

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBA PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO Y LA VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS AVIONES MD-80**

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Granadillo B., Ronald E.

Para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Caracas, Octubre 2013

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBA PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO Y LA VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS**

### **AVIONES MD-80**

Tutor Académico: Prof. Juan García

Tutor Industrial: Ing. Sante Brucoli

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Granadillo B., Ronald E.

Para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Caracas, Octubre 2013

## DEDICATORIA

*A mis Padres, hermano y familia en general.*

## AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Central de Venezuela*, a la *Escuela de Ingeniería Mecánica y todos sus profesores*, por habernos formado profesionalmente.

Al *Ingeniero Sante Brucoli*, por su gran ayuda y por brindarme la oportunidad de realizar mis pasantías y proyecto de tesis en la empresa *Aeropostal-Alas de Venezuela*.

Al *Profesor Hans García*, por acceder a ser mi tutor académico y brindarme toda su ayuda y apoyo.

Al *Sr. Mauricio SAVEDRA*, por su gran apoyo y colaboración en la construcción del banco de prueba.

Al *personal del Taller de hidráulica, Laminado y Servicios generales* de la empresa Aeropostal por su valiosa ayuda durante el desarrollo del proyecto.

A todos mis *amigos y compañeros* de la Universidad.

**Granadillo B, Ronald E.**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBA PARA  
EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA  
REGULADORA DE FLUJO Y LA VÁLVULA DE CONTROL DE  
TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA DEL SISTEMA  
DE AIRE ACONDICIONADO DE LOS**

**AVIONES MD-80**

**Tutor académico:** Prof. Juan García, **Tutor industrial:** Ing. Sante Brucoli. Trabajo especial de grado. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013, 98 páginas.

**Palabras clave:** Aire acondicionado, MD-80, Aeropostal, Instrumentación.

**RESUMEN**

La empresa Aeropostal Alas de Venezuela requería la construcción de un banco de pruebas destinado a evaluar el funcionamiento y detectar posibles fallas en la Válvula reguladora de flujo (“Flow control valve”) y Válvula de control de temperatura del separador de agua (“Water separator temperature control valve”) pertenecientes al sistema de aire acondicionado de los aviones MD-80 de la flota. Para lograr esto, el fabricante de las válvulas (Honeywell) propone la realización de 5 pruebas para la válvula de control de temperatura del separador de agua y 8 pruebas para la válvula reguladora de flujo en un banco de pruebas capacitado. Este trabajo especial de grado tuvo como objetivo la construcción de un banco de prueba capaz de realizar dichos ensayos para que el Taller de accesorios neumáticos e hidráulicos de la empresa reciba la autorización por parte del INAC de agregar y mantener ambas válvulas en la lista de capacidades de dicho taller. El banco de prueba cuenta con instrumentos para medir presiones positivas y negativas, flujo, válvulas de cierre y tuberías de 5/16, 3/8 y 3 pulgadas de diámetro como indican los manuales proporcionados por la empresa Honeywell.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
NOMENCLATURA .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I: PROBLEMA EN ESTUDIO .....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. ANTECEDENTES .....	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. BREVE RESEÑA HISTORICA DEL AVIÓN MD-80.....	6
2.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL AVIÓN MD-80.....	7
2.2.1. Descripción .....	7
2.2.2. Operación.....	15
2.3. VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA .....	25
2.3.1. Descripción .....	25
2.3.2. Operación.....	28
2.4. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO.....	30
2.4.1. Descripción .....	30
2.4.2. Operación.....	33
2.5. CÁLCULO DE FLUJO CON UN TUBO VENTURI .....	34

CAPITULO III: BANCO DE PRUEBA PROPUESTO POR EL FABRICANTE ....	35
3.1. VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA .....	35
3.1.1. Prueba de fuga en el Puerto (Port Leakage Test).....	36
3.1.2. Prueba de fuga en la carcasa (Case Leakage Test) .....	37
3.1.3. Prueba de presión de abertura (Check Crack Pressure).....	39
3.1.4. Prueba de posicionamiento (Perform Position Check) .....	40
3.1.5. Prueba de amortiguación (Damping Test).....	40
3.2. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO.....	43
3.2.1. Chequeo de la válvula de detección de presión (Check pressure sensing valve) .....	46
3.2.2. Prueba de fuga en el Puerto (Check port leakage ).....	47
3.2.3. Calibración de control de flujo de la válvula (Calibrate control valve airflow).....	48
3.2.4. Prueba de ciclo (Perform cycle test) .....	48
3.2.5. Prueba de funcionalidad (Perform functional test).....	49
3.2.6. Repetición de prueba de fuga en el Puerto (Recheck port leakage). .....	50
3.2.7. Prueba de presión mínima de operación (Check minimum operating pressure).....	51
3.2.8. Prueba de fuga en la carcasa (Check case leakage).....	52
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBA .....	56
4.1. DISEÑO .....	56
4.2. INSTRUMENTOS .....	59
4.3. CONSTRUCCIÓN .....	63
4.4. ACCESORIOS .....	67

CAPÍTULO V: MANUAL OPERATIVO.....	71
5.1. VÁLVULA REGULADORA DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA .....	72
5.1.1. Prueba de fuga en el Puerto (Port Leakage Test).....	73
5.1.2. Prueba de fuga en la carcasa (Case Leakage Test) .....	73
5.1.3. Prueba de presión de abertura (Check Crack Pressure).....	75
5.1.4. Prueba de posicionamiento (Perform Position Check) .....	76
5.1.5. Prueba de amortiguación (Damping Test).....	77
5.2. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO.....	78
5.2.1. Chequeo de la válvula de detección de presión (Check pressure sensing valve) .....	79
5.2.2. Chequee fuga en el Puerto (Check port leakage ).....	79
5.2.3. Repetir prueba de fuga en el Puerto (Recheck port leakage).....	80
5.2.4. Chequee presión mínima de operación (Check minimum operating pressure).....	81
5.2.5. Chequee fuga en la carcasa (Check case leakage).....	82
SINTESIS Y CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES .....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Avión MD-80 Aeropostal YV445T.....	6
Figura 2. Áreas presurizadas .....	12
Figura 3. Ubicación de componentes del sistema de aire acondicionado / Entre nariz y cola del avión .....	13
Figura 4. Ubicación de componentes del sistema de aire acondicionado / Cola del avión.....	14
Figura 5. Sistema de Aire acondicionado / Paquete derecho .....	19
Figura 6. Fuente de presión de aire acondicionado / Operación .....	20
Figura 7. Cierre de suministro de presión del paquete de aire acondicionado.....	21
Figura 8. Ventilador de refrigeración del intercambiador de calor / Operación .....	22
Figura 9. Fuente de alta presión .....	23
Figura 10. Presión de control de la cabina / Operación analógica del sistema .....	24
Figura 11. Válvula de control de temperatura del separador de agua.....	26
Figura 12. Esquema de la válvula de control de temperatura del separador de agua .	28
Figura 13. Subconjuntos de la válvula reguladora de flujo.....	31
Figura 14. Flow control valve .....	32
Figura 15. Banco de prueba propuesto para medición de fuga en el puerto y carcasa de la válvula .....	35
Figura 16. Banco de prueba para control de presión.....	38
Figura 17. IPL Válvula de control de temperatura del separador de agua.....	42
Figura 18. Banco de prueba para la válvula reguladora de flujo .....	44
Figura 19. IPL Válvula reguladora de flujo .....	53
Figura 20. IPL 2 Válvula reguladora de flujo .....	54

Figura 21. IPL 3 Válvula reguladora de flujo .....	55
Figura 22. Diseño CAD del banco de prueba con panel superior incluido.....	56
Figura 23. Medidas de las caras laterales del panel frontal (medidas en cm).....	56
Figura 24. Numeración de Instrumentos y conectores banco de prueba.....	57
Figura 25. Conjunto de tuberías internas del panel frontal .....	58
Figura 26. Manómetro de pulgadas de mercurio ( ITT Barton).....	59
Figura 27. Manómetro de pulgadas de agua (ITT Barton).....	59
Figura 28. Manómetro Ashcroft 0-60 psi.....	60
Figura 29. Manómetro Ashcroft 0-100 psi.....	60
Figura 30. Medidor de flujo Matheson .....	61
Figura 31. Medidor de Flujo Dwyer VFB.....	62
Figura 32. Mesa base para banco de prueba. ....	63
Figura 33. Foto lateral mesa base para banco de prueba.....	63
Figura 34. Mesa base del banco de prueba repintada.....	64
Figura 35. Mesa base del banco de prueba reacondicionada .....	64
Figura 36. Foto trasera de la mesa base del banco de prueba reacondicionada .....	65
Figura 37. Banco de prueba sin instrumentos .....	65
Figura 38. Banco de prueba con instrumentos instalados .....	66
Figura 39. Conexión de los instrumentos en el banco de prueba.....	66
Figura 40. Tubo Venturi.....	67
Figura 41. Accesorio 1 para evaluar Válvula de control de temperatura del separador de agua .....	67
Figura 42. Accesorio 2 para evaluar Válvula de control de temperatura del separador de agua .....	68
Figura 43. Tacos de madera .....	69

Figura 44. Mesa de soporte del generador de vacío.....	70
Figura 45. Generador de vacío .....	70
Figura 46. Banco de prueba en funcionamiento.....	71
Figura 47. Numeración de Instrumentos y Conectores del panel del banco de pruebas .....	71
Figura 48. Montaje de prueba 1 de la válvula reguladora de temperatura del separador de agua .....	72
Figura 49. Montaje de prueba 2 de la válvula reguladora de temperatura del separador de agua .....	75
Figura 50. Montaje 1 para la válvula reguladora de flujo .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos principales de la válvula de control de temperatura del separador de agua .....	25
Tabla 2. Especificaciones principales de la válvula reguladora de flujo .....	30
Tabla 3. Partes del banco de prueba de la Figura 15.....	35
Tabla 4. Partes del banco de prueba propuesto en la Figura 16.....	38
Tabla 5. Partes del banco de prueba de la Figura 18.....	44
Tabla 6. Identificación de los conectores presentes en el panel frontal .....	57
Tabla 7. Identificación de partes mencionadas en la Figura 25 .....	58
Tabla 8. Rango de medida según el gas de trabajo .....	61
Tabla 9. Identificación de partes Figura 48.....	72
Tabla 10. Identificación de partes Figura 49.....	75
Tabla 11. Identificación de partes Figura 50.....	78

## NOMENCLATURA

CAD	Diseño asistido por computadora (Computer-aided design)
IPL	Lista de partes ilustradas (Illustrated parts list)
DC	Corriente continua
NPT	Rosca estadounidense cónica para tubos
UNF	Rosca de paso fino
INAC	Instituto Nacional de Aeronáutica Civil

## UNIDADES

Lb	Libra (Masa)
Kg	Kilogramo (Masa)
Psig/Psi	Libra por pulgada cuadrada (Presión manométrica)
Psia	Libra por pulgada cuadrada (Presión absoluta)
inHg	Pulgada de Mercurio (Presión)
inH <sub>2</sub> O	Pulgada de Agua (Presión)
SCFM	Pie cúbico por minuto estándar (Flujo volumétrico)
SLPM	Litro por minuto estándar (Flujo volumétrico)
Lb/min	Libra por minuto (Flujo másico)
KPA	Kilopascal (Fuerza)
In	Pulgada (Longitud)
Cm	Centímetro (Longitud)
m	Metro (Longitud)
°C	Grados Celcius (Temperatura)
°F	Grados Farenheit (Temperatura)
V	Velocidad

## ABREVIATURAS

Pulg.	Pulgada
Max.	Máximo
Min.	Mínimo
Volts.	Voltios
Amps.	Amperios

## INTRODUCCIÓN

Para las diferentes aerolíneas sin importar la magnitud de su flota, el mayor porcentaje de sus gastos se deriva del mantenimiento de sus aviones, no solo por lo costoso de los repuestos y equipos necesarios, sino por el pago de salarios y capacitación que deben invertir en todo el personal que interviene en el mantenimiento de las aeronaves. Por la importancia que tiene la seguridad aeronáutica, el mantenimiento aeronáutico está sujeto a cumplir una gran cantidad de leyes y normas. Para poder realizar mantenimiento a cualquier componente del avión, se debe estar autorizado por la autoridad aeronáutica competente, en el caso de Venezuela es el INAC (Instituto Nacional de Aeronáutica Civil). En las aerolíneas, constantemente se evalúa si resulta viable económicamente capacitar al personal y adquirir los equipos necesarios para realizar algún tipo de mantenimiento en particular a la aeronave, o si por el contrario conviene hacer uso del outsourcing.

