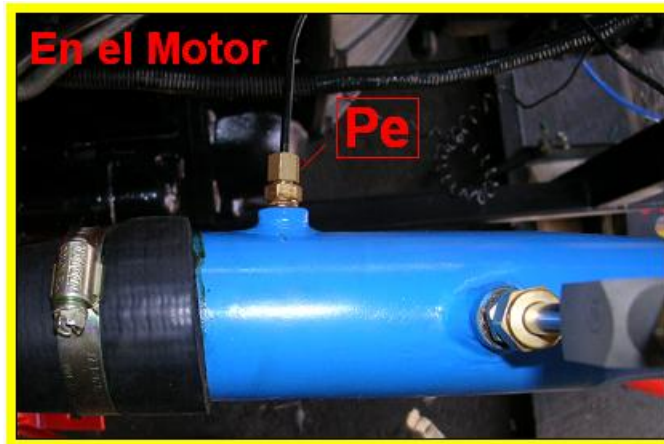


Figura 3.10. Fotografía de (Pe) montado en el sistema

### 3.2.2 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Ps)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 71.25 pulgadas (1810 mm) de longitud se realizó una perforación de 7/16 de pulgada (11.11 mm) a los 8.26 pulgadas (210mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.11). Se detalla en el Anexo E.

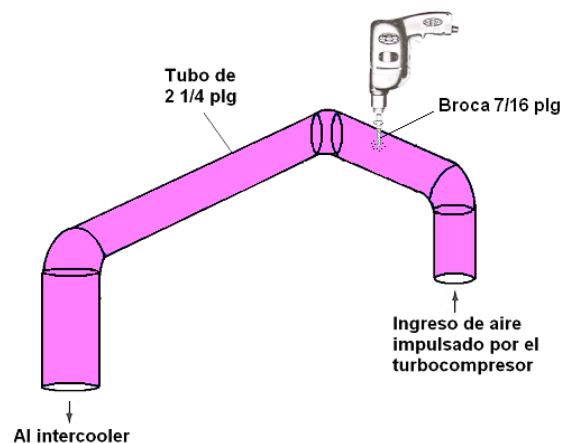


Figura 3.11. Perforación para (Ps) en el tubo de admisión después del compresor.

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca No. 16 correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.12)

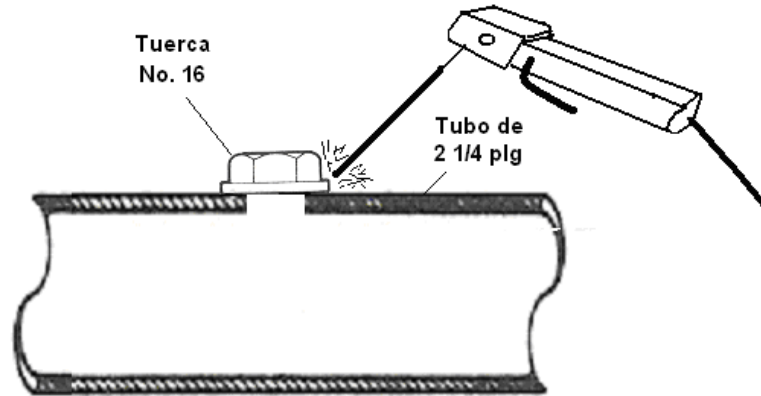


Figura 3.12. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Ps)

Con la preparación del orificio roscado por medio de la tuerca explicado anteriormente facilitará la introducción del acople para cañería lo cual unirá el conducto con el manómetro de presión. (Figuras 3.13 y 3.14)

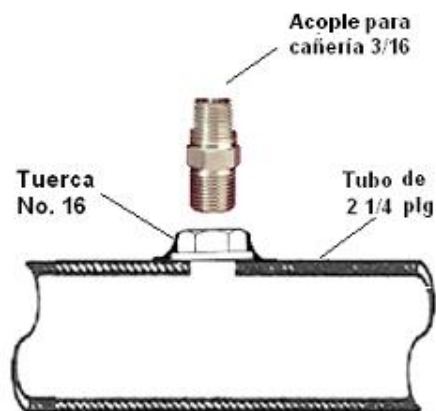


Figura 3.13. Instalación del acople 3/16 para (Ps)

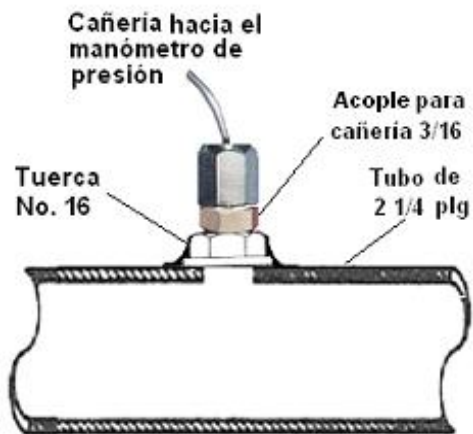


Figura 3.14. Unión del acople y la cañería para (Ps)

## MONTAJE

Cañería plástica de color negro maleable, alta resistencia y larga durabilidad. (Figura 3.15)



Figura 3.15. Fotografía de (Ps) montado en el sistema

### 3.2.3 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Pt)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 4.25 pulgadas (108 mm) de longitud se realizó una perforación de 7/16 de pulgada (11.11 mm) a los 2.99 pulgadas (76 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.16). Se detalla en el Anexo I.

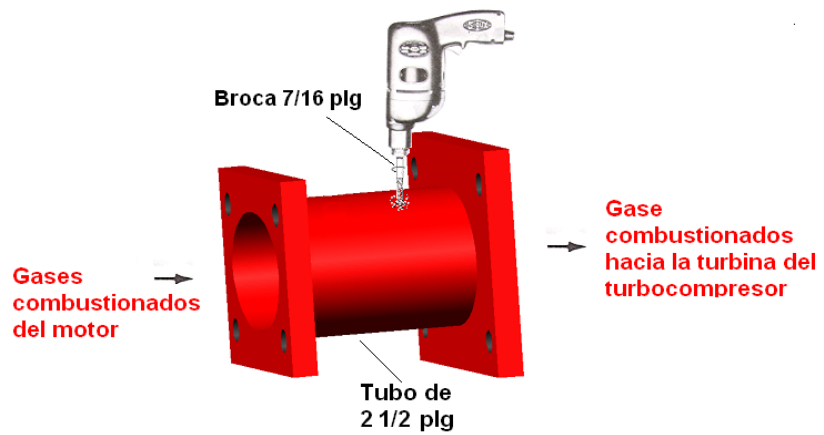


Figura 3.16. Perforación para (Pt) en el tubo múltiple de escape antes de la turbina

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca No. 16 correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.17)

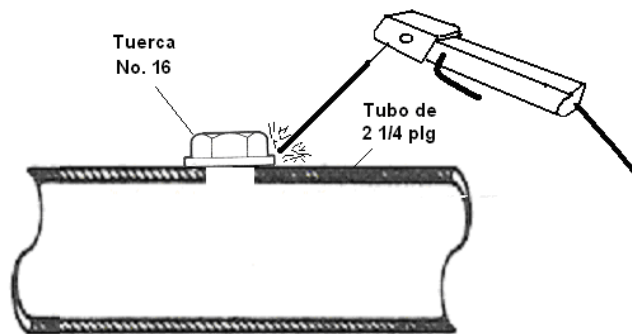


Figura 3.17. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Pt)

Con la preparación del orificio roscado por medio de la tuerca explicado anteriormente facilitará la introducción del acople para cañería lo cual unirá el conducto con el manómetro de presión. (Figuras 3.18 y 3.19)

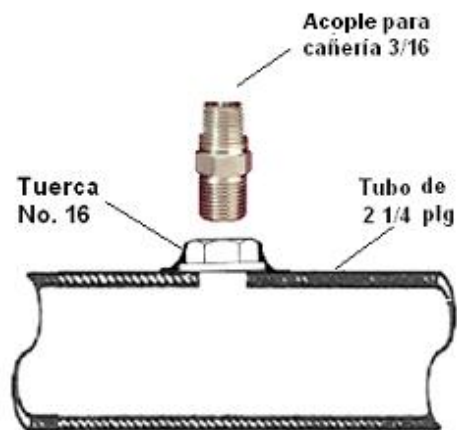


Figura 3.18. Instalación del acople 3/16 para (Pt)

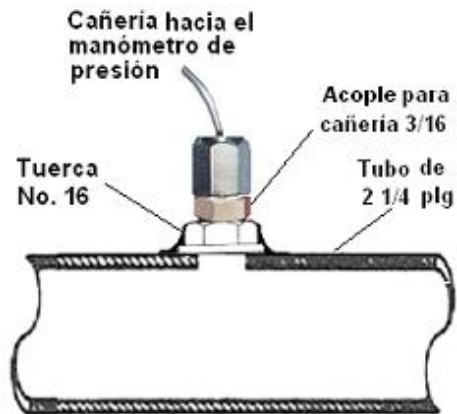


Figura 3.19. Unión del acople y la cañería para (Pt)

## MONTAJE

La cañería de cobre facilita su instalación por poseer un alto grado de maleabilidad permitiendo dar las curvaturas y dobles necesarios sin provocar la obstrucción del conducto. (Figura 3.20)



Figura 3.20. Fotografía de (Pt) montado en el sistema

### 3.2.4 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Pr)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 51.18 pulgadas (1300 mm) de longitud se realizó una perforación de 7/16 de pulgada (11.11 mm) a los 5.11 pulgadas (130 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.21). Se detalla en el Anexo K.

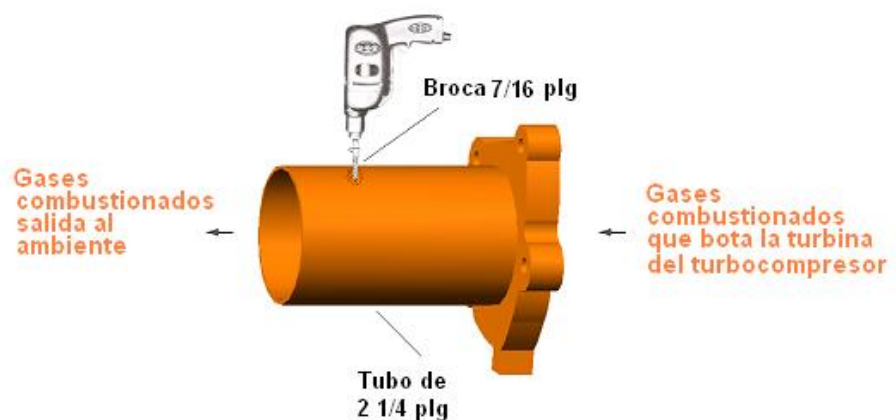


Figura 3.21. Perforación para (Pr) en el tubo de escape después de la turbina



Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca No. 16 correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.22)

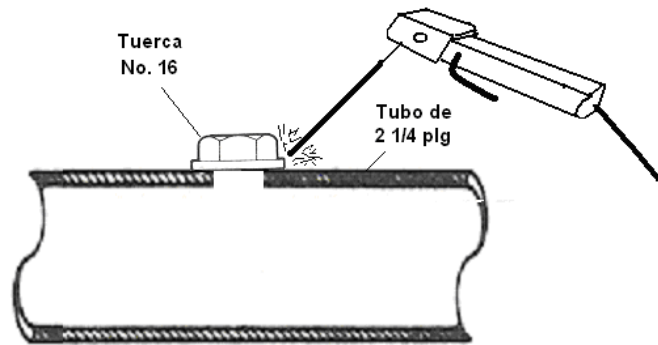


Figura 3.22. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Pr)

Con la preparación del orificio roscado por medio de la tuerca explicado anteriormente facilitará la introducción del acople para cañería lo cual unirá el conducto con el manómetro de presión. (Figuras 3.23 y 3.24)

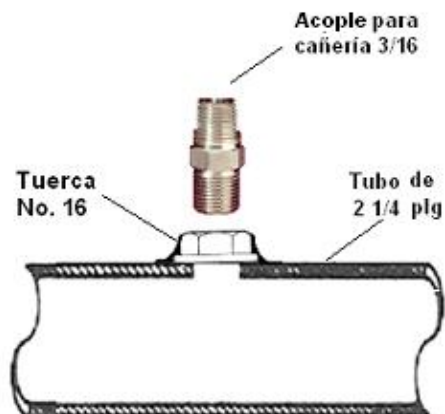


Figura 3.23. Instalación del acople 3/16 para (Pr)

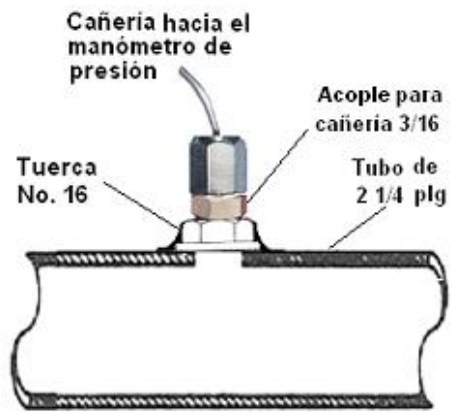


Figura 3.24. Unión del acople y la cañería para (Pr)

### MONTAJE

La cañería de cobre facilita su instalación por poseer un alto grado de maleabilidad permitiendo dar las curvaturas y dobles necesarios sin provocar la obstrucción del conducto. (Figura 3.25)

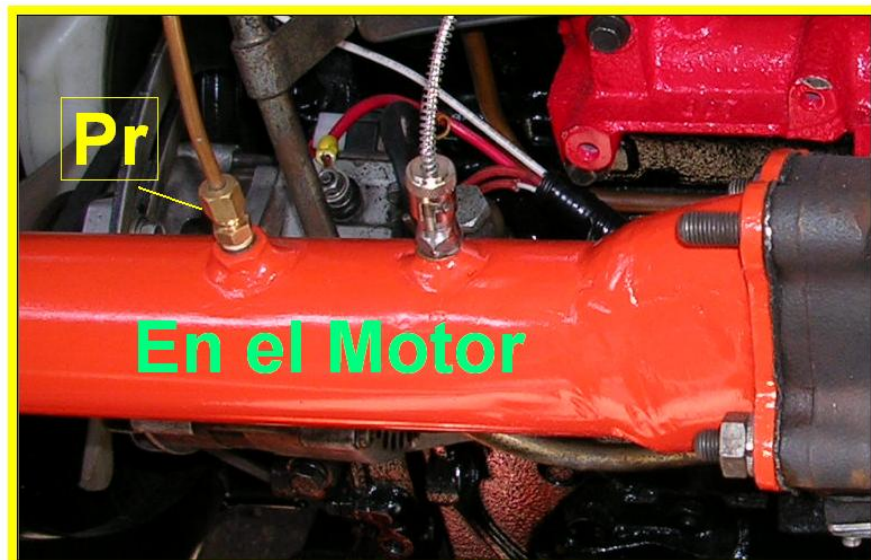


Figura 3.25. Fotografía de (Pr) montado en el sistema

### **3.3 ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA**

#### **Materiales:**

Tubo 2 ¼ de pulgada de diámetro

Pernos No.12

Cilindro con seguro

#### **Herramientas:**

Taladro

Broca 5/16 de pulgada

Broca 13/64 de pulgada

Broca 11/64 de pulgada

Suelda eléctrica

#### **Equipo:**

4 Sensores termocupla (tipo j)

#### **3.3.1 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Te)**

##### **Procedimiento:**

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 19.29 pulgadas (490 mm) de longitud se realizó una perforación de 5/16 de pulgada (7.93 mm) a los 7.34 pulgadas (186.66 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.26). Se detalla en el Anexo A y B.