Actualmente, por las dificultades que representa la adquisición de divisas se ha tornado engorroso depender excesivamente de talleres aeronáuticos en el extranjero para el mantenimiento de las aeronaves, por lo tanto la empresa Aeropostal-Alas de Venezuela hace lo posible por estar certificada para realizar el mantenimiento adecuado a la mayor cantidad de componentes de los aviones DC-9/MD-80 que conforman la totalidad de su flota. Por ello surgió la necesidad de incluir válvulas pertenecientes al sistema de aire acondicionado de los aviones en el listado de capacidades de la aerolínea. Específicamente, se desea incluir en dicho listado la válvula reguladora de flujo y la válvula de control de temperatura del separador de agua. Las cuales, del conjunto de válvulas que intervienen en el sistema de aire acondicionado son las que han presentado mayor cantidad de fallas en el año 2012, según el informe de confiabilidad operacional emitido por el Departamento de Control de calidad de la empresa.

Para el mantenimiento de ambas válvulas el fabricante (Honeywell) propone realizar una serie de pruebas a cada una de ellas para detectar las posibles fallas y así

aplicar la reparación correspondiente. Para realizar estas pruebas es necesario la construcción de un banco de prueba que cumpla con las exigencias del fabricante y ese representa el objetivo principal de este trabajo especial de grado.

En el presente trabajo se explica el funcionamiento del sistema de aire acondicionado de los aviones MD-80, el funcionamiento de las válvulas antes mencionadas, el banco de prueba y ensayos que propone el fabricante. Y por último, se muestran todos los pasos que se siguieron para el diseño y construcción del banco de prueba, así como el manual operativo que nos muestra cómo realizar cada una de las pruebas requeridas por el fabricante en el banco de prueba construido.

## **CAPITULO I: PROBLEMA EN ESTUDIO**

En este capítulo se presentan el problema en estudio, antecedentes y objetivos del presente trabajo especial de grado.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Aeropostal Alas de Venezuela requiere la construcción de un banco de pruebas destinado a evaluar el funcionamiento y detectar posibles fallas en la Válvula reguladora de flujo (“Flow control valve”) y la Válvula de control de temperatura del separador de agua (“Water separator temperature control valve”) pertenecientes al sistema de aire acondicionado de los aviones MD-80 de la flota. Para lograr esto, el fabricante de las válvulas (Honeywell) propone la realización de 5 pruebas para la válvula de control de temperatura del separador de agua y 8 pruebas para la válvula reguladora de flujo en un banco de pruebas capacitado. Dicho banco de prueba pertenecerá al Departamento de hidráulica de la empresa y será el primer paso para recibir la autorización por parte del INAC de agregar y mantener ambas válvulas en la lista de capacidades de dicho taller en un futuro.

El banco de prueba contará con instrumentos para medir presiones positivas y negativas, flujo, válvulas de cierre y tuberías de 5/16, 3/8 y 3 pulgadas de diámetro como indican los manuales proporcionados por la empresa Honeywell quienes son los fabricantes de ambas válvulas.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Los McDonnell Douglas MD-80 son una serie de aviones de pasajeros de corto y mediano alcance fabricados por la empresa McDonnell Douglas durante el período 1979-1999. Fueron desarrollados a partir del Douglas DC-9 específicamente para alcanzar las necesidades de operadores de rutas de corto y medio alcance que requerían un avión de mayor capacidad. A lo largo de la historia, los aviones de la serie DC-9 y MD-80 han sido el pilar de la flota de aviones de la empresa Aeropostal alas de Venezuela, actualmente, poseen cuatro aviones MD-80 y esperan la llegada de al menos dos más en los próximos meses.

La empresa Aeropostal se encuentra entre las más capacitadas del país para realizar mantenimiento a los aviones MD-80 ya que cuentan con más de treinta años de experiencia en el mantenimiento de estas aeronaves. Sin embargo, el chequeo de algunos componentes se ha realizado siempre en el exterior (Estados Unidos generalmente). La Válvula de control de temperatura del separador de agua (water separator temperature control valve) perteneciente al sistema de aire acondicionado del avión, siempre que presenta alguna falla es enviada a talleres capacitados en los Estados Unidos para su revisión y reparación. Es por ello, que la empresa desea equipar a su taller de accesorios neumáticos e hidráulicos, con un banco de pruebas capacitado para examinar el funcionamiento de esta válvula y extenderlo a la Válvula reguladora de flujo (flow control valve ) que también pertenece al sistema de aire acondicionado del avión. A esta última sí se le han aplicado reparaciones menores en el taller, sin embargo, tampoco se cuenta con un banco de prueba apropiado para la misma.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar y construir un banco de prueba que permita evaluar la Válvula reguladora de flujo (Flow control valve) y la Válvula de control de temperatura del separador de agua (Water separator temperature control valve) de los aviones MD-80 siguiendo las indicaciones del manual proporcionado por el fabricante para cada una de las válvulas, la empresa Honeywell.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la construcción y funcionamiento del banco de pruebas propuesto por el fabricante (Honeywell) para cada una de las válvulas.
- Seleccionar y recolectar los instrumentos y materiales de construcción necesarios para la construcción del banco de pruebas.
- Elaborar diseño CAD (Diseño asistido por computadora) y planos de construcción.
- Acondicionar una mesa perteneciente al departamento de hidráulica de la empresa para servir de base para el banco de pruebas.
- Instalar instrumentos, tuberías y accesorios a la mesa ya acondicionada.
- Realizar ensayos en el banco de prueba para comprobar funcionamiento.
- Redactar el manual operativo del banco de pruebas.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el marco teórico que acompaña el desarrollo del proyecto.

### 2.1. BREVE RESEÑA HISTORICA DEL AVIÓN MD-80

Los McDonnell Douglas MD-80 son una serie aviones de pasajeros de corto y medio alcance fabricados por la empresa McDonnell Douglas. La serie incluye los modelos MD-81, MD-82, MD-83, MD-87 y MD-88. Fueron desarrollados a partir del Douglas DC-9 específicamente para alcanzar las necesidades de operadores de rutas de corto y medio alcance que requerían un avión de mayor capacidad. El diseño básico fue modificado para ofrecer mayor economía en la operación, reducir el consumo de combustible y tener motores mucho más silenciosos. El avión tiene una capacidad de cinco asientos por fila en clase turista, para un total de pasajeros que varía entre 130 y 172 dependiendo de la versión del avión y las peticiones de las distintas aerolíneas. El McDonnell Douglas MD-80, es parte de la familia de los DC-9, de los cuales forman parte los McDonnell Douglas MD-90 y el MD-95 mejor conocido como Boeing 717, a partir de la absorción por parte de Boeing en 1997.

La familia DC-9 es uno de los aviones de pasajeros de más éxito en el mundo, ocupa el tercer lugar con más de 2.400 unidades producidas, detrás de la familia Airbus A320, con más de 4000 unidades, y del Boeing 737 que ocupa el primer lugar con más de 7.000 aviones producidos.



Figura 1. Avión MD-80 Aeropostal YV445T

## **2.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL AVIÓN MD-80**

### **2.2.1. Descripción**

- A. El avión tiene dos sistemas de aire acondicionado idénticos, diseñados para funcionar de forma independiente o en paralelo para suministrar aire acondicionado, frío y presurizado a un volumen y presión controlada. Normalmente, el sistema derecho opera con el sangrado de aire del motor derecho y se encarga de suministrar lo requerido por el compartimiento de pasajeros. El sistema izquierdo opera con el sangrado de aire del motor izquierdo y suministra lo requerido por el compartimiento de vuelo. Cualquier sistema puede satisfacer las necesidades de ambos compartimentos.
  
- B. Los compartimentos de vuelo y de pasajeros o compartimento de pasajeros / carga, según sea el caso, son las únicas áreas abastecidas directamente con aire presurizado, acondicionado y frío. Las áreas presurizadas y la ubicación de los compartimentos se muestran en la Figura 2. El compartimiento de carga delantero inferior, es calentado por el aire proveniente del compartimiento eléctrico/electrónico. El compartimiento medio inferior de carga es calentado por un ventilador eléctrico que se encuentra en un conducto que extrae el aire de la galería de servicios izquierda. El calentamiento se lleva a cabo por el aire que fluye a través del espacio entre el piso del compartimiento de carga y el aislamiento de la piel avión. No hay flujo de aire continuo a través de los compartimentos de carga. Válvulas de compensación de presión están instaladas en el techo de cada compartimiento de carga para mantener la presión dentro de los compartimentos igual al de los pasajeros.
  
- C. El sangrado de aire es suministrado por el compresor de baja presión del motor (8va etapa) o de alta presión (13era etapa), dependiendo de la

configuración de potencia del motor y las exigencias de la alimentación neumática. Cuando sea necesario, se podrá controlar manualmente las válvulas de alimentación cruzada, ubicadas en los conductos de alimentación neumática, esto permitirá purgar el aire del motor para abastecer las necesidades de ambos sistemas de aire acondicionado. Uno o ambos sistemas de aire acondicionado pueden ser operados mediante el suministro de presión neumática caliente y de energía eléctrica a partir de la APU (unidad de potencia auxiliar) en el avión, o desde un suministro neumático de tierra conectado al colector neumático y la potencia eléctrica aplicada a la toma de corriente externa.

D. Aunque cada sistema de aire acondicionado suministra aire presurizado, acondicionado y frío cuando el sistema de aire acondicionado está encendido, cada función del sistema es controlado y supervisado por subsistemas independientes. Para separar estas funciones, el aire acondicionado se divide en distribución, control de presurización, de refrigeración y de temperatura. La Figura 3 y la Figura 4 muestran las ubicaciones de los componentes principales para todo el sistema de aire acondicionado.

E. Distribución:

(1) El aire acondicionado de ambos sistemas es dirigido hacia un distribuidor principal único. El aire del compartimiento de vuelo es conducido directamente a ese compartimiento para su distribución a través de varios puntos de salida. El aire del compartimiento de pasajeros es dirigido desde la alimentación principal para ser distribuido en todo el compartimiento. El aire entra en la cabina por parrillas ubicadas a los lados. El aire frío es dirigido a salidas individuales encima de cada asiento de pasajeros, y a salidas en el compartimiento de vuelo, la cocina y baños.

## F. Control de presurización:

- (1) El control de presurización requiere únicamente la selección de la altitud correspondiente al campo de aterrizaje previsto. Durante todas las fases de vuelo, la altitud de la cabina está programada para proporcionar una tasa mínima necesaria para ofrecer comodidad a los pasajeros al tiempo que limita la presión diferencial máxima por razones estructurales. La presión diferencial máxima alcanzada durante la operación normal de vuelo es de 7,77 psi (53,61 kPa). La tasa de cambio de altitud de la cabina se limita a 700 pies por minuto (213,36 metros por minuto) durante el ascenso y a 300 pies por minuto (91,44 metros por minuto) en el descenso. Este es un límite establecido pero puede ser incrementado. El control normal no es de esta válvula límite pero es controlado automáticamente a una tasa mínima requerida por las condiciones de vuelo.
- (2) Las válvulas de salida de aire de la cabina proporcionan presurización a la cabina controlando la zona a través de la cual el aire de cabina es expulsado al ambiente. La presurización durante el vuelo normal es automática, pero la rueda de control, situado en el pedestal de control, se proporciona para controlar manualmente la presurización de la cabina cuando sea necesario. El indicador de posición, que se encuentra a la derecha de la rueda de control se moverá al mismo tiempo para indicar la posición de las válvulas de salida.
- (3) Dos válvulas de seguridad de presión en la cabina evitan que la presión diferencial de la cabina a la atmósfera exceda 8,27 psi (57,06 kPa). Paneles Blowout protegen los compartimentos de la cabina contra el daño estructural resultante de las cargas desarrolladas como resultado de una descompresión rápida. Se proporciona una válvula de alivio de

presión negativa para evitar una presión negativa en la cabina, alcanzable durante un rápido descenso después de una descompresión.

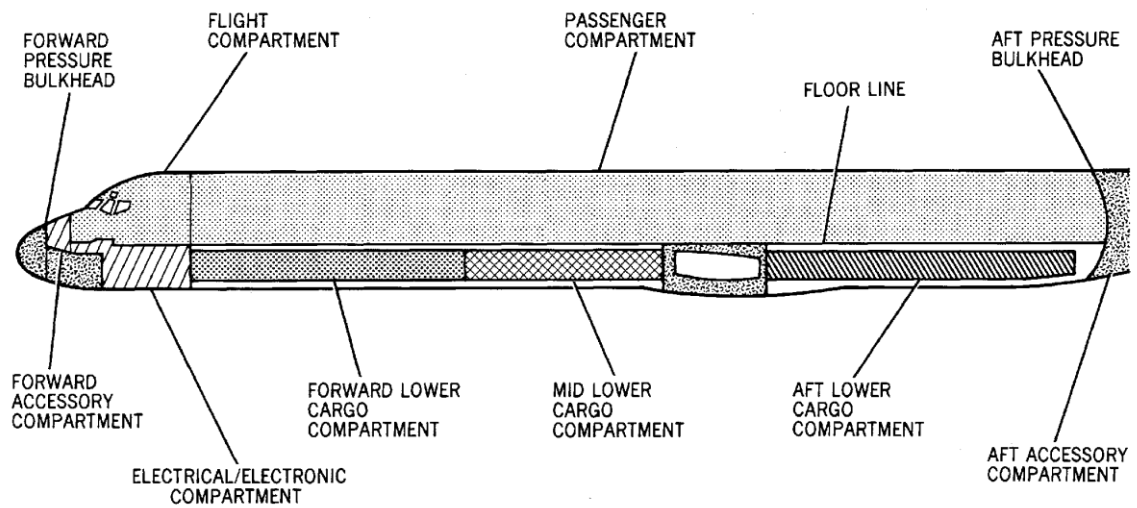
## G. Enfriamiento

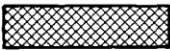
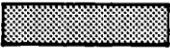




- (1) El aire frío es producido por el paso de aire proveniente del sangrado del motor a través del intercambiador de calor primario, la turbina de enfriamiento (ACM) y el intercambiador de calor secundario. El drenaje de agua de los separadores de agua se rocía sobre la cara del intercambiador de calor secundario, cuando esté disponible, para aumentar la eficacia de enfriamiento. El aire de refrigeración para los intercambiadores de calor es proporcionado por el conducto ram air durante el vuelo, y por el intercambiador de calor en forma de ventilador para la refrigeración del aire (heat exchanger cooling fan air) en el suelo. Un bloqueo neumático, en forma de un interruptor de presión en la válvula de control de flujo impide el flujo de purga de aire en caso de que el intercambiador de calor de refrigeración no esté disponible. Para proporcionar aire frío en tierra, un arreglo de inyector split se incorpora en la turbina de refrigeración. En algunos aviones, un sistema de restricción de aire ram reduce el flujo de aire de escape desde el conducto de escape ram. El sistema impide que el sangrado de aire se congele reduciendo el flujo de aire de enfriamiento sobre el intercambiador de calor.
  
- (2) El equipo de radio es enfriado por aire de escape del compartimiento de vuelo. Durante operación en tierra, tanto los fans primarios como de respaldo estarán operando, y durante el vuelo salvo selección de la tripulación sólo el ventilador principal empuja el flujo de aire. El ventilador de respaldo, durante el vuelo, sirve como refuerzo en caso de un fallo del ventilador principal. Si se requiere el funcionamiento

del ventilador principal y la subida de presión a través de él es deficiente, el ventilador de respaldo se encenderá automáticamente. Se encenderá una luz indicadora en el compartimiento eléctrico/electrónico si falla el ventilador de respaldo. El indicador “Radio fan off” se encenderá si ambos ventiladores fallan.

#### H. Control de temperatura

- (1) El control de temperatura mantiene, ya sea manual o automáticamente, una temperatura seleccionada para el compartimiento de vuelo o de pasajeros. En el compartimiento de pasajeros y de vuelo los sistemas de control de temperatura son mecánica y eléctricamente independientes, y pueden mantener la temperatura en un compartimiento, independientemente de la temperatura en el otro. Dos conjuntos de controles e indicadores en el panel de interruptores delantero, proporcionan un monitoreo y control automático o manual de cada sistema.



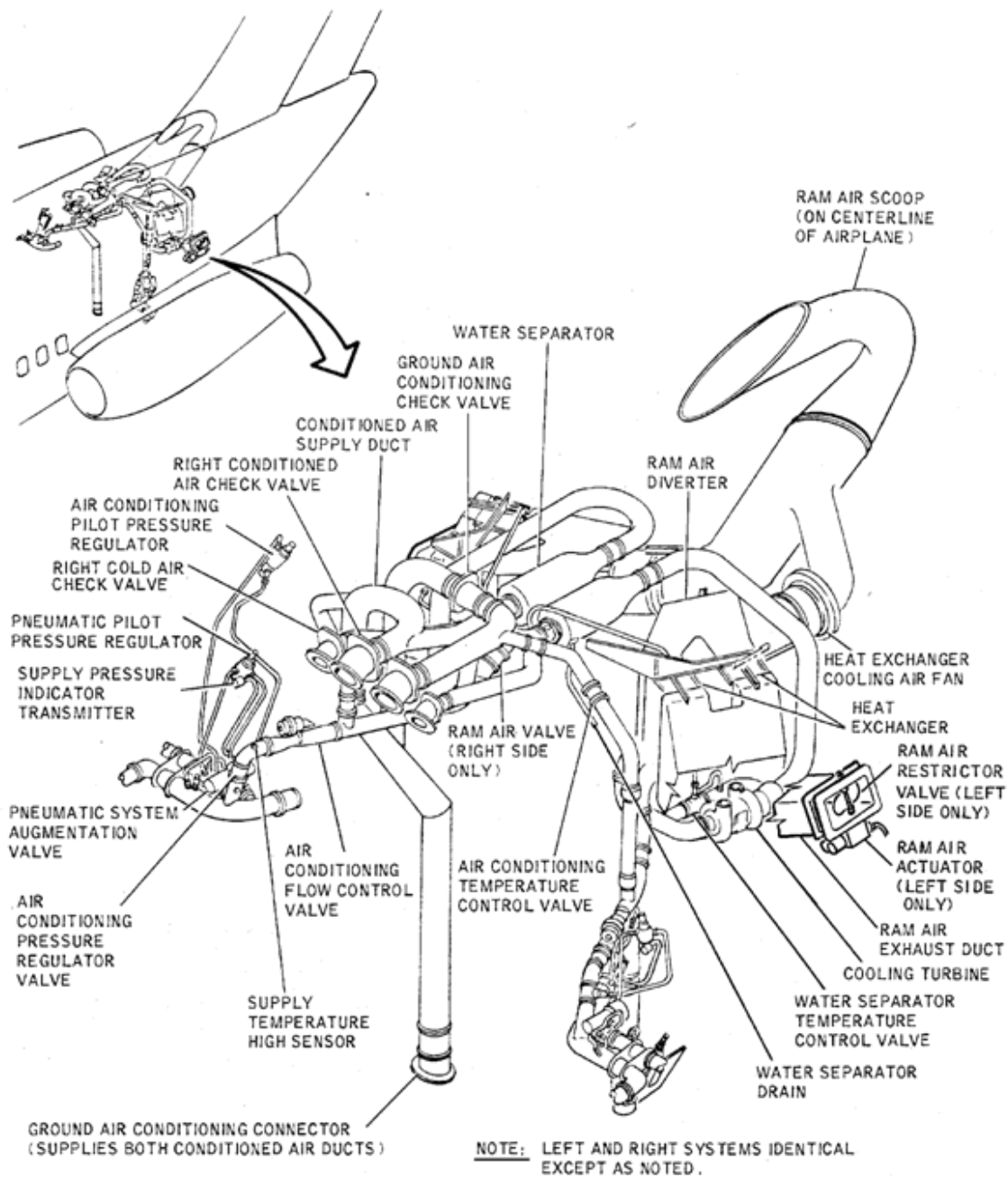
- 
 PRESSURIZED BY INTERMITTENT ACTION OF CARGO COMPARTMENT PRESSURE EQUALIZATION VALVES. HEATED BY PASSENGER COMPARTMENT EXHAUST AIR DUCTED THROUGH FLOOR. NO TEMPERATURE CONTROL.
- 
 PRESSURIZED ACTION OF CARGO COMPARTMENT PRESSURE EQUALIZATION VALVES. MAY BE HEATED BY RADIO RACK EXHAUST AIR DUCTED THROUGH FLOOR. ADDITIONAL HEAT IF REQUIRED, PROVIDED BY FORWARD CARGO COMPARTMENT HEATER.
- 
 PRESSURIZED BY AIR EXHAUSTED FROM FLIGHT COMPARTMENT. NO TEMPERATURE CONTROL.
- 
 PRESSURED BY AIR EXHAUSTED FROM CABIN COMPARTMENT. NO TEMPERATURE CONTROL.
- 
 PRESSURIZED AND AIR CONDITIONED BY AIR CONDITIONING SYSTEMS.
- 
 UNPRESSURIZED.

BBB2-21-91A

**Figura 2. Áreas presurizadas**

**(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 3)**





BBB2-21-143

Figura 4. Ubicación de componentes del sistema de aire acondicionado / Cola del avión

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 5)

### 2.2.2. Operación

- A. Los sistemas de aire acondicionado izquierdo y derecho funcionan idénticamente, por lo tanto, en la Figura 5 se muestra sólo el sistema del lado derecho. Aire de calidad respirable a presión adecuada y aire de enfriamiento en los intercambiadores de calor, deben estar disponibles para que el sistema funcione. Cuando el sistema de aire acondicionado está encendido, las válvulas reguladoras de presión y de flujo (the pressure regulator and the flow control valves) permiten la entrada de una cantidad controlada de aire proveniente del sangrado del motor para fluir en el sistema.
  