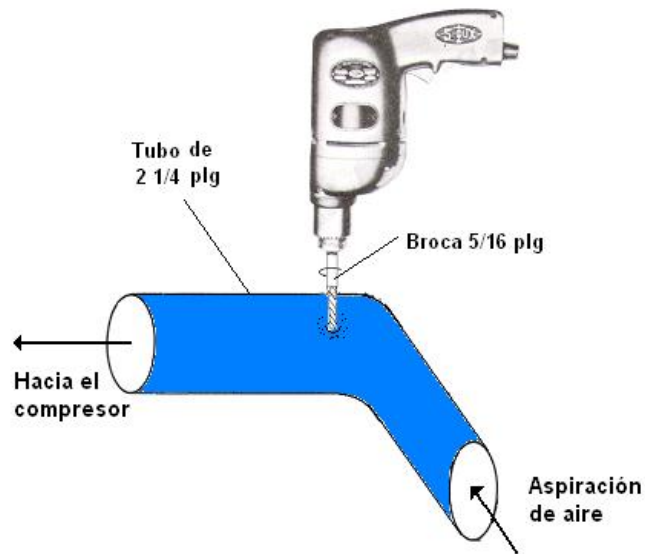


Figura 3.26. Perforación para (Te) en el tubo de admisión antes del compresor

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca de ½ pulgada (12.7mm) correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.27)

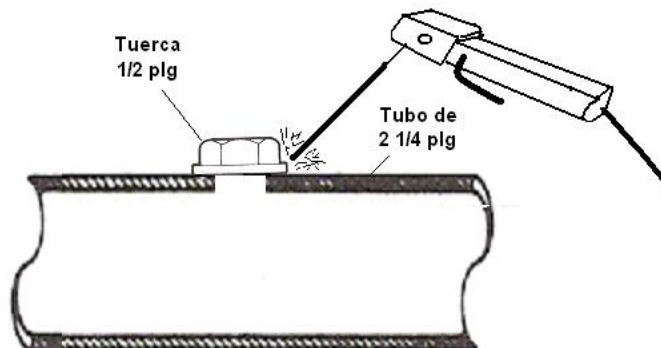


Figura 3.27. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Te)

Con la preparación del orificio roscado explicado en los pasos anteriores permitirá la introducción del termopozo en el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15mm). (Figuras 3.28 y 3.29)

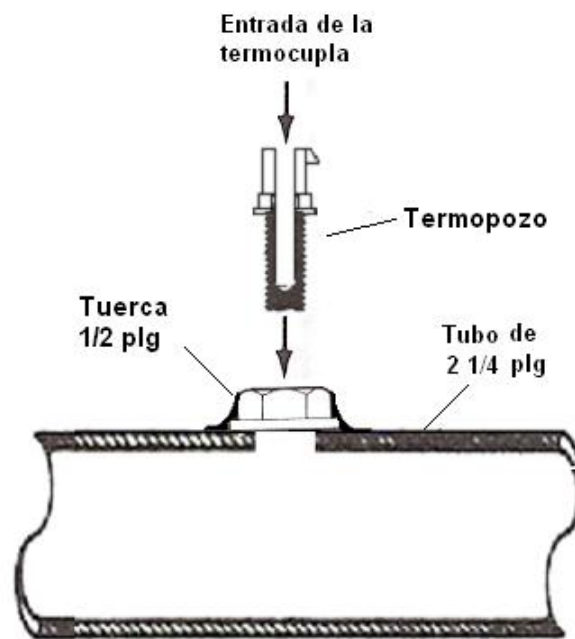


Figura 3.28. Instalación del termopozo para (Te)

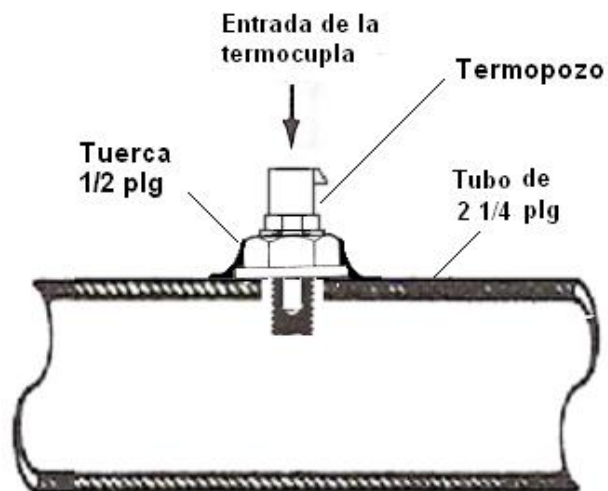


Figura 3.29. Termopozo acoplado para (Te)

Para la fabricación del termo pozo utilizamos un perno No. 12 de longitud 31 mm al cual le practicamos una perforación interna de 28.2 mm de longitud y de diámetro 4.37mm (11/64 plg). (Figura 3.30)

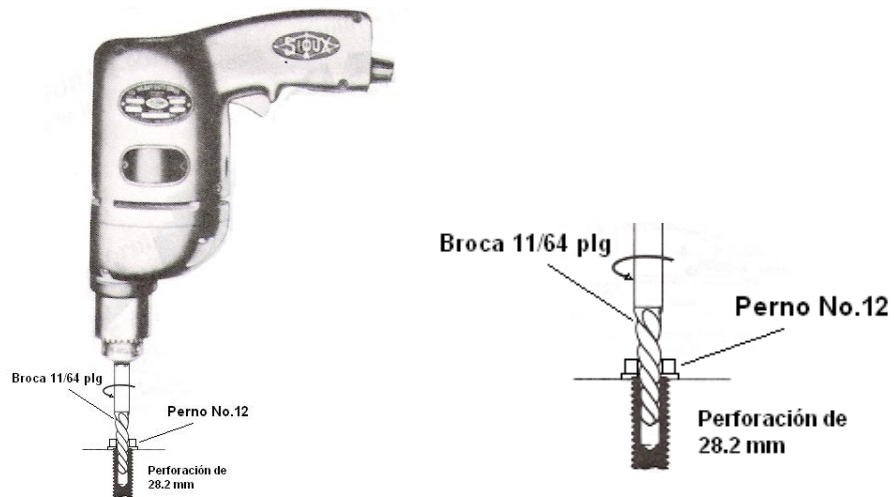


Figura 3.30. Fabricación del termopozo

Realizada la perforación del perno soldamos un cilindro igualmente perforado a 13/64 de pulgada (5.15 mm) con un seguro en su parte superior para que se acople con la termocupla y así la unión del cilindro con seguro y el perno forman en una sola pieza que es el termopozo. (Figura 3.31)

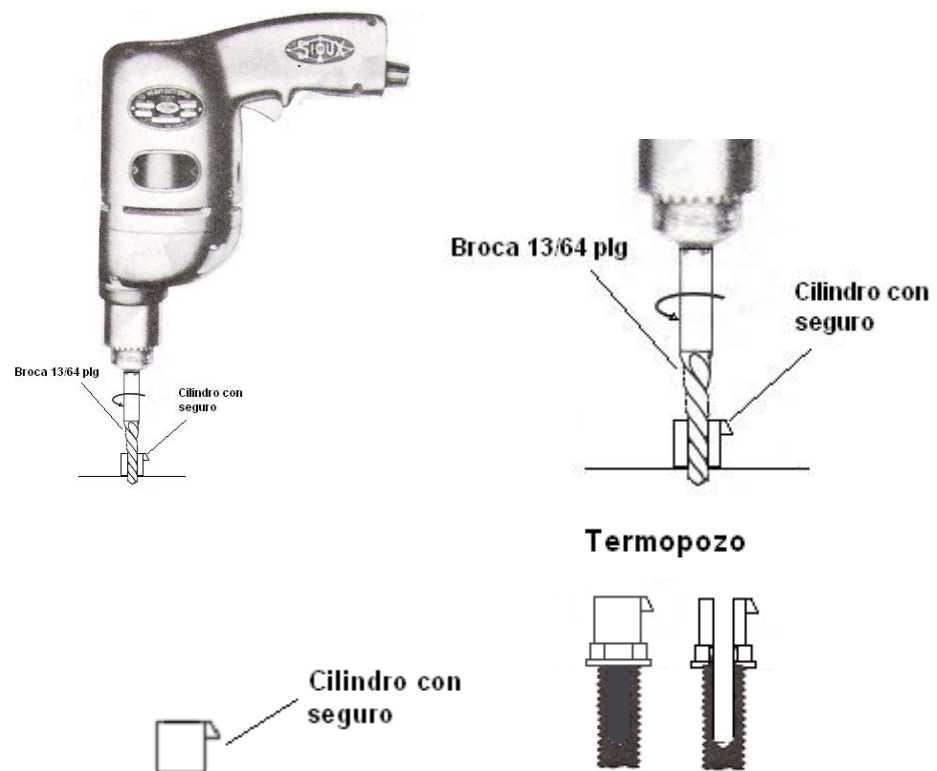


Figura 3.31. Preparación del cilindro que se acopla con el perno

## MONTAJE

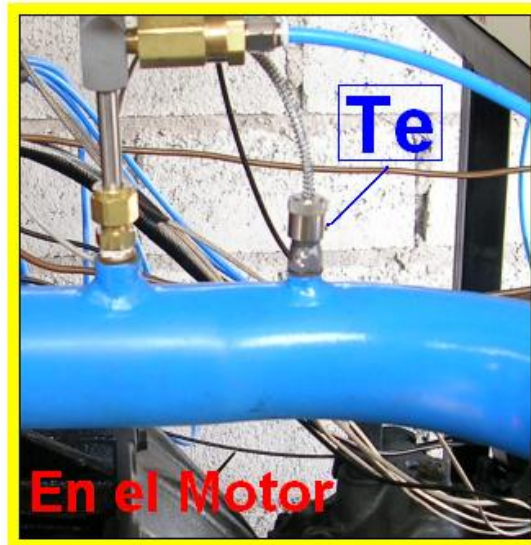


Figura 3.32. Fotografía de (Te) montado en el sistema

### 3.3.2 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Ts)

#### Procedimiento:

En el tubo de de  $2 \frac{1}{4}$  de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 71.25 pulgadas (1810 mm) de longitud se realizó una perforación de  $\frac{5}{16}$  de pulgada (7.93 mm) a los 5.9 pulgadas (150 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.33). Se detalla en el Anexo E.

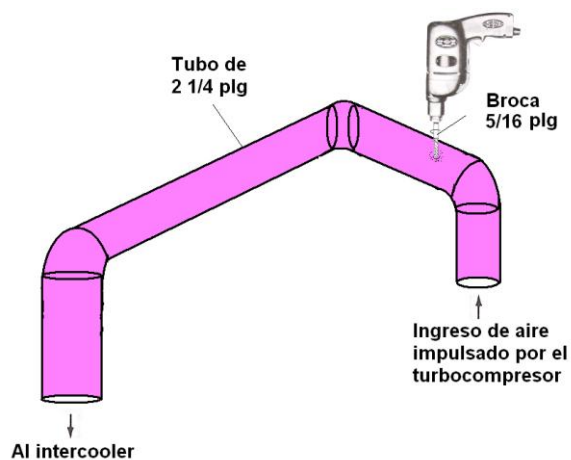


Figura 3.33. Perforación para (Ts) en el tubo de admisión después del compresor

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca de ½ pulgada (12.7 mm) correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.34)

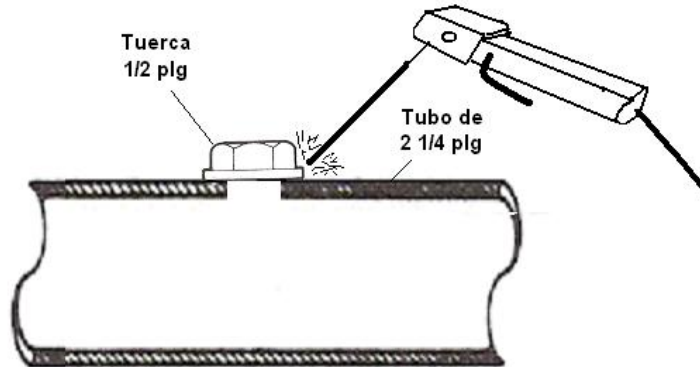


Figura 3.34. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Ts)

Mostramos la adaptación lista para la instalación del sensor de temperatura (Ts) (Figura 3.35). Todos los paso anteriores son similares a la primera adaptación cambiando únicamente los tubos y las ubicaciones de los sensores que mostramos en la primera parte de cada adaptación.