- B. Este flujo de aire para ser enfriado se dirige al intercambiador de calor primario (primary heat exchanger) donde se baja la temperatura y se pasa a la sección del compresor de la turbina de refrigeración (cooling turbine). La presión y temperatura del aire son elevadas por el compresor. Luego se dirige el flujo de aire hacia el intercambiador de calor secundario, donde la temperatura se baja de nuevo, pero la presión se mantiene alta. Cuando el aire pasa a través de la rueda de la turbina, la presión y temperatura del aire disminuye.
  
- C. El separador de agua elimina la humedad excesiva del aire y evita la descarga de agua por las salidas del aire acondicionado. Cuando empieza la formación de hielo en el separador de agua, la baja presión abre la válvula de control de temperatura del separador de agua (water separator temperature control valve) permitiendo el paso de aire caliente proveniente del primer intercambiador de calor, para incrementar la temperatura del aire de salida de la turbina de enfriamiento. Durante el vuelo, con un sistema de aire acondicionado apagado y motores en ralentí, el solenoide de sesgo de altitud (the altitude bias

solenoid) abre la válvula para que el aire evite la turbina y así satisfacer las demandas de presión de la cabina.

- D. Los intercambiadores de calor son enfriados por aire externo que ingresa por el conducto “ram air” durante el vuelo, o por un ventilador (heat exchanger cooling fan) durante operaciones en tierra. Los ductos de entrada de aire externo son cerrados cuando no están en uso. En el sistema derecho existe una válvula que permite el paso de flujo de aire (ram air valve) proveniente del exterior o del ventilador, hacia los ductos de distribución de aire acondicionado con propósitos de ventilación, cuando el sistema de aire acondicionado está inoperativo. (Figura 6)
- E. El switch de suministro de aire acondicionado energiza el solenoide de la válvula augmentation y des-energiza los solenoides de las válvulas reguladoras de presión y de flujo (flow control and pressure regulator valves) para permitir un flujo de aire controlado en el sistema de aire acondicionado. Es importante resaltar que el solenoide de la válvula reguladora de presión y de flujo está siempre energizado cuando el switch de suministro de aire acondicionado está apagado. (Figura 6)
- F. Para proteger a la turbina de enfriamiento a temperaturas muy elevadas, un interruptor térmico a la descarga del compresor se cierra cuando las temperaturas en el conducto de descarga del compresor exceden aproximadamente 450 grados Fahrenheit (232,2 grados centígrados), o 420 grados Fahrenheit (215,5 grados centígrados) y el interruptor térmico de la entrada de la turbina se cierra cuando las temperaturas en el conducto de entrada de la turbina exceden 235 grados Fahrenheit (112,8 grados centígrados).
- G. Para proteger el compartimento de pasajeros y de vuelo de temperaturas elevadas, un interruptor térmico de apagado del sistema ubicado en el

conducto de suministro principal de aire acondicionado, se cierra cuando las temperaturas superan los 190 grados Fahrenheit (87,8°C). Un circuito de parada se proporciona para mejorar el performance del avión durante un despegue con un solo motor. Este circuito es energizado por el interruptor de apagado automático del aire acondicionado antes del despegue y desactivado de forma automática cuando se alcanza una altitud de aproximadamente 3.000 pies (914,4 metros) por encima de la altitud de campo de despegue. Dos interruptores de presión diferencial se conectan mediante líneas de detección de conductos de aire de purga de alta presión de ambos motores. Si cualquiera de los motores se corta durante el ascenso, ambos sistemas de aire acondicionado se cortan cuando el diferencial de presión entre la cabina y el ambiente es de aproximadamente 1,3 psig o menos. Estos circuitos de apagado funcionan para energizar las válvulas reguladoras de presión y de flujo y cerrar el suministro de presión. (Figura 6 y Figura 7)

- H. Cuando se selecciona el interruptor de la fuente de aire acondicionado para la purga de aire de alta presión fuera de posición, el circuito de relé de control del ventilador que refrigera el intercambiador de calor, se activa a través del relé de control en tierra. Los contactos de los relés de control en tierra de este circuito están cerrados cuando el avión está en el suelo, energizar el relé de control del ventilador para proporcionar 115-voltios de corriente alterna al ventilador de aire de refrigeración del intercambiador de calor. (Figura 8).
- I. Cuando se coloca el interruptor de suministro de aire acondicionado en posición automático, el circuito del ventilador de aire de refrigeración sigue estando armado y el solenoide de la válvula augmentation se energiza. A continuación se suministra aire purgado de alta presión, por la válvula augmentation según la demanda neumática. (Figura 9)

J. Las demandas del sistema de control de presurización se establecen y controlan desde el selector de presión de la cabina. La altitud de cabina y los requisitos de tasa de subida de cabina son fijados por el selector de la altitud de aterrizaje y las perillas del selector de velocidad límite respectivamente. Condiciones barométricas locales se establecen mediante el botón de corrección barométrica de aterrizaje. La presión dentro de la cabina se mantiene controlando la abertura de la válvula de salida de aire de la cabina (cabin air outflow valve).

Se proporciona un sistema de control de presión idéntico de respaldo automático en caso de fallo del sistema principal. Este sistema de reserva puede iniciarse desde el selector de modo o podrá activarse automáticamente si se produce un fallo. En cualquier caso, se le indica a la tripulación sobre el estado del sistema automático. Se incluye además un manual sobre el control de la posición de la válvula de salida de flujo (outflow valve), en el pedestal del compartimiento de vuelo. Cuando se coloca la palanca de control ubicada en la cabina, en posición manual (abajo), el sistema automático es desenergizado. Para cambiar la posición de las válvulas de salida de flujo (outflow valves), oprima la rueda de control y gire en la dirección deseada. El indicador de posición se mueve al mismo tiempo para indicar la posición de la válvula de salida de flujo (outflow valves), Una luz indicadora de baja presión en la cabina se enciende si la presión excede aproximadamente 10.000 pies (3048 metros) de altitud. (Figura 10)

K. Las temperaturas de los compartimientos de vuelo y de pasajero o compartimientos de pasajeros/carga, según el caso, se establecen y controlan desde los selectores de temperatura en la sección de acondicionamiento de aire del panel de interruptores superior ubicado en la cabina. Las temperaturas para cada compartimiento se seleccionan individualmente.

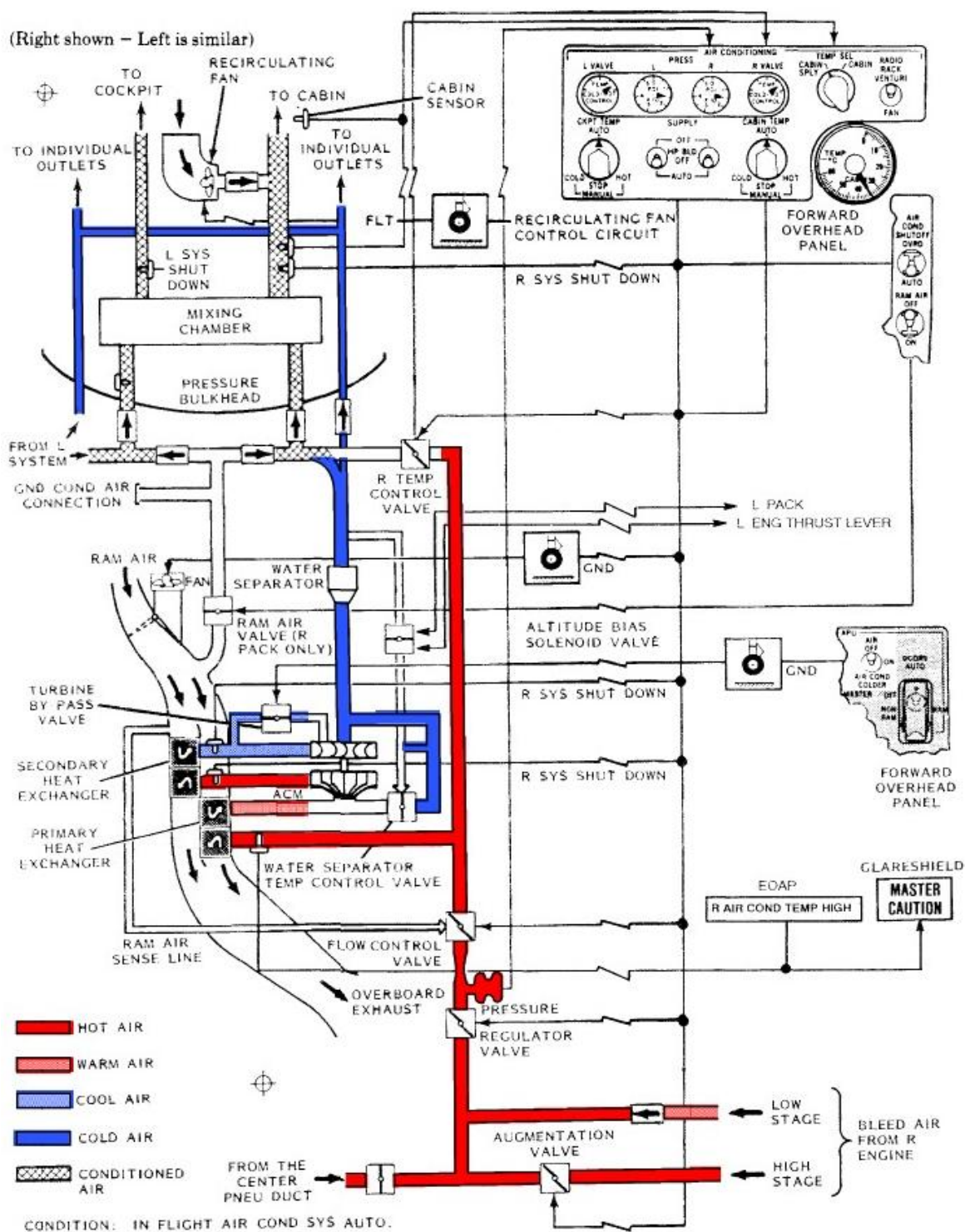


Figura 5. Sistema de Aire acondicionado / Paquete derecho

(Fuente: Alitalia (2009), *Operations Manual MD-80 Volume I, Part B*. Pag:16)

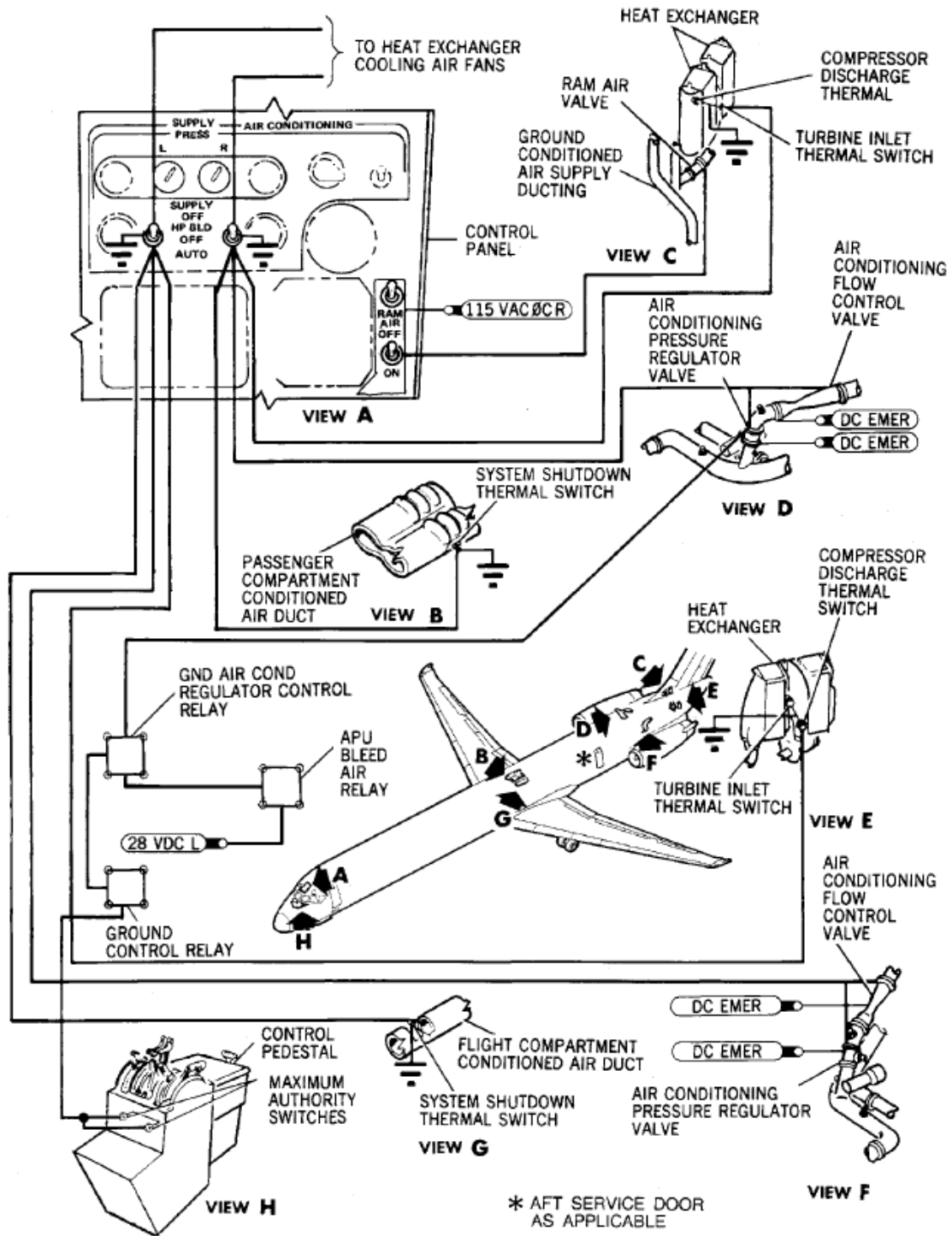


Figura 6. Fuente de presión de aire acondicionado / Operación

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 9)

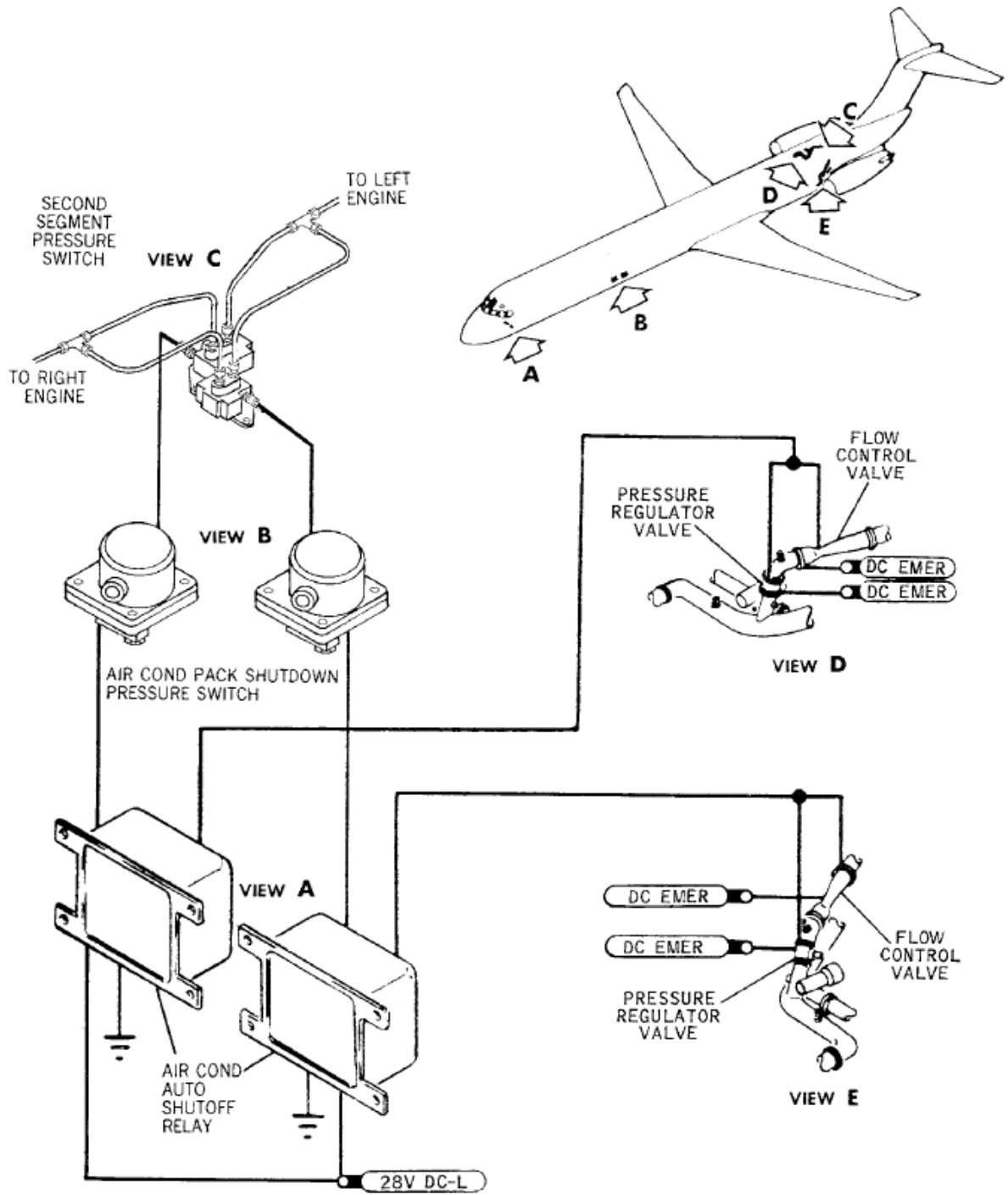


Figura 7. Cierre de suministro de presión del paquete de aire acondicionado

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80,TP-80MM-AZ. Pag. 10)

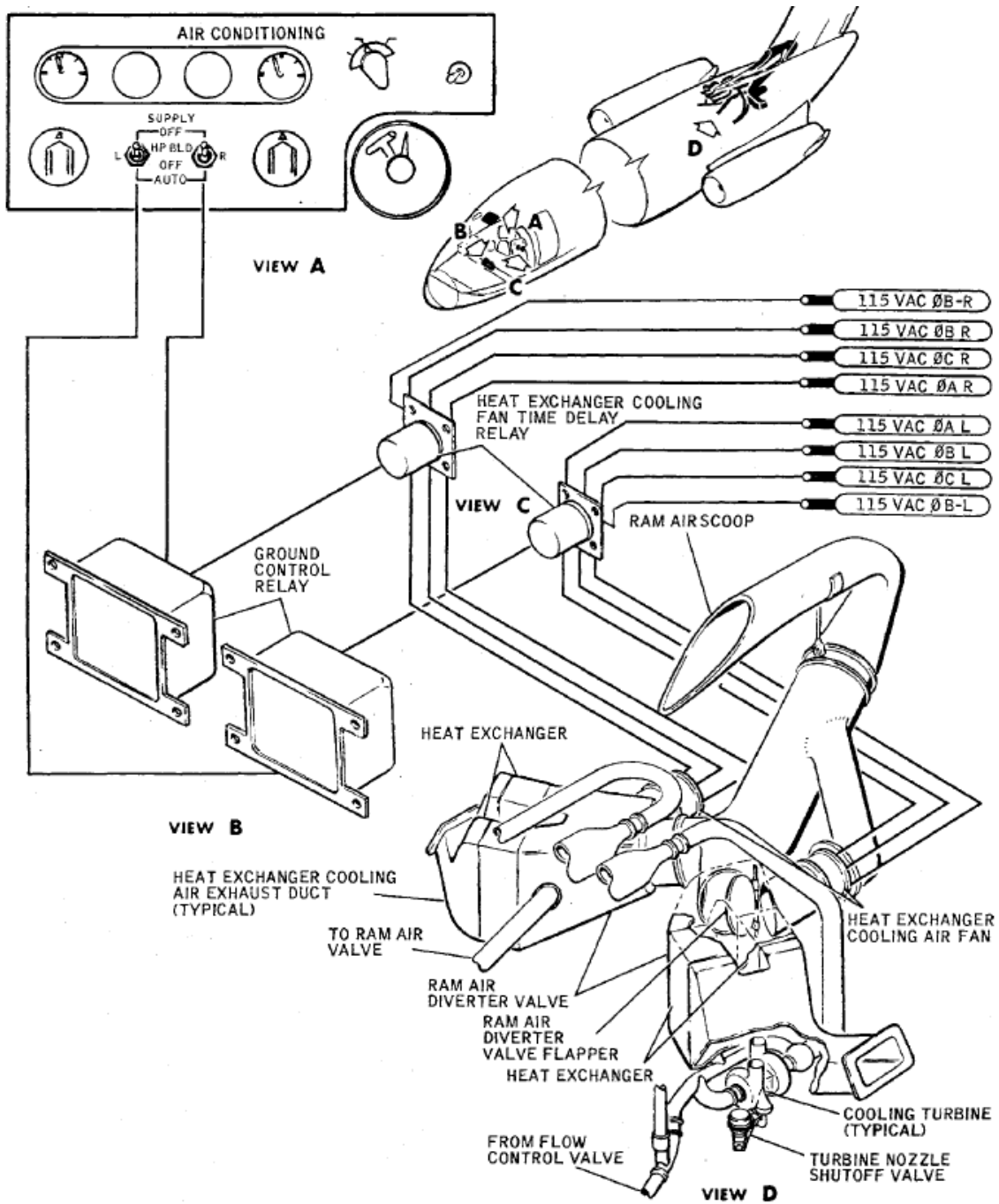


Figura 8. Ventilador de refrigeración del intercambiador de calor / Operación

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 11)