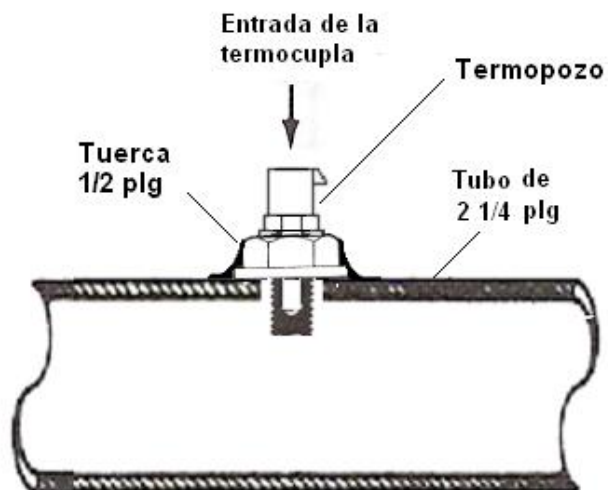


Figura 3.35. Termopozo acoplado para (Ts)



## MONTAJE



Figura 3.36. Fotografía de (Ts) montado en el sistema

### 3.3.3 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Tt)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 4.25 pulgadas (108 mm) de longitud se realizó una perforación de 5/16 de pulgada (7.93 mm) a los 1.29 pulgadas (33 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.37). Se detalla en el Anexo H.

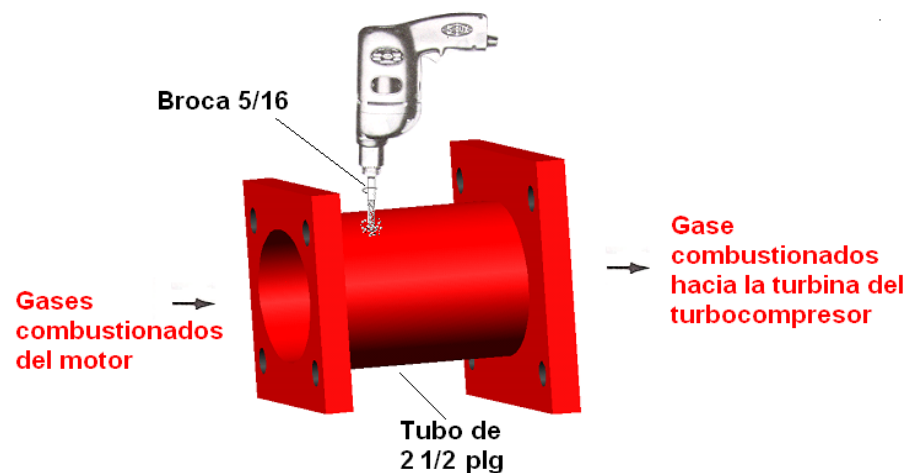


Figura 3.37. Perforación para (Tt) en el tubo múltiple de escape antes de la turbina

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca de  $\frac{1}{2}$  pulgada (12.7 mm) correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.38)

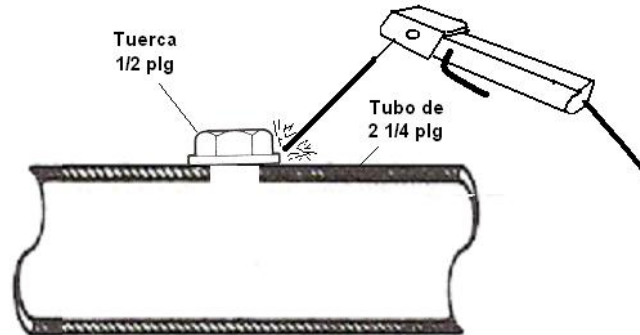


Figura 3.38. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Tt)

Mostramos la adaptación lista para la instalación del sensor de temperatura (Tt) (Figuras 3.39 y 3.40). Todos los paso anteriores son similares a la primera adaptación cambiando únicamente los tubos y las ubicaciones de los sensores que mostramos en la primera parte de cada adaptación.

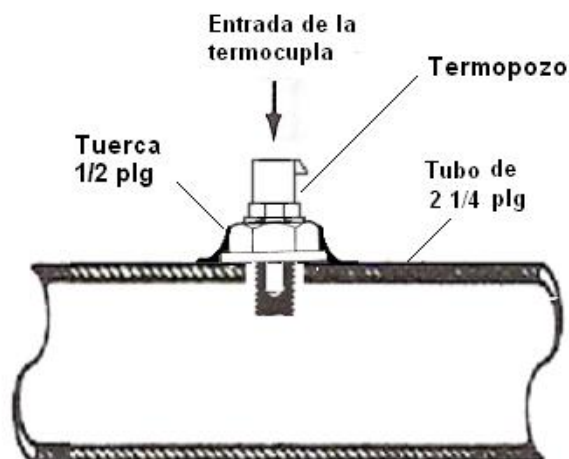


Figura 3.39. Termopozo acoplado para (Tt)

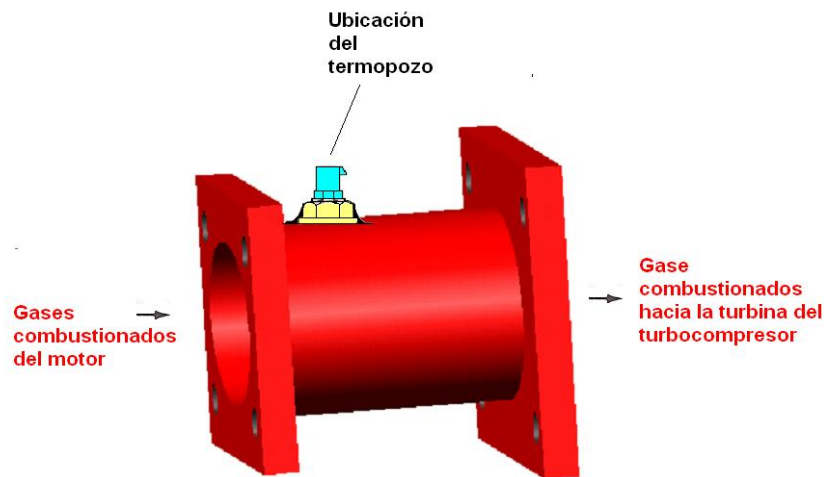


Figura 3.40. Ubicación del termopozo para (Tt)

## MONTAJE



Figura 3.41. Fotografía de (Tt) montado en el sistema

### 3.3.4 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Tr)

#### Procedimiento:

En el tubo de  $2 \frac{1}{4}$  de pulgada (57.15 mm) de diámetro por 51.18 pulgadas (1300 mm) de longitud se realizó una perforación de  $\frac{5}{16}$  de pulgada (7.93 mm) a los 2.36 pulgadas (60 mm) de distancia como se muestra en la (figura 3.42). Se detalla en el Anexo J.

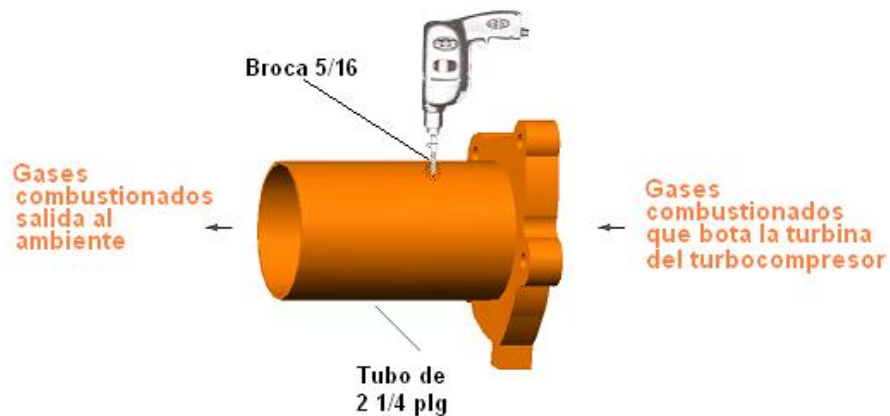


Figura 3.42. Perforación para (Tr) en el tubo de escape después de la turbina

Una vez lista la perforación se procedió a soldar una tuerca de  $\frac{1}{2}$  pulgada (12.7 mm) correctamente centrada en el orificio. (Figura 3.43)

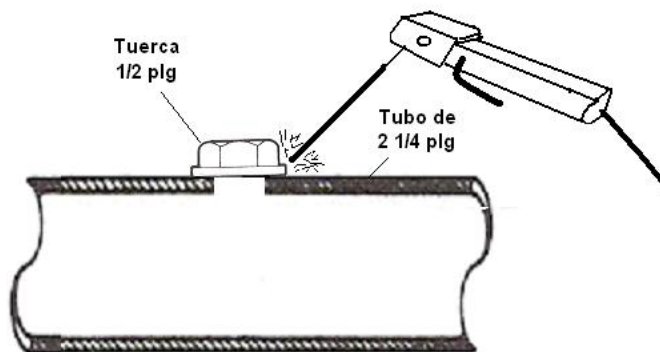


Figura 3.43. Centrado de la tuerca para la operación de suelda de (Tr)

Mostramos la adaptación lista para la instalación del sensor de temperatura (Tr) (Figuras 3.44 y 3.45). Todos los pasos anteriores son similares a la primera adaptación cambiando únicamente los tubos y las ubicaciones de los sensores que mostramos en la primera parte de cada adaptación.

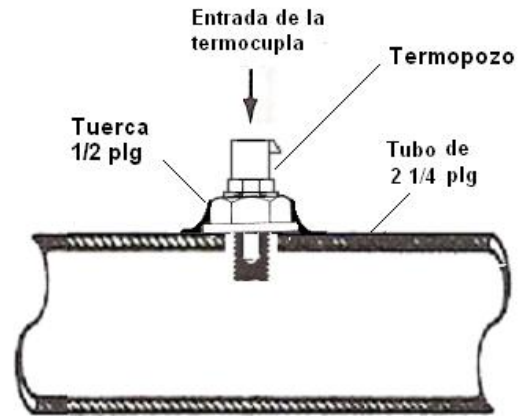


Figura 3.44. Termopozo acoplado para (Tr)

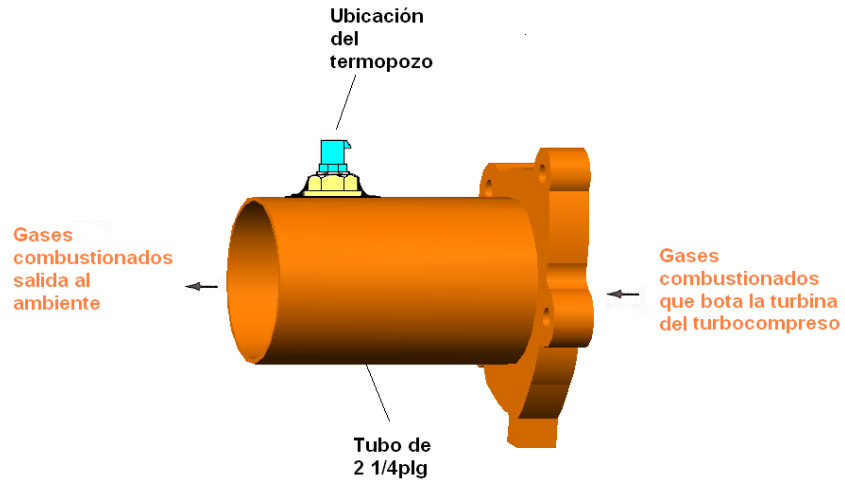


Figura 3.45. Ubicación del termopozo para (Tr)

## MONTAJE

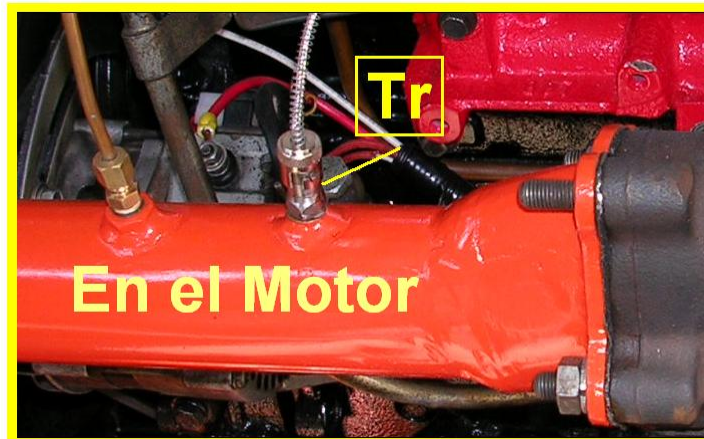


Figura 3.46. Fotografía de (Tr) montado en el sistema

### 3.4 ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LOS SENSORES DE FLUJO

#### **Materiales:**

Tubo 2 ¼ de pulgada de diámetro

Unión roscada

#### **Herramientas:**

Taladro

Broca 1/2 de pulgada

Suelda autógena

#### **Equipo:**

2 Sensores de flujo

### 3.4.1 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Fe)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ pulgada de diámetro por 490 mm de longitud se realizó una perforación de 1/2 de pulgada a los 115 mm de distancia como se muestra en la (figura 3.47). Se detalla en el Anexo D.

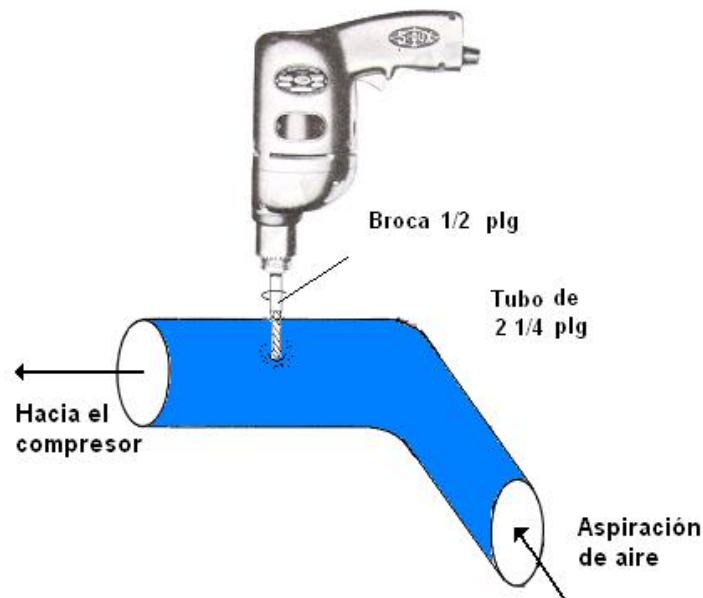


Figura 3.47. . Perforación para (Fe) en el tubo de admisión antes del compresor

Una vez lista la perforación se procedió a soldar la unión roscada correctamente centrada en el orificio. Se utilizó suelta autógena para realizar la unión del cople de bronce. (Figura 3.48)

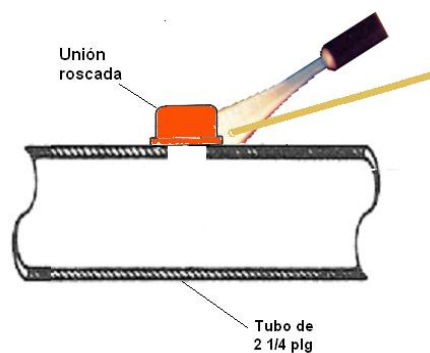


Figura 3.48. Centrado de la unión roscada para la operación de suelta de (Fe)

Con la preparación del orificio roscado explicado en los pasos anteriores facilitara la introducción del sensor de flujo en el tubo 2 ¼ de pulgada (57.15mm). (Figura 3.49)

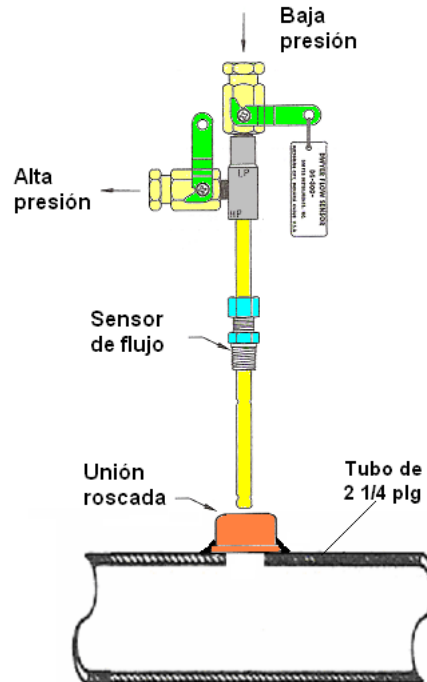


Figura 3.49. Instalación del sensor de flujo (Fe)

Sensor de flujo acoplado en el tubo, sujeto con la unión roscada que fue soldada en el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15mm). (Figura 3.50)

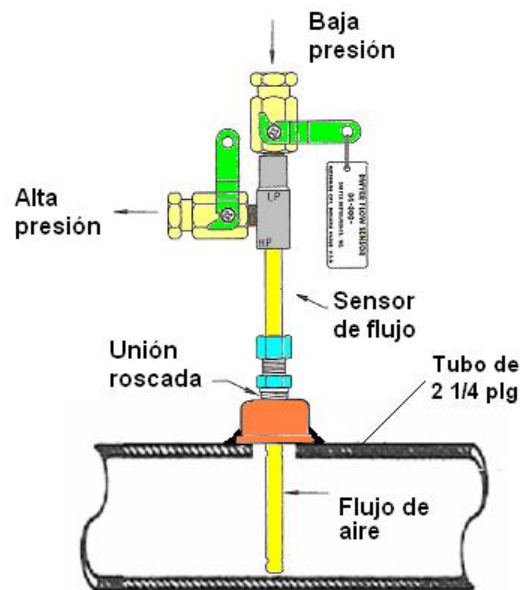


Figura 3.50. Sensor de flujo acoplado en el tubo para (Fe)



## MONTAJE



Figura 3.51. Fotografía de (Fe) montado en el sistema

### 3.4.2 ADAPTACIÓN Y MONTAJE (Fs)

#### Procedimiento:

En el tubo de 2 ¼ pulgada de diámetro por 181 cm de longitud se realizó una perforación de 1/2 de pulgada a los 96 cm de distancia como se muestra en la (figura 3.52). Se detalla en el Anexo D.

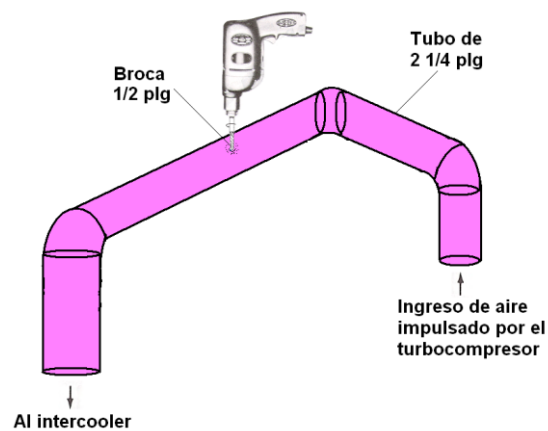


Figura 3.52. Perforación para (Fs) en el tubo de admisión después del compresor

Una vez lista la perforación se procedió a soldar la unión roscada correctamente centrada en el orificio. Se utilizó suelda autógena para realizar la unión del cople de bronce. (Figura 3.53)

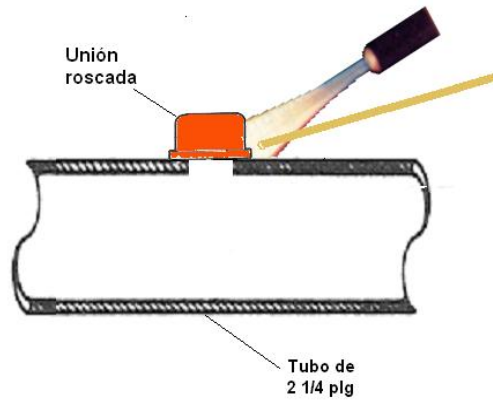


Figura 3.53. Centrado de la unión roscada para la operación de suelda de (Fs)

Con la preparación del orificio roscado explicado en los pasos anteriores facilitara la introducción del sensor de flujo en el tubo 2 ¼ de pulgada (57.15mm). (Figura 3.54)

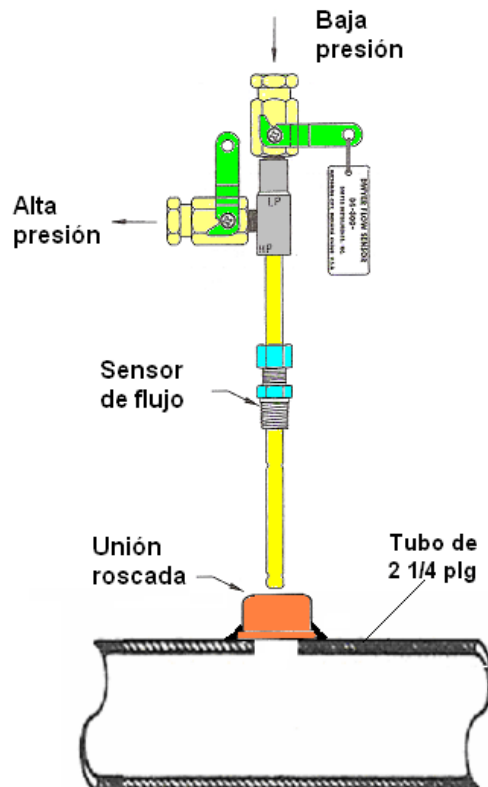


Figura 3.54. Instalación del sensor de flujo (Fs)

Sensor de flujo acoplado en el tubo, sujeto con la unión roscada que fue soldada en el tubo de 2 ¼ de pulgada (57.15mm). (Figura 3.55)

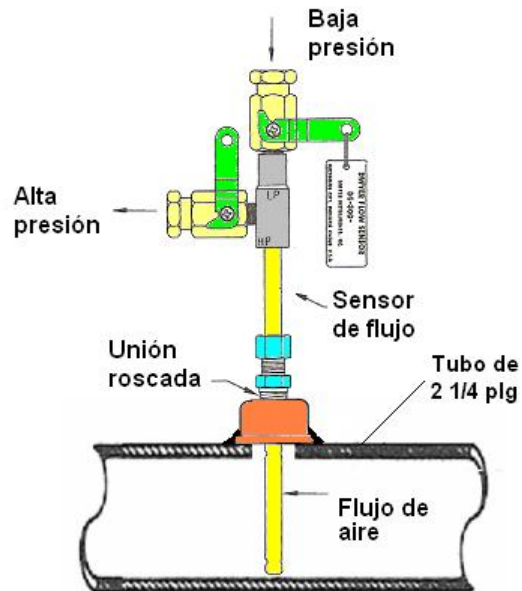


Figura 3.55. Sensor de flujo acoplado en el tubo para (Fs)

### MONTAJE



Figura 3.56. Fotografía de (Fs) montado en el sistema

### 3.5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL TABLERO

#### **Materiales:**

Plancha de tool

Aldabas

Cerradura

Pintura

#### **Herramientas:**

Taladro

Sierra

Cortadora de tool

Dobladora

Flexómetro

#### **Equipo a instalar:**

4 Controles de temperatura

3 Manómetros de presión

1 Vacuómetro

2 Controles de Flujo

2 Transmisores

2 Sensores de flujo

1 Tacómetro digital de 6 dígitos

1 Tacómetro de motor

1 Manómetro presión de aceite del motor

1 Amperímetro

1 Medidor de temperatura del motor

1 Switch

1 Pulsador

- 1 Luz indicadora
- 1 Switch principal
- 1 Caja de fusibles

**Procedimiento:**

La construcción del tablero (figura 3.57) se realizó una vez adquirido todos los controles y medidores, determinados para las instalaciones requeridas en el turbocompresor. Estos están dispuestos adecuadamente para una buena visualización.

1. Paso

Se realizó una caja de las siguientes medidas:

- 80 cm de alto
- 100 cm de ancho
- 30 cm de profundidad

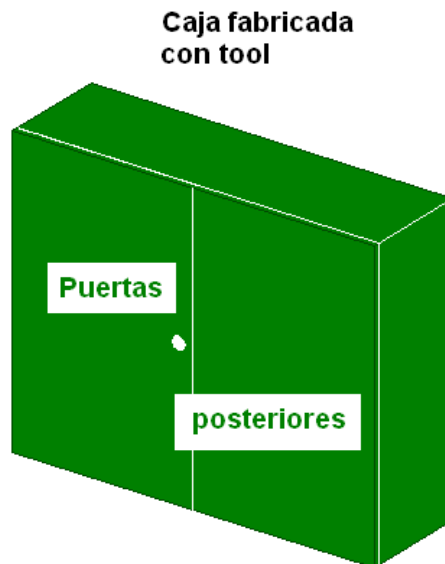


Figura 3.57. Caja para el montaje de los controles

## 2. Paso

En la parte frontal se realizó las perforaciones dando forma cuadrada, rectangular o circular según las características de cada medidor. La ubicación se realizó después de medir cada uno de los elementos propuestos para la instalación y su respectivo centrado.

Se muestra en la (figura 3.58) la disposición de los orificios.

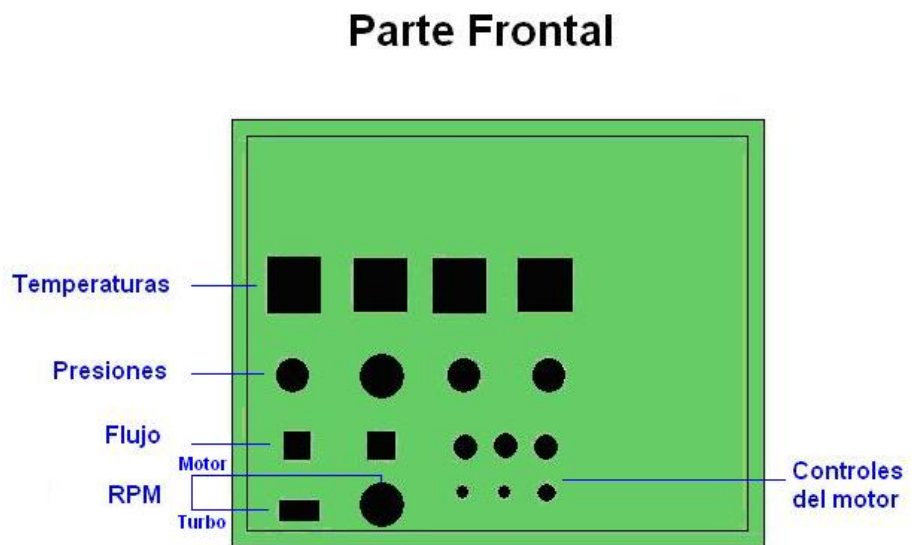



Figura 3.58. Disposición de los orificios




## 3. Paso

Montaje de los medidores en el tablero de visualización, se especifican las medidas de cada uno en la siguiente (tabla 3.1).