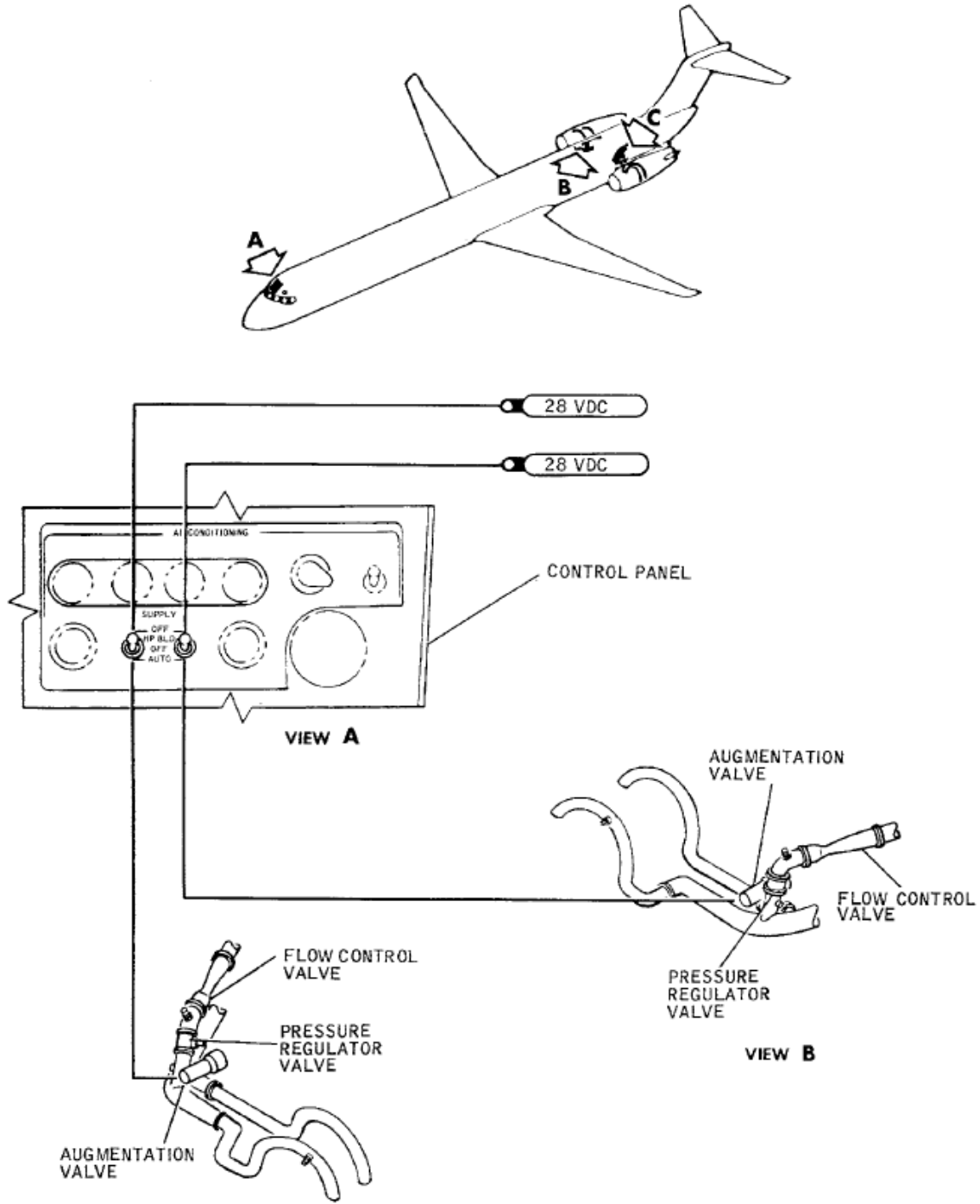


Figura 9. Fuente de alta presión

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 12)

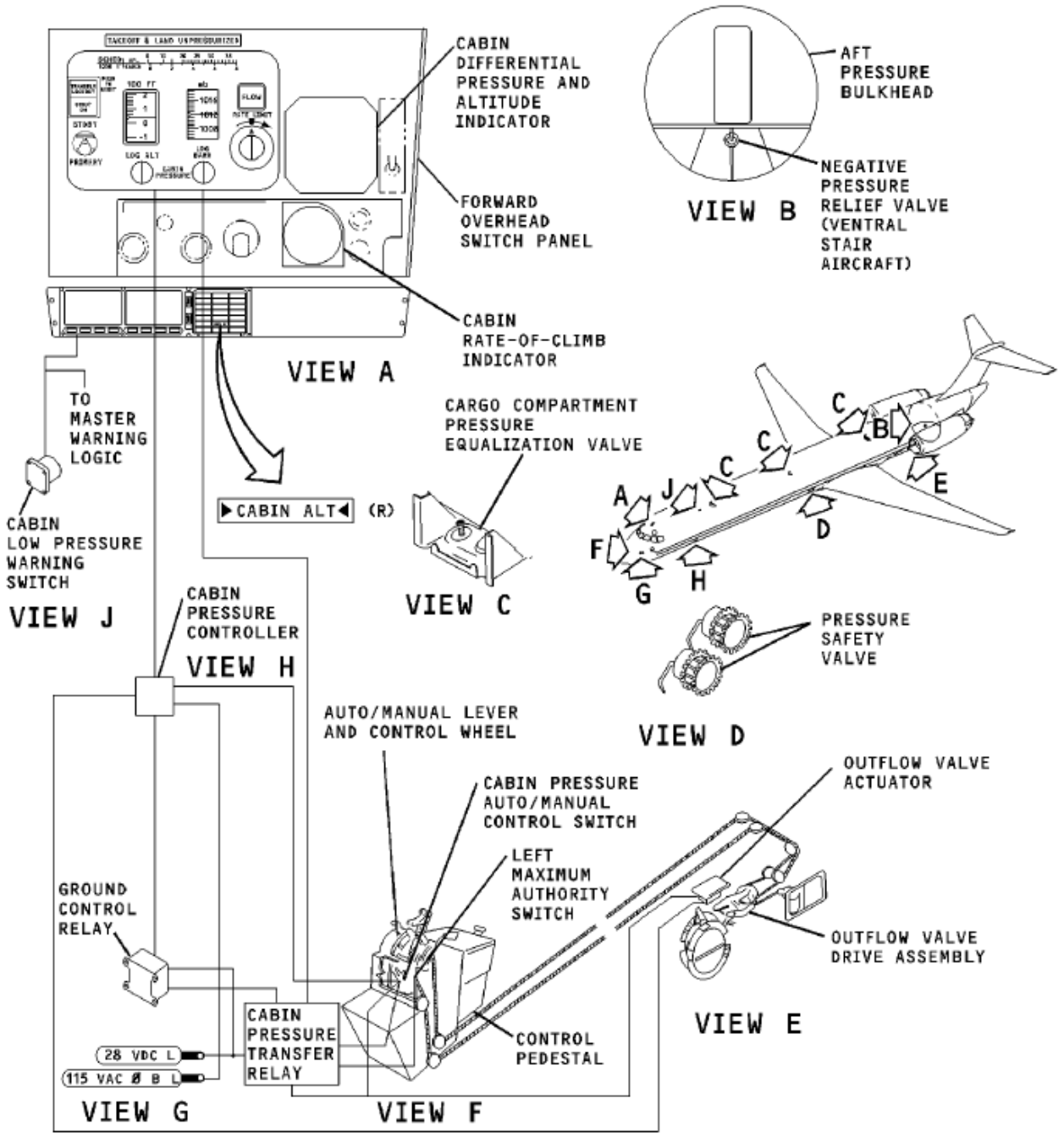


Figura 10. Presión de control de la cabina / Operación analógica del sistema

(Fuente: Boeing Company (2013), Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ. Pag. 13)

## 2.3. VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA

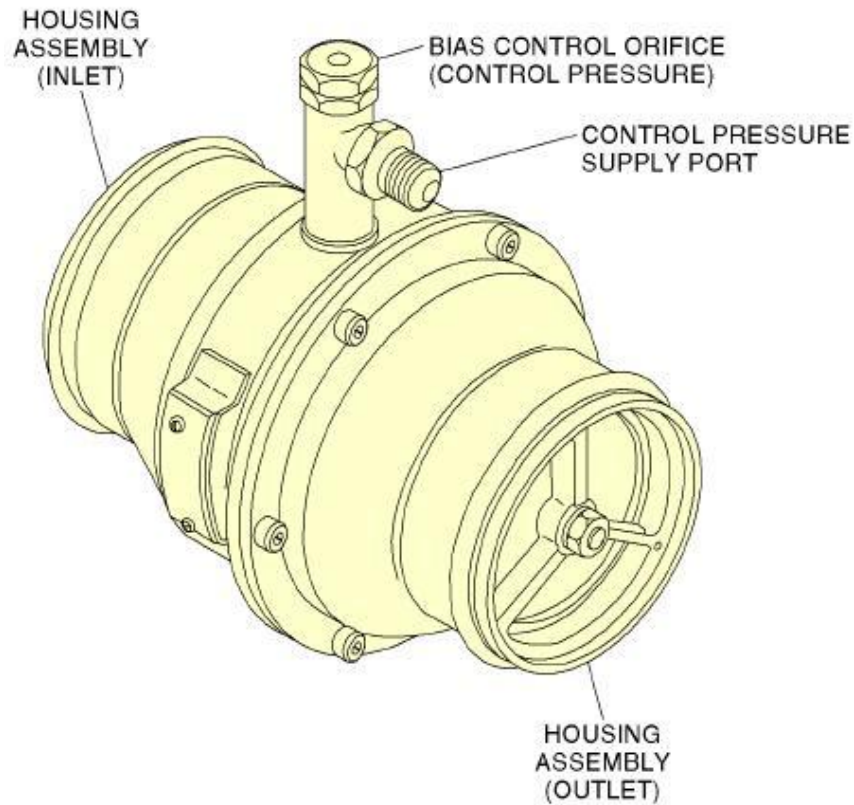
### 2.3.1. Descripción

#### General

- (1) Esta sección contiene una descripción de la Válvula de control de temperatura del separador de agua.
- (2) Consulte la Tabla 1 para observar los datos principales.

**Tabla 1. Datos principales de la válvula de control de temperatura del separador de agua**

<b>Características</b>	<b>Especificaciones</b>
Rango de temperatura ambiente	-54 a 93 °C (-65 a 200 °F)
Dimensiones:	
Largo	6.310 pulg. (160.3 mm) máximo
Ancho	4.990 pulg. (126.8 mm) máximo
Alto	6.365 pulg. (161.7 mm) máximo
Peso	2.15 libras (0.98 Kg) máximo
Conexión de entrada y salida	MS3360-48, Tipo A (Conducto de 3 pulg. Diámetro)
Presión de aire operacional	36 PSIG (248.2 kPa) máximo
Temperatura operacional	277 °F (135 °C) máximo
Conexión fuente de presión	9/16-18 UNF-3A hilo MS33656-06 (SAE-AS4395)
Válvula	Resistente a Skydrol
Posición normal de la válvula	Normalmente cerrada



**Figura 11. Válvula de control de temperatura del separador de agua**

**(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2003). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Water Separator Temperature Control Valve #979680. Pag:18*)**

- (3) La válvula está diseñada para proporcionar aire caliente al separador de agua en el sistema de aire acondicionado del avión.
- (4) Está formada por las siguientes partes:
- Conjunto de entrada (an inlet housing assembly)
  - Conjunto de salida (an outlet housing assembly)
  - Conjunto guía de asiento (a poppet guide assembly)
  - Conjunto de asiento (a poppet assembly)
  - Un diafragma (a diaphragm)
  - Salida de diafragma (an outlet diaphragm)
  - Un Retenedor (a retainer)

- Conjunto de placa de respaldo del diafragma (a diaphragm backing plate assembly)
- Conjunto retenedor de la válvula (a valve retainer assembly)
- Conjunto de eje guía (a guide shaft assembly)
- Retenedor de entrada del diafragma (an inlet diaphragm retainer)
- Asientos para guía y calibración de carga (springs for poppet and calibration loading).