Tabla 3.1. Listado de elementos que van en el tablero

Elemento	Nombre	Medidas	
	Control de temperatura	Alto	96mm
		Ancho	96mm
		Profundidad	137mm

	Manómetro de presión	Diámetro	55mm
	Vacuómetro	Diámetro	54mm
	Control de flujo	Alto Ancho Profundidad	48mm 48mm 108mm
	Tacómetro digital de 6 dígitos	Alto Ancho Profundidad	
	Temperatura del motor	Diámetro	51.6mm
	Presión de aceite	Diámetro	51.6mm
	Amperímetro	Diámetro	51.6mm
	Switch del motor	Diámetro	45mm
	Pulsador para las bujías de precalentamiento	Diámetro	32mm
	Luz indicadora	Diámetro	20mm
	Transmisor	Alto Ancho Profundidad	84.53mm 57.15mm 22.23mm
	Fuente de 24 voltios 0- 2.0 A	Alto Ancho Profundidad	67mm 78mm 93mm
	Tacómetro de motor	Diámetro	84mm

	Regulador	Alto 80mm Ancho 75.7mm Profundidad 29.6mm
	Caja de fusibles 1 Amperio	Alto 123.8mm Ancho 63mm Profundidad 31mm
	Switch Principal	Altura 80 mm Ancho 20 mm

## Parte Frontal



Figura 3.59. Tablero pintado y con los elementos que lo conforman

#### 4. Paso

Rotulación de todos los elementos que componen el tablero además incluye un esquema demostrativo de las partes del turbocompresor y un circuito de circulación de aire. (Figura 3.60)





Figura 3.60. Rotulación de cada uno de los controles en el tablero

## MONTAJE



Figura 3.61. Fotografía del montaje terminado del tablero y los sensores



## IV.- CALIBRACION Y PRUEBA DE LOS SENSORES DEL TABLERO

### 4.1 CALIBRACIÓN Y PRUEBA DEL TACÓMETRO

Para la calibración del sensor inductivo montado en la toma de aire del caracol del compresor necesitaremos las siguientes herramientas: calibrador de láminas y dos llaves de boca número 14.

En el orificio roscado fabricado en pasos anteriores introducimos el sensor inductivo de forma vertical, lo roscamos con mucho cuidado para no dañar la unión del sensor con el cable. (Figura 4.1)

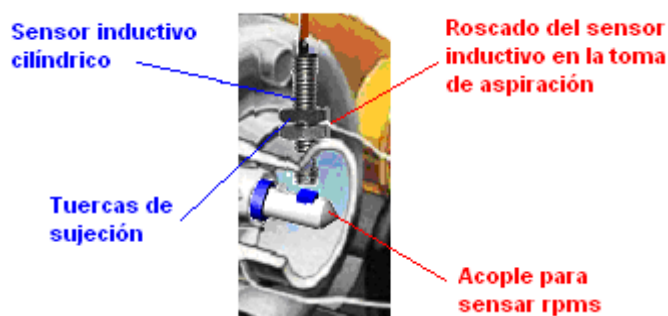


Figura 4.1. Roscado del sensor

Como se muestra en la (figura 4.2) introducimos una galga de 1mm para calibrar la separación entre la chaveta de sensado y el sensor inductivo. El rango de separación del sensor inductivo según las especificaciones del fabricante va de 1mm a 3mm pero lo aconsejable para medir las rpms del eje del turbocompresor es de 1mm de separación esto debido a la alta velocidad de giro del turbocompresor.

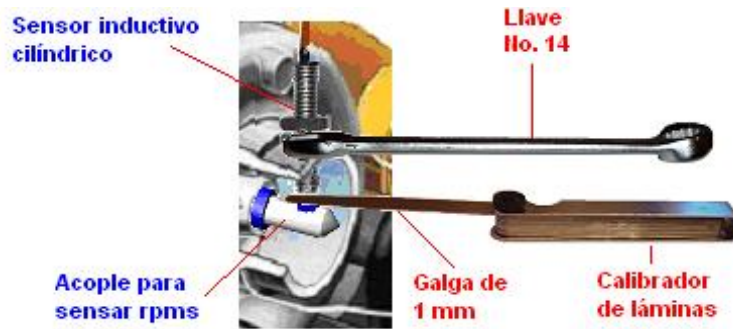


Figura 4.2. Calibración del sensor inductivo

Una vez calibrada la separación ajustamos la tuerca y contra tuerca teniendo mucho cuidado de no forzar al sensor; de esta manera quedará firme el sensor inductivo y estará listo para la operación de sensado. (Figura 4.3)

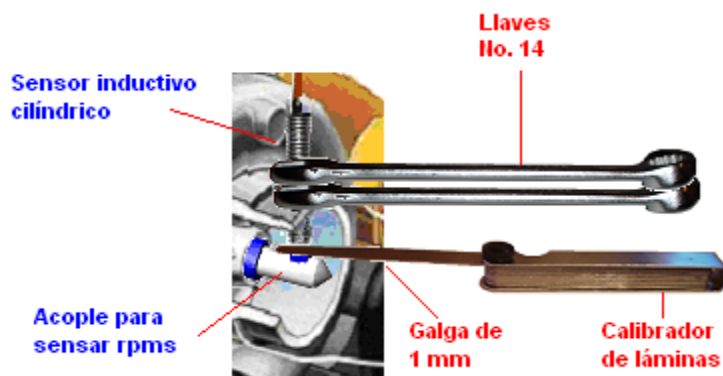


Figura 4.3. Ajuste de las tuercas de sujeción

El tacómetro digital de 6 dígitos opera a 12 Vdc – 100mA max ó 24 Vdc – 50mA max. Vamos a escoger 24 Vdc – 50mA para esto se puentea en la parte de atrás del tacómetro como se indica en la (figura 4.4).

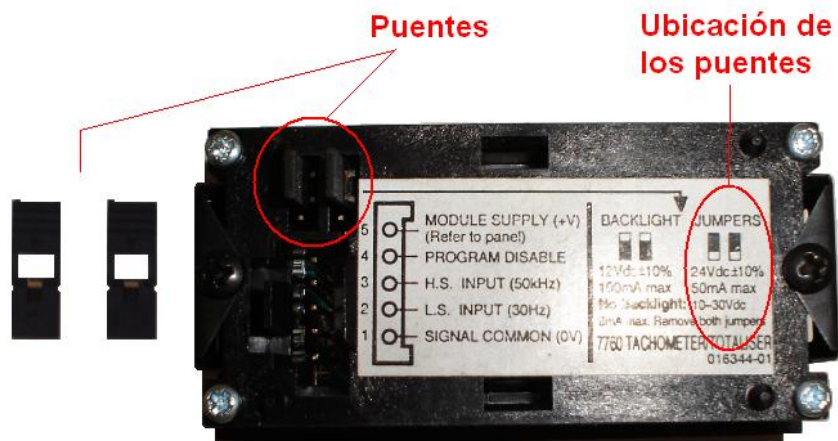


Figura 4.4. Ubicación de los puentes en el tacómetro digital

## CONEXIÓN DEL TACÓMETRO CON EL SENSOR

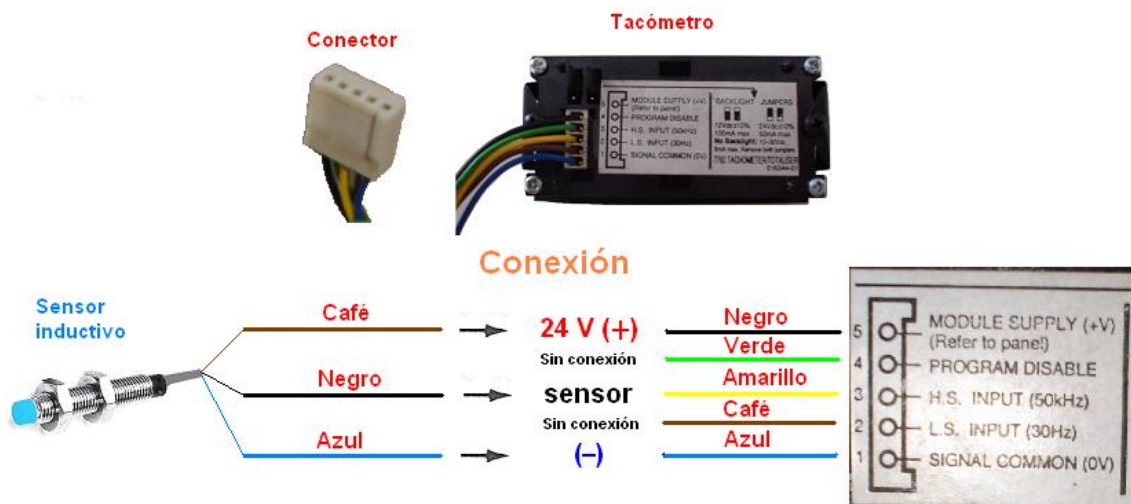


Figura 4.5. Conexiones

## PROGRAMACIÓN

Para entrar en la programación presione el botón de Programación en el panel frontal utilizando un bolígrafo de punta redonda o similar. El anunciador **PROG** aparecerá en la pantalla. Solo las dos teclas del panel frontal se utilizan en la programación.

- El botón de Reset cambia los parámetros (número de comas decimales, incremento de dígitos visualizados, cambia entre las opciones disponibles etc).
- El botón de Programación acepta el valor visualizado actualmente o función y avanza al siguiente paso en la secuencia.

Los parámetros que aparecen en la pantalla durante la programación son aquellos que fueron fijados en la última sesión de programación. Puede utilizar esta opción para revisar los valores fijados entrando en la programación y pasando a través de la secuencia otra vez.

Si se introduce una base de tiempos o un factor multiplicador menor que 0.01, la unidad fijará 0.01 por defecto en la salida del modo programación. La secuencia de programación se muestra en la ilustración.

Cuando presione el botón de Programación para aceptar el último parámetro en la secuencia de programación, la unidad sale del modo de programación y adopta el modo que se seleccionó en el paso 1.

### 1. SELECCIÓN DEL MODO TACO/FRECUENCÍMETRO:

Previamente usado el anunciador está intermitente. Presiona el **Reset** para cambiar entre **PERIODO** y **SEÑAL**.

### 2. POSICIÓN DE LA COMA DECIMAL EN EL MODO SEÑAL:

0, 0.0, 0.00 ó 0.000. Presiona el Reset para pasar a través de la secuencia.

### 3. AJUSTE DE LA BASE DE TIEMPOS EN EL MODO SEÑAL DEL TACO/FRECUENCÍMETRO:

En segundos con tres con tres unidades decimales.

**4. POSICIÓN DE LA COMA DECIMAL EN EL MODO PERIODO:**

0, 0.0, 0.00 ó 0.000. Presiona el Reset para pasar a través de la secuencia.

**5. SELECCIÓN DEL FACTOR DE ESCALA DIVISOR/MULTIPLICADOR EN EL MODO PERIODO:**

Previamente usado el anunciador está intermitente. Presiona el Reset para cambiar entre el factor de escala DIVISOR y MULTIPLICADOR.

**6. FACTOR DE ESCALA EN EL MODO PERIODO DEL TACO/FRECUENCÍMETRO:**

Presiona el Reset para incrementar los dígitos intermitentes. Si no se precisa un factor de escala, fijarlo al valor 1.

**7. POSICIÓN DE LA COMA DECIMAL DEL TOTALIZADOR:**

0, 0.0, 0.00 ó 0.000. Presione el Reset para pasar a través de la secuencia.

**8. SELECCIÓN DE LA ACTIVACIÓN/DESACTIVACIÓN DEL RESET DEL TOTALIZADOR:**

Presione el Reset para cambiar entre Reset Activado y Reset Desactivado.

**9. SELECCIÓN DEL FACTOR DE ESCALA DIVISOR/MULTIPLICADOR EN EL TOTALIZADOR:**

Previamente usado el anunciador está intermitente. Presiona el Reset para cambiar entre el factor de escala DIVISOR Y MULTIPLICADOR.



## 10. FACTORES DE ESCALA DEL TOTALIZADOR:

Multiplicador o Divisor seleccionando por etapas de 9 intermitencias. Presione el Reset para incrementar los dígitos intermitentes. Si no se precisa un factor de escala, fijarlo al valor 1.

## PROGRAMACIÓN ESTABLECIDA

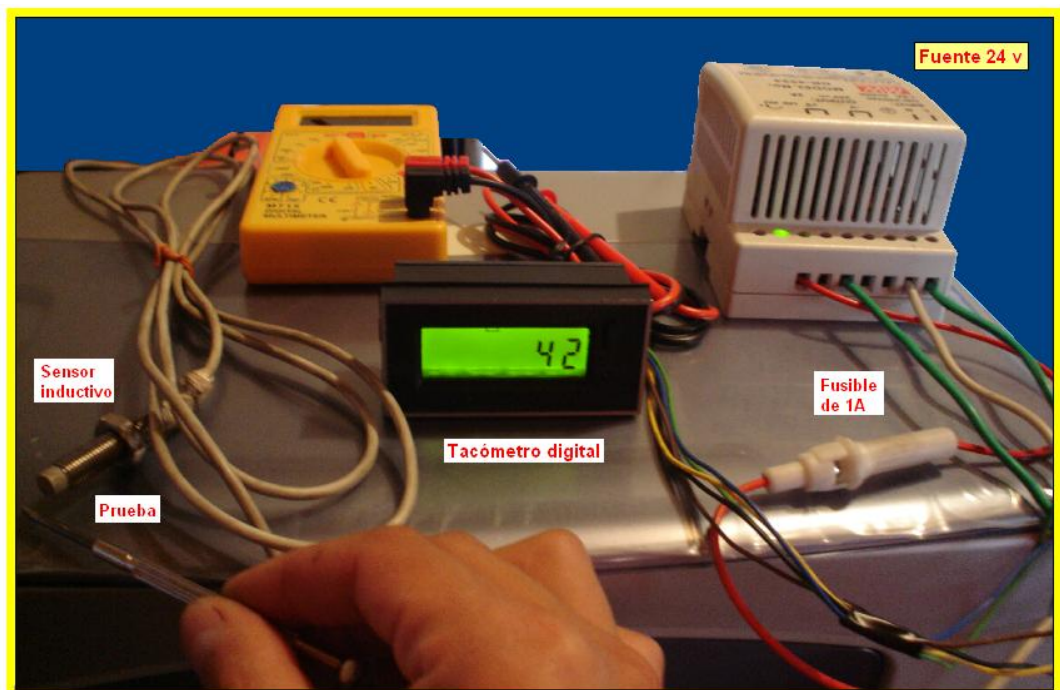


Figura 4.6. Prueba del sensor



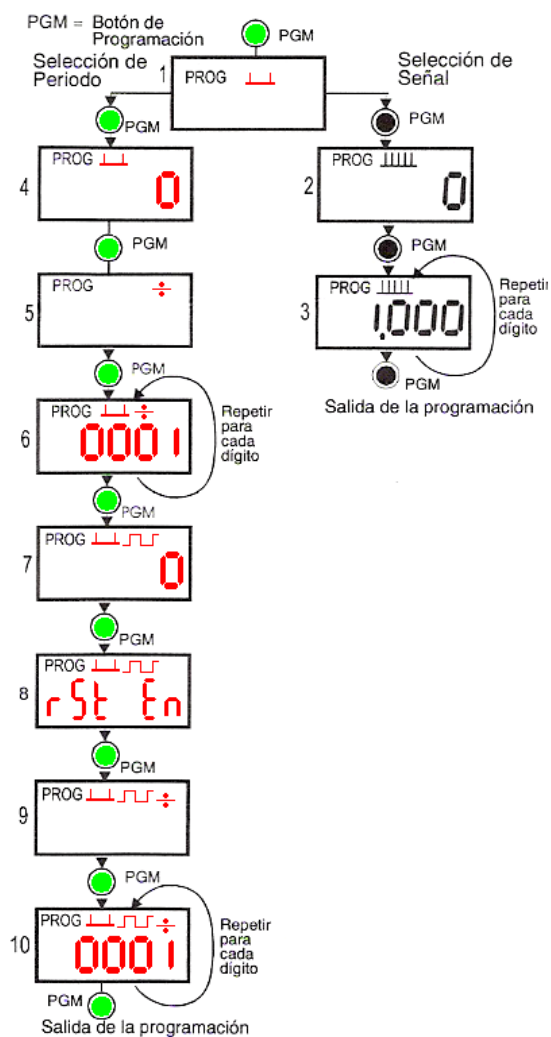


Figura 4.7. Programación establecida

## 4.2 CALIBRACIÓN Y PRUEBA DE LOS MANÓMETROS DE PRESIÓN

### MANÓMETROS DE PRESIÓN (Pt) y (Pr)

Los manómetros de presión instalados en esta aplicación vienen calibrados de fábrica al rango dado mostrado en la (figura 4.8).

#### Rango:

Escala simple ( 0 - 60 psi )



Figura 4.8. Manómetro de presión

### **MANÓMETRO DE PRESIÓN (Ps)**

Los manómetros de presión instalados en esta aplicación vienen calibrados de fábrica al rango dado mostrado en la (figura 4.9).

#### **Rangos:**

Escala compuesta ( 0 - 30 psi ó 0 – 210 KPa )con conexión inferior.



Figura 4.9. Manómetro de presión

### **VACUÓMETRO (Pe)**

El vacuómetro instalado en esta aplicación viene calibrado de fábrica al rango dado mostrado en la (figura 4.10).

**Rango:**

Escala simple ( 0 – 30 in Hg )



Figura 4.10. Vacuómetro

**PRUEBA**

La prueba se realizó directamente en el motor una vez conectados los acoples en los conductos. (Figura 4.11)



Figura 4.11. Prueba de los manómetros de presión

**4.3 CALIBRACIÓN Y PRUEBA DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA**

## **TERMOCUPLAS (Te),(Ts),(Tt) y (Tr)**

Las termocuplas instaladas en esta aplicación vienen calibradas de fábrica al los diferentes rangos requeridos. (Figura 4.12)

### **Especificaciones:**

Termocupla tipo J

Rango de 0° a 600 °C



Figura 4.12. Termocupla

## **CONTROL DE TEMPERATURA**

Control de temperatura de lectura directa no se calibra. (Figura 4.13)

### **Rango:**

( 0° a 400°C )



Figura 4.13. Control de temperatura

## PRUEBA

La prueba se realizó directamente en el motor una vez conectados los acoples en los conductos. (Figura 4.14)



Figura 4.14. Prueba de los controles de temperatura



## Transmisor

Cada transmisor de Serie 616 es calibrado de fábrica al rango dado en el cuadro modelo.

Tabla 4.1. Modelos y rangos de transmisores

### Series 616 Transmitter Models and Ranges\*

Model No.	Range	Max. Press.	Model No.	Range	Max. Press.
<b>616-00</b>	0-1 in. w.c.	10 in. w.c.	<b>616-8</b>	0-10 psid	58 psig
<b>616-0</b>	0-2 in. w.c.	10 in. w.c.	<b>616-9</b>	0-20 psid	58 psig
<b>616-1</b>	0-3 in. w.c.	5 psig	<b>616-10</b>	0-30 psid	58 psig
<b>616-2</b>	0-6 in. w.c.	5 psig	<b>616-11</b>	0-50 psid	150 psig
<b>616-3</b>	0-10 in. w.c.	5 psig	<b>616-12</b>	0-100 psid	150 psig
<b>616-4</b>	0-20 in. w.c.	11 psig	<b>616-3B</b>	1.5-0-1.5 in. w.c.	5 psig
<b>616-5</b>	0-40 in. w.c.	11 psig	<b>616-6B</b>	3-0-3 in. w.c.	5 psig
<b>616-6</b>	0-100 in. w.c.	29 psig	<b>616-10B</b>	5-0-5 in. w.c.	5 psig
<b>616-7</b>	0-200 in. w.c.	29 psig	<b>616-20B</b>	10-0-10 in. w.c.	11 psig

\*All models available with 0.25% F.S. Accuracy.

Models available with 0.1% F.S. Accuracy include 616-4 through 616-12.

Models available with 1.0% F.S. Accuracy include 616-1 through 616-20B.

Para verificar la calibración y ajustar si es necesario, el procedimiento siguiente debe usarse. Para propósitos de clarificación en estas instrucciones, el rango se define como esa presión que, aplicada al transmisor, produce 20 miliamperios de corriente en el circuito. Presión cero

1. Con el transmisor conectado al receptor adjunto, inserte un multímetro exacto en serie con el circuito de corriente. El rango de la escala completo debe ser aproximadamente 30 mA.
2. Conecte una fuente de presión controlable a una pata de un anillo con las otras dos patas conectadas al puerto de presión alta del transmisor y la tercera pata a un medidor de prueba exacto o manómetro, en un rango apropiado. El puerto de presión bajo debe ser descargado a la

atmósfera. La calibración debe realizarse con la unidad en la misma posición en que se montará.

3. Aplique el poder eléctrico a la unidad y permita estabilizarlo durante 10 minutos.
4. Sin presión aplicada al transmisor, ajuste el control CERO para que la corriente de la vuelta sea 4 mA.
5. Aplique la presión del rango completa y ajuste la corriente del circuito a 20 mA usando el mando SPAN.
6. Libre la presión y permita al transmisor estabilizarse durante 2 minutos.
7. Los mandos span y cero (figura 4.16) son ligeramente interactivos, así repita los pasos 4 a 6 hasta que las presiones cero y de rango completo consistentemente produzcan corrientes de 4 y 20 mA respectivamente.
8. Quite el multímetro del circuito de corriente y proceda con la instalación final del transmisor y receptor.