- (5) El conjunto de la caja de entrada es un conjunto soldado que contiene dos puertos de presión para control (conexión de solenoide, toma de presión de alimentación), la cámara de control y el apoyo para el eje guía.
- (6) El conjunto de la caja de salida es una soldadura con una superficie interior que se acopla con la cara de sellado del conjunto de asiento y contiene soportes para el montaje de la guía del asiento (poppet guide).
- (7) El conjunto guía del asiento, con el apoyo de la caja de salida, mantiene la posición axial del asiento durante el movimiento del conjunto
- (8) El conjunto de asiento (popper assembly), el retén de salida del diafragma y el diafragma se sujetan a la placa soporte (diaphragm backing plate). La placa de soporte del diafragma tiene soporte estructural para la válvula de vástago y una cámara para el fluido de amortiguación de silicona.
- (9) El retén de la válvula sella la cámara con fluido de silicona en la placa soporte del diafragma.
- (10) La brida del eje guía actúa como un pistón en la cámara de fluido de silicona con espacio libre entre la brida y la pared de la cámara que sirve como un orificio anular. El eje del conjunto de eje de guía se extiende a través del orificio del conjunto de retención de la válvula, el orificio del retén del diafragma de entrada y el orificio de soporte del conjunto de la caja de entrada.
- (11) El retén del diafragma de entrada sirve como el punto de unión para el borde exterior y como apoyo para el resorte del asiento.



- (4) La variación de la presión percibida por la cámara de control modulará la apertura y cierre del conjunto del asiento (poppet assembly).
- (5) La respuesta de la válvula a las fluctuaciones rápidas de presión es amortiguada por la acción de la cámara llena de fluido de silicona.
- (6) Al igualar el diferencial de presión a través del diafragma, la válvula quedará en su posición normalmente cerrada.
- (7) Una calibración permite el ajuste de posicionamiento del diafragma de retención de entrada, para calibrar la válvula y así controlar a que presión se desea que abra el conjunto del asiento (poppet assembly).

## 2.4. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO

### 2.4.1. Descripción

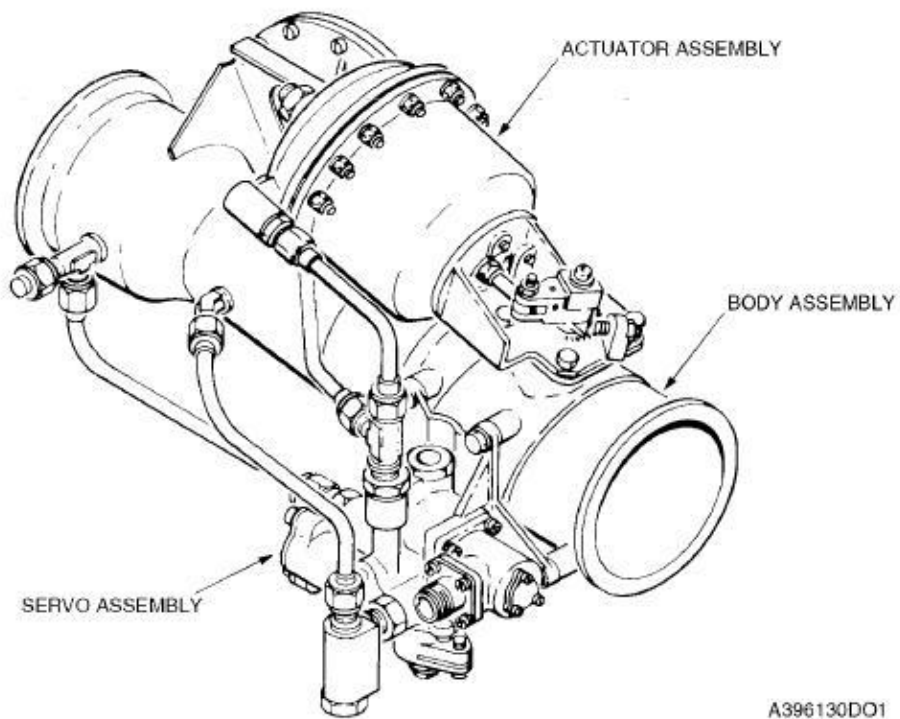
General

La válvula reguladora de flujo, tiene tres pulgadas de diámetro y está diseñada para regular o cerrar el flujo de aire en el sistema de aire acondicionado de los aviones. Las características físicas y operativas de la válvula se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Especificaciones principales de la válvula reguladora de flujo**

<b>Descripción</b>	<b>Especificaciones de equipo</b>
Posición normal de la válvula	Resorte cerrado
Dirección de apertura de disco	Antihorario
Parámetros de operación de la válvula: <ul style="list-style-type: none"><li>• Presión de ambiente</li><li>• Temperatura de ambiente</li><li>• Presión de entrada</li><li>• Temperatura de entrada</li><li>• Rango de presión de sensores externos</li><li>• Interruptor de presión de la válvula se abre en</li><li>• Interruptor de presión de la válvula se cierra en</li></ul>	7 a 30 IN. (18 a 76 cm) HG (-73 a 71°C) -100 a 160°F 10 a 25 PSIG (69 a 172 kPa) (60 a 316°C) 140 a 600°F  3.5 a 11.0 IN. (9 a 28 cm) H2O  6.5 IN. (16,5 cm) H2O (MAX)  4.5 IN. (11,4 cm) H2O (MIN)
Conexión del solenoide	MS3106-10SL-3S
Conector Pins A y C	Energiza solenoide
Conector Pin B	No se usa

Voltaje Solenoide	19 a 30V DC
Corriente Solenoide	1.0 AMPS (MAX)
Resistencia Solenoide	39 a 47.5 ohms
Conexión de detección	1/2-20 UNF-3B THD
Conexión aguas abajo	1/2-20 UNF-3A THD
Puerto de prueba	1/2-20 UNF-3B THD
Peso	9.55 LB (4,3 kg) (MAX CALC)



**Figura 13. Subconjuntos de la válvula reguladora de flujo**

(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130. Pag. 2*)

La válvula consta de tres subconjuntos principales atornillados rígidamente y conectados entre sí por tubos y el acoplamiento del actuador. Los subconjuntos son el servo, el actuador y el cuerpo (Ver Figura 13).

El servo consiste esencialmente en un filtro, un diafragma de detección diferencial, una válvula dosificadora, una electroválvula de conmutación y una válvula de detección de presión. El sensor de presión de la válvula consiste esencialmente en un diafragma y una válvula de asiento de resorte-cargado.

El actuador consiste básicamente en un diafragma, el cual está conectado con la válvula mariposa.

El cuerpo de la válvula se compone esencialmente de un tubo venturi con sensores en la entrada y en la garganta, además de una mariposa integral.

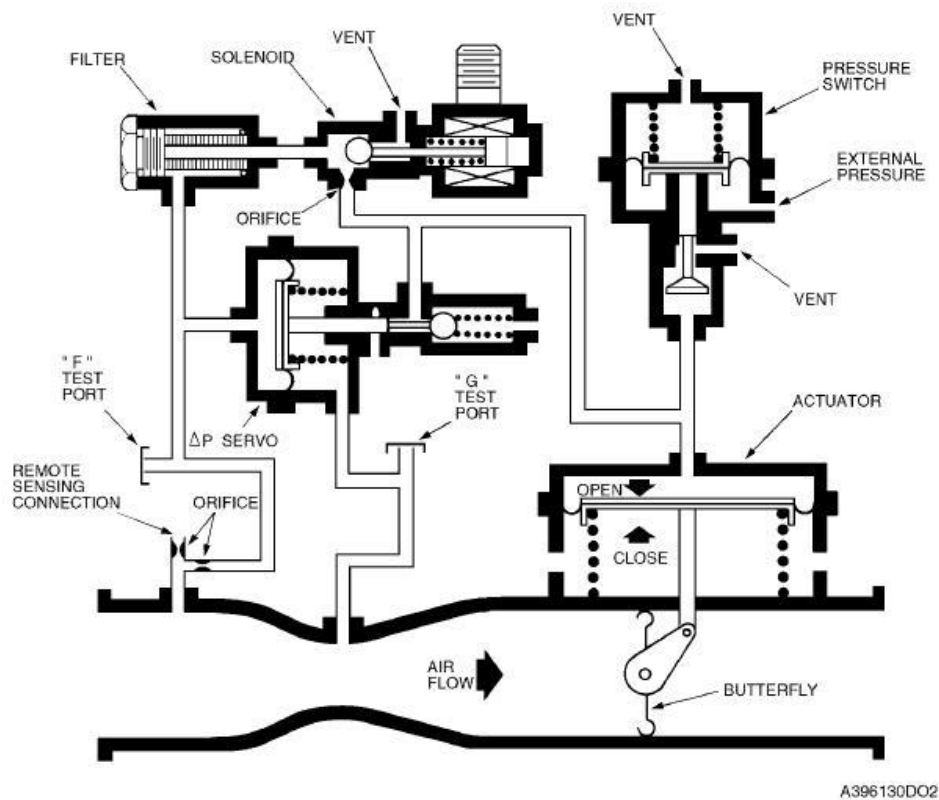


Figura 14. Flow control valve

(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130. Pag. 4*)

### 2.4.2. Operación

Esta unidad sirve como una válvula de cierre controlada por un interruptor de solenoide o de presión y una válvula de modulación controlada por un servo de detección de flujo (Ver Figura 14. Flow control valve).

La presión de entrada en la válvula reguladora es dirigida a un lado de la membrana servo P y también a través de una válvula de solenoide normalmente abierta y un orificio para la válvula dosificadora y la cámara de servo de apertura del actuador de la válvula mariposa, así como a la válvula de ventilación del interruptor de presión.

Cada vez que se aplica una presión externa de 5 pulgadas (13 cm) de agua o mayor al interruptor de presión, la rejilla de ventilación permanece cerrada y aumenta la presión de la cámara a un valor suficiente para superar el resorte de cierre de la válvula. Así pues, la mariposa se abre y se establece el flujo a través de la unidad. Cuando se alcanza una presión diferencial determinada entre la entrada y la garganta del tubo venturi, la válvula servo de bola se abre ligeramente, sangrando aire, por lo tanto la presión de suministro a la cámara de apertura del actuador hace que la válvula empiece a modular para mantener una presión diferencial entre la entrada y la garganta del tubo venturi que corresponda a el ajuste de flujo calibrado previamente.

Energizando el solenoide de la válvula el actuador abre la cámara al ambiente y la fuerza del resorte cierra la válvula para la operación de cierre.

Si la presión externa aplicada al conmutador neumático (pneumatic switcher) cae por debajo de 5 pulgadas (13 cm) de agua, la válvula de ventilación se abre y la presión de la cámara del actuador de apertura es ventilado al ambiente, permitiendo así que la fuerza del resorte cierre la válvula.

## 2.5. CÁLCULO DE FLUJO CON UN TUBO VENTURI

Mientras que la velocidad del fluido sea subsónico ( $V < \text{mach } 0,3$ ), la ecuación de Bernoulli incompresible describe el flujo. Partiendo de:

$$p_a - p_b = \Delta p = \frac{1}{2} \rho V_b^2 - \frac{1}{2} \rho V_a^2$$

Si aplicamos la ecuación de continuidad y sustituimos  $V_b$  tenemos:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho V_a^2 \left[ \left( \frac{A_a}{A_b} \right)^2 - 1 \right]$$

Si despejamos y multiplicamos por el  $A_a$  en ambos lados de la igualdad, obtenemos el flujo:

$$Q = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{A_a}{\sqrt{\left( \frac{A_a}{A_b} \right)^2 - 1}}$$

Los fluidos no viscosos obedecen a la ecuación anterior. Las pequeñas cantidades de energía convertida en calor dentro de las capas límites viscosas tienden a reducir la velocidad de los fluidos reales. Típicamente se introduce un Coeficiente de descarga  $C$  para tener en cuenta la viscosidad de los fluidos

$$Q = C \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{A_a}{\sqrt{\left( \frac{A_a}{A_b} \right)^2 - 1}}$$

El coeficiente de descarga  $C$  depende del número de Reynolds del fluido, y por lo general se encuentra entre 0,90 y 0,98. El flujo másico se calcula multiplicando  $Q$  por la densidad del fluido:

$$Q_{mass} = \rho Q$$

### CAPITULO III: BANCO DE PRUEBA PROPUESTO POR EL FABRICANTE

En este capítulo se muestra cual es el banco de prueba propuesto por el fabricante y cuáles son las pruebas que se deben realizar para cada una de las válvulas.