Figura 4.16. El zero y el span



## CONEXIONES

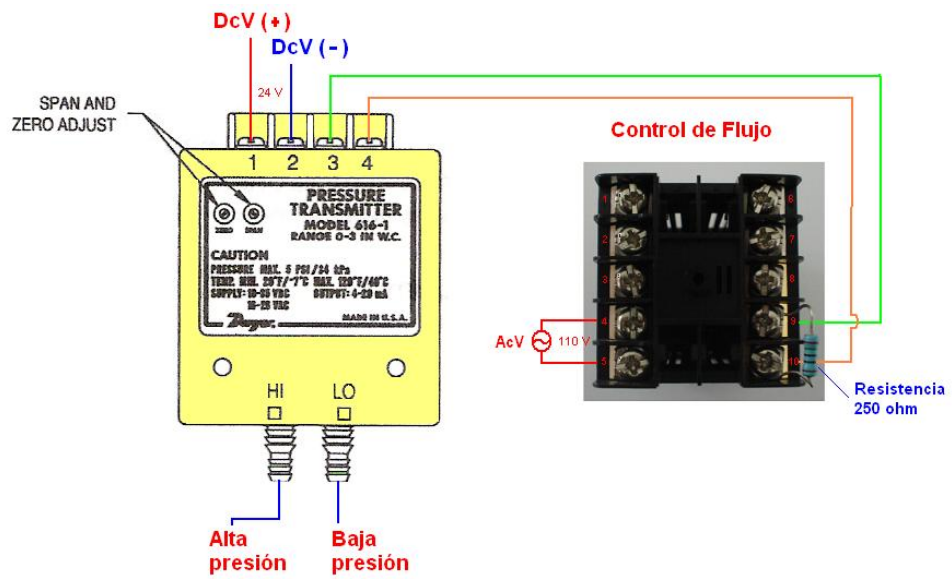


Figura 4.17. Conexiones del transmisor y el controlador de flujo

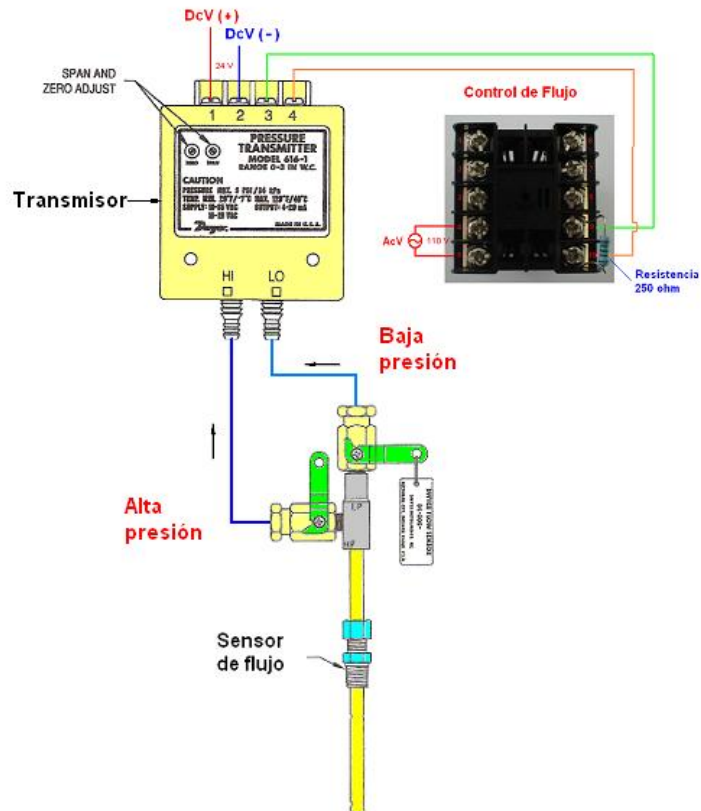


Figura 4.18. Conexiones sensor de flujo, transmisor y control

## PROGRAMACIÓN ESTABLECIDA



Figura 4.19. Controles de flujo

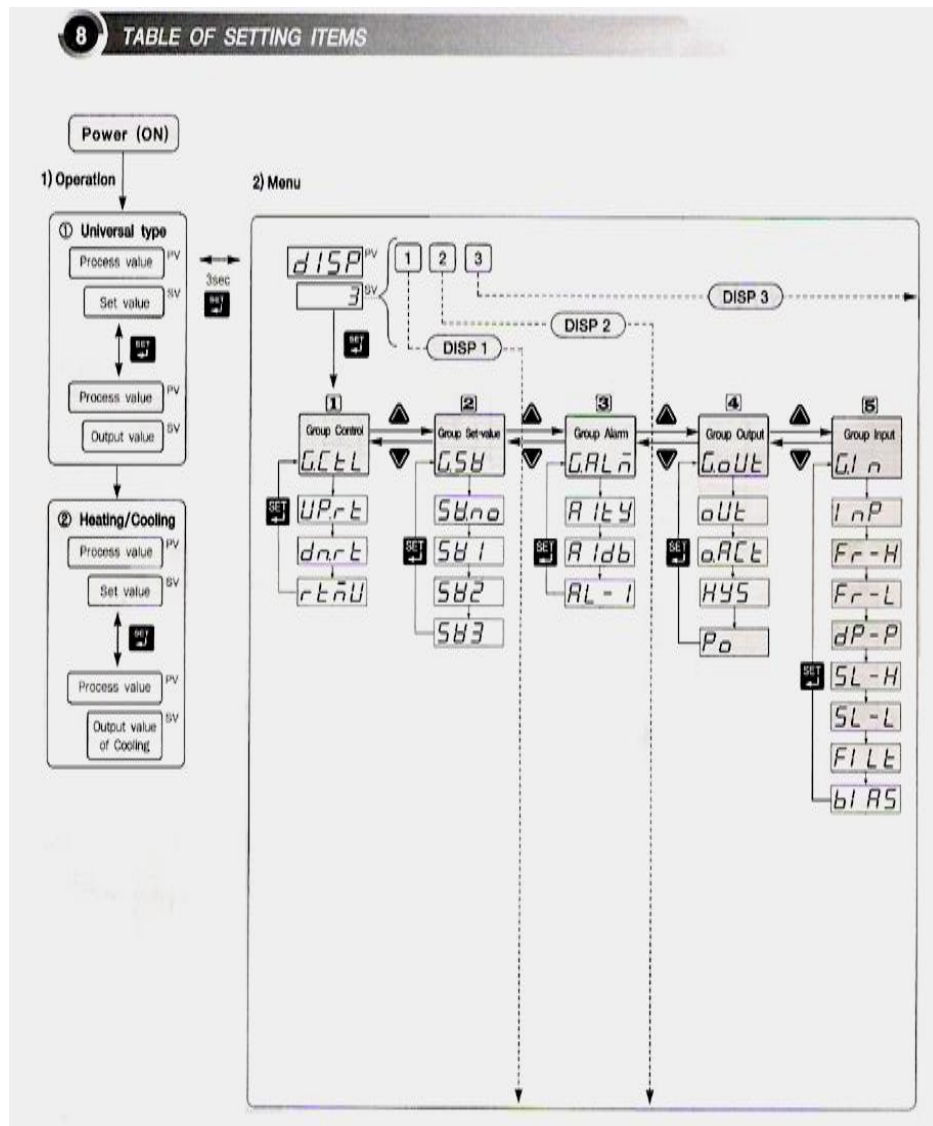


Figura 4.20. Opciones de control

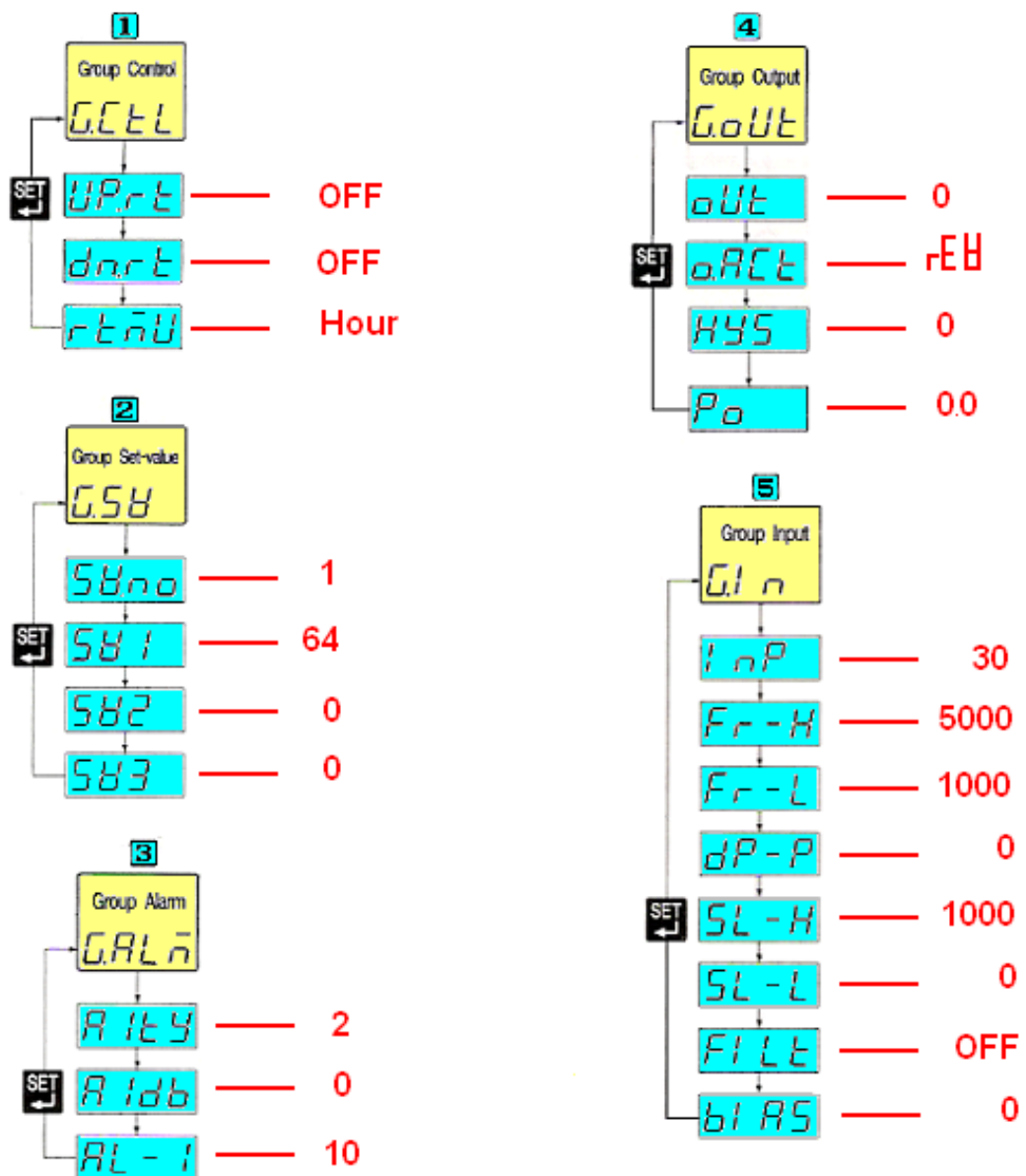


Figura 4.21. Programación establecida

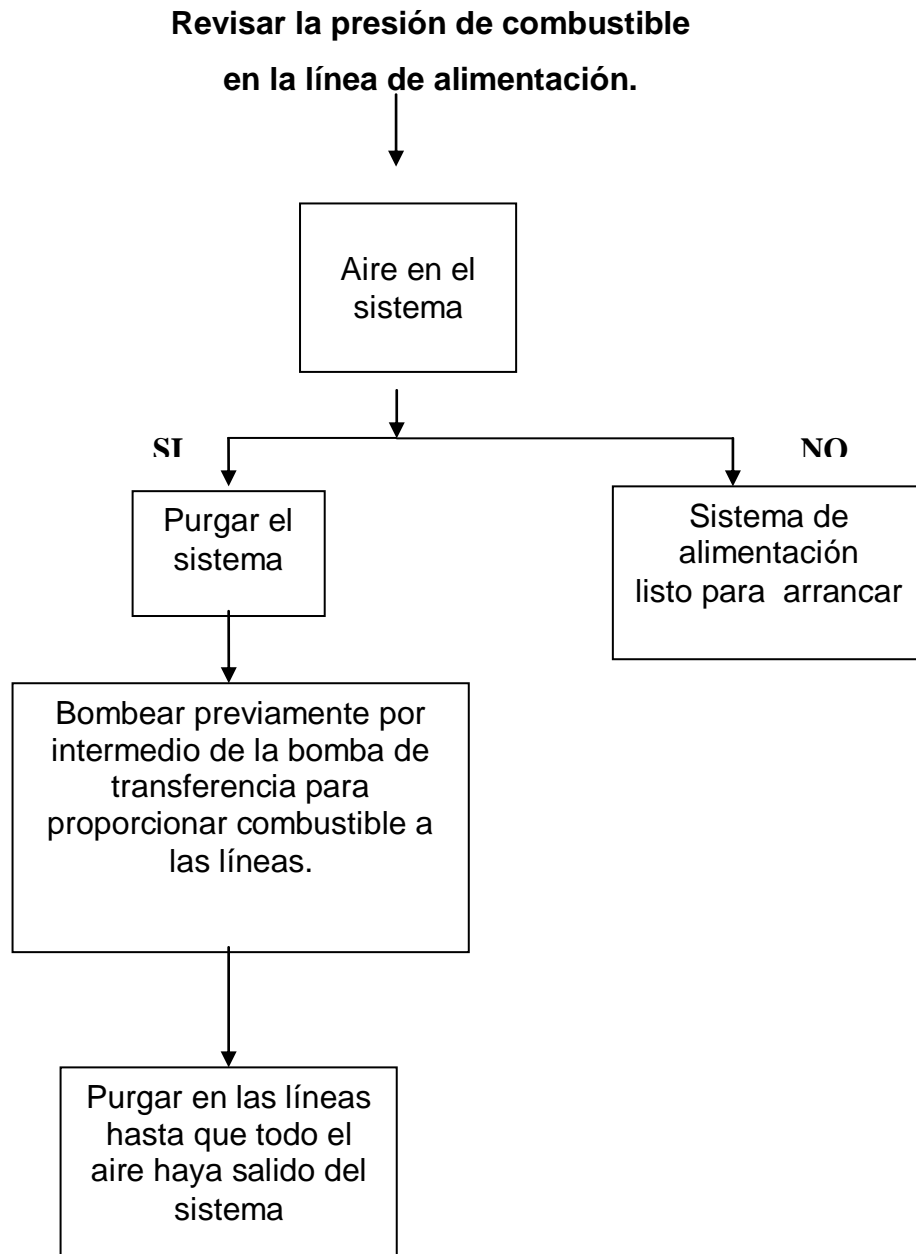
## PRUEBA

La prueba se realizó directamente en el motor una vez conectados los acoples en los conductos. (Figura 4.22)

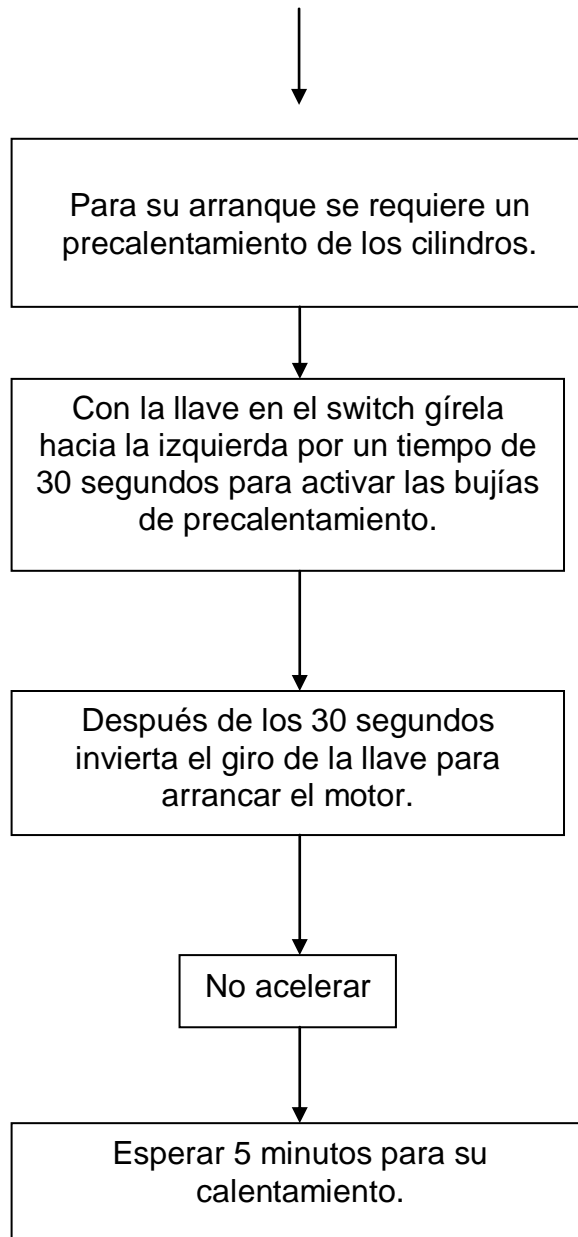


Figura 4.22. Prueba de los sensores de flujo

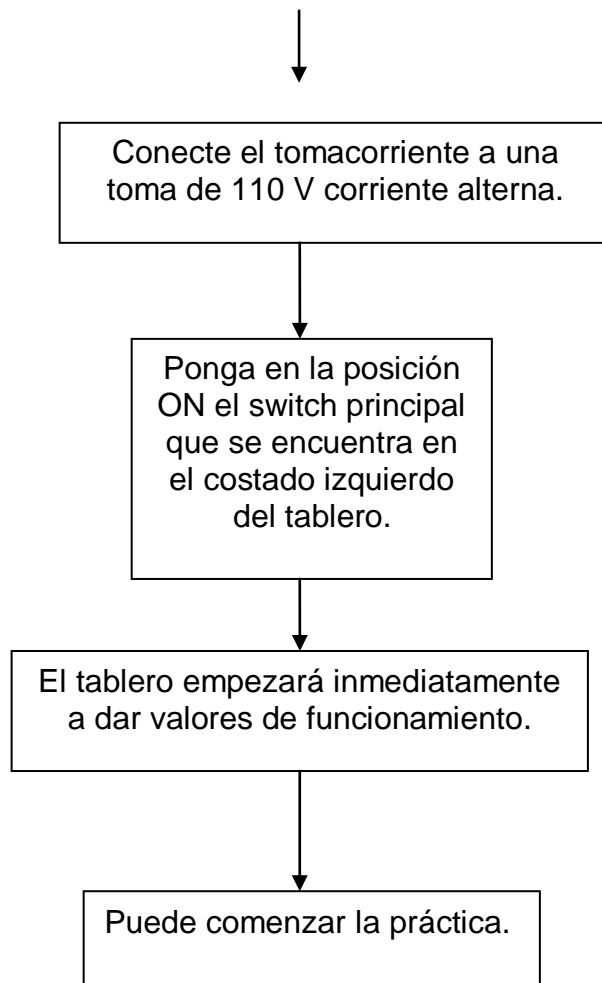
## 4.5 ARRANQUE DEL SISTEMA



## Arranque del motor



## Encendido del Tablero Principal



## V.- GUÍAS DE LABORATORIO

### 5.1 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA # 1

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO – LATACUNGA**  
**Laboratorio de Motores Combinados # 1**

**ALUMNO** \_\_\_\_\_

**NIVEL** \_\_\_\_\_ **PARALELO** \_\_\_\_\_ **GRUPO** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

**TEMA:** Comparación de velocidades del eje del turbocompresor con la velocidad del cigüeñal del MCI.

#### **OBJETIVOS:**

1. Comprender la gran diferencia de velocidades que hay entre el motor y el turbocompresor.
- 2.- Entender el aumento de velocidad en cada régimen de funcionamiento del motor.

#### **EQUIPOS UTILIZADOS:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **SECUENCIA DEL LABORATORIO:**

1. Revisar la presión de combustible en la línea de alimentación.
2. Arranque del motor.
3. Para su arranque se requiere un precalentamiento de los cilindros.
4. Con la llave en el switch gírela hacia la izquierda por un tiempo de 30 segundos para activar las bujías de precalentamiento.



5. Después de los 30 segundos invierta el giro de la llave para arrancar el motor.
6. No acelerar.
7. Esperar 5 minutos para su calentamiento.
8. Encendido del Tablero Principal.
9. Conecte el tomacorriente a una toma de 110 V corriente alterna.
10. Ponga en la posición ON el switch principal que se encuentra en el costado izquierdo del tablero.
11. El tablero empezará inmediatamente a dar valores de funcionamiento.
12. Puede comenzar la práctica.

**TABLA DE DATOS:**

<b>Revoluciones MC I</b>	<b>Revoluciones Turbocompresor</b>	<b>Relación de velocidad</b>	<b>% de aumento de velocidad</b>
1000 rpm			
1250 rpm			
1500 rpm			
1750 rpm			
2000 rpm			

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

---



---



---



---

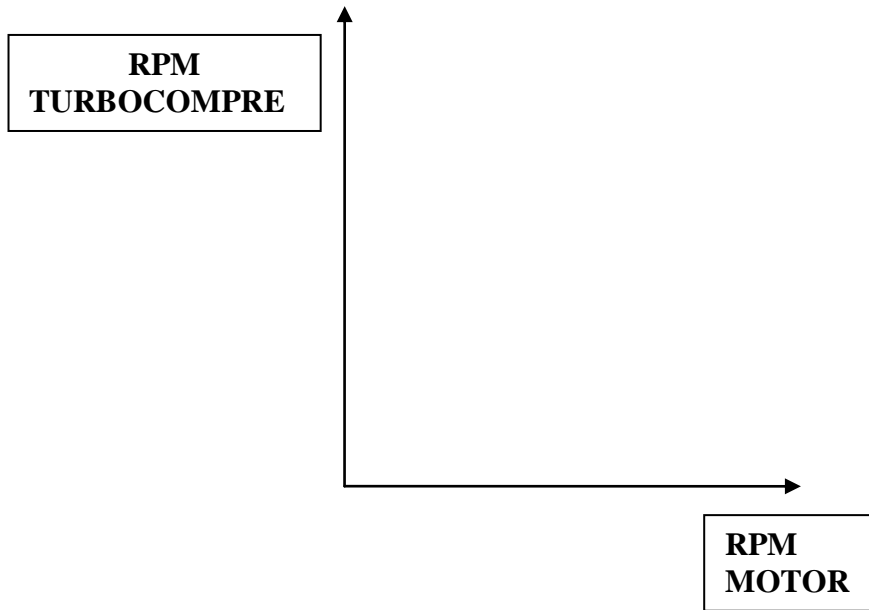


---



---

**GRAFICA:**



**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

**RECOMENDACIONES:**

---

---

---

---

---

---

## **CUESTIONARIO:**

1. Considera usted que hay una relación directamente proporcional entre el aumento de velocidad del motor y el turbo? Explique.
2. El turbo disminuye proporcionalmente la velocidad en relación al motor?
3. Tomando en cuenta que un motor funciona a diferente régimen de velocidad, que pasaría si apagáramos el motor a altas rpms. Explique con relación al turbo.
4. Consulte tipos de turbos y sus velocidades de operación.
5. Qué turbo genera mayor velocidad los de gran tamaño o los más pequeños?

## 5.2 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA # 2

### ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO – LATACUNGA

#### Laboratorio de Motores Combinados # 2

ALUMNO \_\_\_\_\_

NIVEL \_\_\_\_\_ PARALELO \_\_\_\_\_ GRUPO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

**TEMA:** Comportamiento de temperaturas a la entrada y salida del compresor y turbina.

#### **OBJETIVOS:**

1. Comprender los diferentes estados de temperatura en todo el sistema de admisión y escape.
2. Saber como trabaja el motor desde un estado inicial hasta alcanzar su temperatura de funcionamiento.

#### **EQUIPOS UTILIZADOS:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **SECUENCIA DEL LABORATORIO:**

1. Revisar la presión de combustible en la línea de alimentación.
2. Arranque del motor.
3. Para su arranque se requiere un precalentamiento de los cilindros.
4. Con la llave en el switch gírela hacia la izquierda por un tiempo de 30 segundos para activar las bujías de precalentamiento.

5. Después de los 30 segundos invierta el giro de la llave para arrancar el motor.
6. No acelerar.
7. Esperar 5 minutos para su calentamiento.
8. Encendido del Tablero Principal.
9. Conecte el tomacorriente a una toma de 110 V corriente alterna.
10. Ponga en la posición ON el switch principal que se encuentra en el costado izquierdo del tablero.
11. El tablero empezará inmediatamente a dar valores de funcionamiento.
12. Puede comenzar la práctica.

**TABLA DE DATOS:**

<b>Revoluciones MC I</b>	<b>To °C</b>	<b>Te Compresor °C</b>	<b>Ts Compresor °C</b>	<b>Tt Turbina °C</b>	<b>Tr Turbina °C</b>
750 rpm					
1000 rpm					
1250 rpm					
1500 rpm					
1750 rpm					
2000 rpm					

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

---



---



---



---



---



---

**GRAFICA:**

En grafico de barras exprese  $T_e$ ,  $T_s$ ,  $T_t$ ,  $T_r$ .

**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

**RECOMENDACIONES:**

---

---

---

---

---

---

## **CUESTIONARIO:**

1. Consulte con que materiales está construido el turbo compresor.
2. Realice un esquema del turbocompresor y ubique sus temperaturas máximas en los diferentes puntos medidos.
3. Por qué hay un aumento de temperatura en el conducto Ts? Explique.
4. Debido a que es necesario enfriar el aire de admisión al motor. Explique.
5. Calcule la temperatura de la carga de admisión en base a los datos obtenidos en la tabla.

### 5.3 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA # 3

#### ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO – LATACUNGA

#### Laboratorio de Motores Combinados # 3

ALUMNO \_\_\_\_\_

NIVEL \_\_\_\_\_ PARALELO \_\_\_\_\_ GRUPO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

**TEMA:** Comportamiento de presiones a la entrada y salida del compresor y turbina.

#### **OBJETIVOS:**

1. Medir y analizar los datos de presiones para comprender el comportamiento del flujo en la tubería.
2. Saber a que presiones trabaja el motor desde un estado inicial hasta alcanzar altas revoluciones.

#### **EQUIPOS UTILIZADOS:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **SECUENCIA DEL LABORATORIO:**

1. Revisar la presión de combustible en la línea de alimentación.
2. Arranque del motor.
3. Para su arranque se requiere un precalentamiento de los cilindros.
4. Con la llave en el switch gírela hacia la izquierda por un tiempo de 30 segundos para activar las bujías de precalentamiento.



5. Después de los 30 segundos invierta el giro de la llave para arrancar el motor.
6. No acelerar.
7. Esperar 5 minutos para su calentamiento.
8. Encendido del Tablero Principal.
9. Conecte el tomacorriente a una toma de 110 V corriente alterna.
10. Ponga en la posición ON el switch principal que se encuentra en el costado izquierdo del tablero.
11. El tablero empezará inmediatamente a dar valores de funcionamiento.
12. Puede comenzar la práctica.

**TABLA DE DATOS:**

<b>Revoluciones MC I</b>	<b>Po psi</b>	<b>Pe Compresor in Hg</b>	<b>Ps Compresor psi</b>	<b>Pt Turbina psi</b>	<b>Pr Turbina psi</b>
750 rpm					
1000 rpm					
1250 rpm					
1500 rpm					
1750 rpm					
2000 rpm					

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

---



---



---



---



---



---

**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

**RECOMENDACIONES:**

---

---

---

---

---

---

**CUESTIONARIO:**

1. Qué función cumple el difusor?
2. Consulte: Qué es presión barométrica, manométrica, presión absoluta.
3. Calcule la presión absoluta a la entrada y a la salida del compresor y la relación de presión con los datos obtenidos en la práctica.
4. Al aumentar la presión aumenta la temperatura?. Si ó No Explique.
5. Al aumentar la velocidad de un turbocompresor que sucede con la presión y el flujo?. Explique

## 5.4 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA # 4

### ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO – LATACUNGA

#### Laboratorio de Motores Combinados # 4

ALUMNO \_\_\_\_\_

NIVEL \_\_\_\_\_ PARALELO \_\_\_\_\_ GRUPO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

**TEMA:** Toma de datos en cada régimen de velocidad del motor.

#### **OBJETIVOS:**

1. Aprender acerca del funcionamiento total del tablero en la toma de datos prácticos.
2. Poder comparar los datos obtenidos con los teóricos que nos proporcionan los manuales.

#### **EQUIPOS UTILIZADOS:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **SECUENCIA DEL LABORATORIO:**

1. Revisar la presión de combustible en la línea de alimentación.
2. Arranque del motor.
3. Para su arranque se requiere un precalentamiento de los cilindros.
4. Con la llave en el switch gírela hacia la izquierda por un tiempo de 30 segundos para activar las bujías de precalentamiento.
5. Después de los 30 segundos invierta el giro de la llave para arrancar el motor.
6. No acelerar.
7. Esperar 5 minutos para su calentamiento.

8. Encendido del Tablero Principal.
9. Conecte el tomacorriente a una toma de 110 V corriente alterna.
10. Ponga en la posición ON el switch principal que se encuentra en el costado izquierdo del tablero.
11. El tablero empezará inmediatamente a dar valores de funcionamiento.
12. Puede comenzar la práctica.

**TABLA DE DATOS:**

RPM MOTOR	RPM TURBOCOMPRESOR	TEMPERATURA °C		PRESIÓN in Hg, psi		FLUJO dm <sup>3</sup>	
		Te	Ts	Pe	Pt	Fe	Fs
1000 rpm		Te		Pe		Fe	
		Ts		Ps			
		Tt		Pt		Fs	
		Tr		Pr			
1250 rpm		Te		Pe		Fe	
		Ts		Ps			
		Tt		Pt		Fs	
		Tr		Pr			
1500 rpm		Te		Pe		Fe	
		Ts		Ps			
		Tt		Pt		Fs	
		Tr		Pr			
1750 rpm		Te		Pe		Fe	
		Ts		Ps			
		Tt		Pt		Fs	
		Tr		Pr			
2000 rpm		Te		Pe		Fe	
		Ts		Ps			
		Tt		Pt		Fs	
		Tr		Pr			

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

---

---

---

---

---

---

---

**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

---

**RECOMENDACIONES:**

---

---

---

---

---

---

---

## **CUESTIONARIO:**

1. Qué es la difusión?
2. Qué e un flujo Crítico? Explique
3. En qué momento se produce un vórtice libre en la turbina? Explique
4. Qué es eficiencia volumétrica? Explique
5. Mediante un esquema explique como medir la presión estática y la presión total.
6. Explique la relación A/R de la turbina. Grafique.

## **VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la selección y adaptación de elementos de medición al turbocompresor del motor Isuzu, se determinaron parámetros de funcionamiento tales como: temperatura, presión, flujo y revoluciones por minuto que influyen directamente con el rendimiento del turbo sin importar el tipo de motor que lo lleve.
- Se identificaron aspectos importantes como el óptimo y correcto funcionamiento del motor para que el turbocompresor realice un rendimiento total y un buen desempeño.
- Considerando la poca información sobre los turbocompresores se ha diseñado un tablero con instrumentos de medición exclusivamente para la toma de mediciones de parámetros de funcionamiento para que en el futuro los estudiantes puedan elaborar prácticas en el laboratorio y así reforzar los conocimientos.
- Durante la elaboración del tablero para ver parámetros de funcionamiento del turbocompresor se seleccionaron instrumentos de medición garantizada y de gran calidad que permitan una correcta apreciación en el momento de realizar las prácticas.
- La elaboración de este proyecto permitirá la apertura de nuevas fronteras de estudio en cuanto a los turbocompresores, generando más oportunidades de trabajo para los estudiantes con un campo de acción más amplio.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- El adecuado inicio de la sesión de práctica permitirá que el sistema funcione correctamente y tenga un largo tiempo de duración.
- El acceso a las conexiones en la parte posterior del tablero deberá ser guiado por el instructor a cargo.
- No manipule los sensores de forma inadecuada colocados en el sistema de admisión y escape.
- Se recomienda especialmente revisar periódicamente la calibración del sensor inductivo en el turbocompresor ya que debido a las vibraciones podría levemente modificar su posición. El olvido de este chequeo podría ocasionar daños muy graves al turbocompresor.
- Toda práctica que se efectúe deberá ser supervisada por el instructor.



## ***BIBLIOGRAFÍA***

- VISÓROV B.A.: Manual de motores Diesel para tractores, Mir Moscú, 1986.
- ALLIED SIGNAL: Automotive, Fundamentos de sistemas de turbo cargadores de aire, Torrance , 1994
- GARRET: Manual de mantenimiento de turbocargadores, cuarta edición, Brasil, 1990.
- HUGH MACHINNES: Manual de turbocargadores, primera edición en español publicada por Prentice-Hall hispano América, 1994.
- MONJE J: Elaboración de un Banco de Pruebas Diesel Isuzu, Tesis, Latacunga, 2002
- [www.monografías.com](http://www.monografías.com)

ANEXOS

Latacunga, de diciembre del 2005

REALIZADO POR:

---

SANTIAGO D. PALOMINO A.  
AUTOR DEL PROYECTO

---

HARIRAM M. ONOFA D.  
AUTOR DEL PROYECTO

---

ING. JUAN CASTRO CLAVIJO  
DIRECTOR DE CARRERA

---

DR. EDUARDO VÁZQUEZ ALCÁZAR  
SECRETARIO ACADÉMICO