#### 3.1. VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA

Para evaluar el funcionamiento de esta válvula, se dispone de dos montajes diferentes. El primero se muestra a continuación y nos permite realizar la prueba de fuga en el puerto y en la carcasa de la válvula

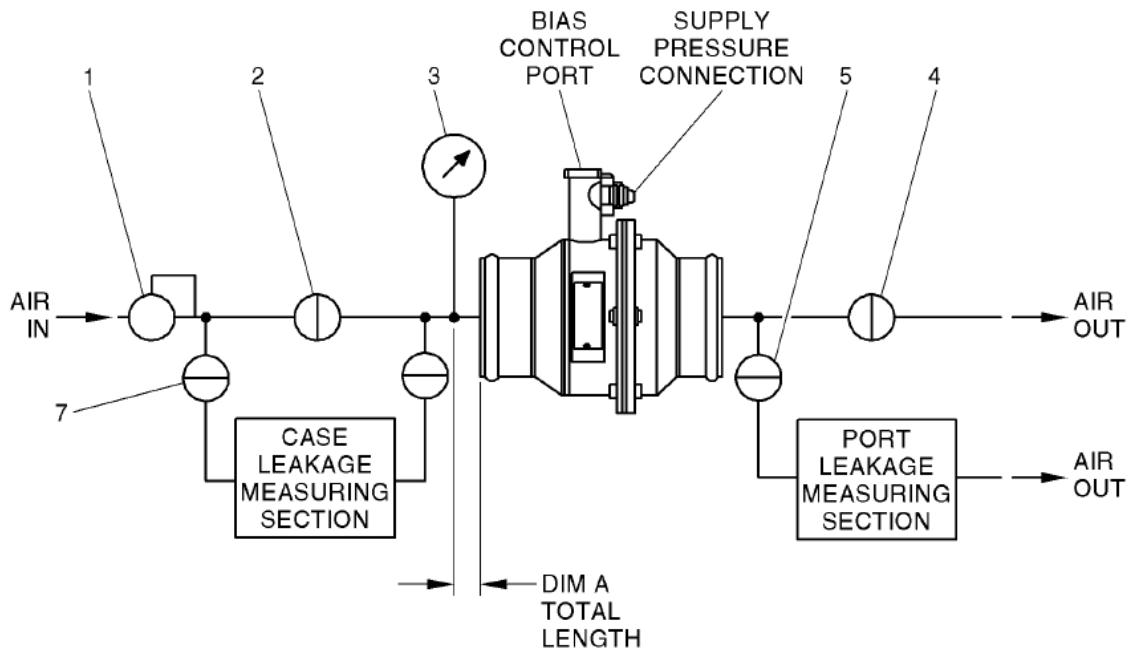


Figura 15. Banco de prueba propuesto para medición de fuga en el puerto y carcasa de la válvula

Nota: Las líneas de tubería antes y después de la válvula deben ser de 3 pulgadas de diámetro. DIM A debe ser de entre 6 y 18 pulgadas.

Tabla 3. Partes del banco de prueba de la Figura 15

1	Regulador ( 0 – 50 psig)	5	Válvula de cierre
2	Válvula de cierre	6	Válvula de cierre
3	Manómetro (0 – 50 psig)	7	Válvula de cierre
4	Válvula de cierre		

Pasos para realizar el montaje del banco de prueba (Figura 15):

(1) Conectar el regulador (1), válvula de cierre (2), medidor (3), válvulas de cierre (6, 7), sección de medición de fugas en la carcasa y el tubo de 3 pulgadas de diámetro a la brida de entrada de la válvula de control de temperatura del separador de agua con los acoples Marman CF-15-300. Conectar el regulador (1) a la fuente de aire comprimido.

(2) Conectar las válvulas de cierre (4, 5) y la sección de medición de fuga del puerto (port) a la brida de salida de la válvula reguladora de temperatura del separador de agua con los acoples Marman CF-15-300.

(3) Asegúrese de que el “bias control port” y la conexión de fuente de presión (supply pressure connection) no están tapados u obstruidos. Retire el “bias control orifice” y las empaaduras (6 y 7, Figura 17) del “bias control port”. Descarte las empaaduras.

NOTA: Se asume que todas las válvulas están cerradas y los reguladores en cero después de cada prueba.

**3.1.1. Prueba de fuga en el Puerto (Port Leakage Test)**

(1) Consulte la Figura 15 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Abra las válvulas de cierre (2,4).

(3) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 22 a 23 PSIG indicados en el medidor (3). Abra la válvula de cierre (5) y cierre la válvula (4).

(4) La fuga del puerto medida en la sección de medición de fuga del puerto (port leakage measuring section) no debe exceder 0.20 lb/min .

(5) Si la fuga en el puerto es excesiva, chequee desgaste en la válvula asiento (34, Figura 17) o desgaste en el asiento de la brida superior (49) en aquellas válvulas

reguladoras de temperatura del separador de agua (water separator temperature control valves) que hayan retornado de servicio.

Si la válvula ha sido reacondicionada o reparada, fugas excesivas pueden corregirse aflojando la tuerca (41) y reposicionando la guía de la válvula asiento (poppet guide) (43) o aflojando las tuercas (8) y reposicionando la carcasa de la válvula para asentar mejor la válvula de asiento (34).

### **3.1.2. Prueba de fuga en la carcasa (Case Leakage Test)**

(1) Abra la válvula de cierre (2). Asegúrese de que el “bias control port” y la conexión de presión (supply pressure connection) no están tapados o obstruidos y que las válvulas (4, 5) están cerradas.

(2) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 22 a 23 PSIG.

(3) Abra las válvulas (6,7) y cierre la válvula (2). Mida la fuga en la sección de medición de fuga en la carcasa (case leakage measuring section).

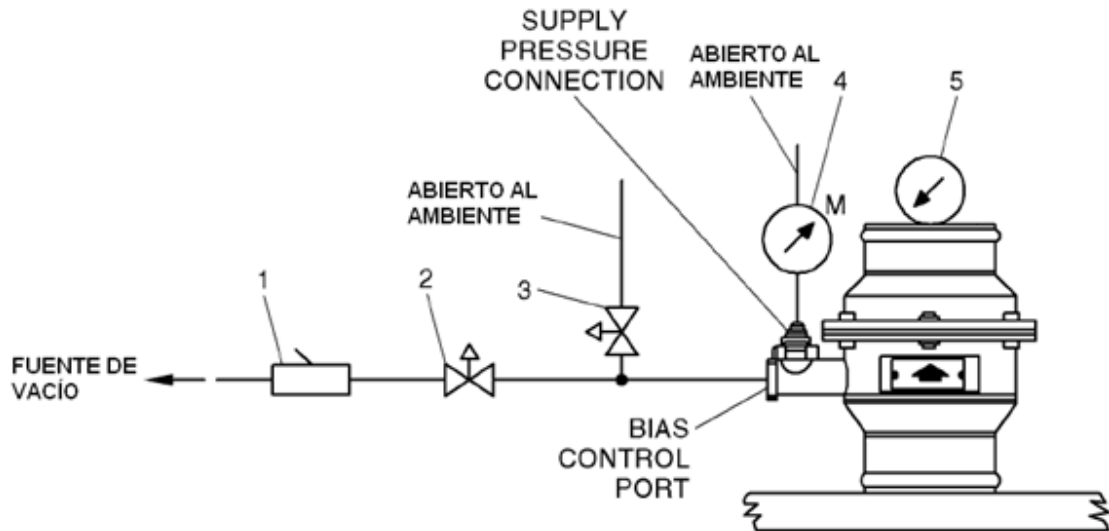
(4) La fuga en la carcasa no debe exceder 0.005 lb/min (2.27 g/min) de flujo.

(5) Si la fuga en la carcasa está dentro de los límites, el diafragma (37, Figura 17) y empaadura (29) son útiles.

Si la fuga en la carcasa es excesiva, aplique espuma para detección de fugas en el “bias control port” y en la conexión de suministro de presión (supply pressure connection). La aparición de burbujas indica una fuga excesiva y que el diafragma o empaadura está defectuoso. Aplique espuma para detección de fugas en las bridas que permiten el acoplamiento de las carcasas (12, 49). La aparición de burbujas indica deformación en la brida, empaadura defectuosa (14, 46) o espaciador (13) defectuoso.

(6) Remueva la válvula de control de temperatura del separador de agua del banco de pruebas.

A continuación, se muestra el segundo montaje que nos permite realizar las tres (3) pruebas que requieren del generador de vacío.



**Figura 16. Banco de prueba para control de presión**

**Tabla 4. Partes del banco de prueba propuesto en la Figura 16.**

1	Válvula de palanca	4	Manómetro de vacío 0 - 60 inHg.
2	Válvula aguja	5	Reloj comparador
3	Válvula aguja		

(2) Coloque la válvula de control de temperatura del separador de agua en el banco de prueba con la brida de salida hacia arriba.

(3) Conecte el manómetro (4) en la conexión de presión (supply pressure connection).

(4) Conecte las válvulas aguja (3,2) y la válvula de palanca (1) entre la fuente de vacío y el “bias control port”.

(5) Coloque el reloj comparador en la brida de salida para medir el movimiento de la válvula de asiento (valve poppet assembly). Indicador en cero.

### **3.1.3. Prueba de presión de abertura (Check Crack Pressure).**

(1) Consulte la Figura 16 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Abra la válvula de palanca (1) y ajuste lentamente las válvulas de aguja (3, 2) para incrementar el vacío. Observe el reloj comparador (5) y note cuando empiece el movimiento de la válvula de asiento (valve poppet assembly). El movimiento debe ocurrir entre 3.8 y 4.4 inHg) por debajo de la presión atmosférica medida en el manómetro (4).

(3) Si el movimiento de la válvula asiento ocurre antes de 3.8 inHg por debajo de la presión atmosférica en válvulas retornadas de servicio, puede indicar resortes débiles (17, 18, 20). Si se requiere más de 4.4 inHg por debajo de la presión atmosférica para causar movimiento en una válvula que recién ha retornado de servicio, puede indicar una acumulación de contaminantes, desalineación o daños en el conjunto de guía (43), causando fricción de arrastre sobre el conjunto de asiento de la válvula. Inspeccione la guía del asiento. Si no se ha realizado la prueba de fugas en la carcasa (case leakage test), compruebe si hay daños en la membrana.

(4) Si el movimiento de la válvula asiento (34) se produce en menos de 3,8 inHg (127 mm Hg) o más de 4,4 inHg (152 mm Hg) por debajo de la presión atmosférica, en válvulas que recién han sido revisadas, la recalibración puede ser necesaria. Calibre ajustando la tuerca (15) y repita la prueba de presión de apertura (crack pressure check).

#### **3.1.4. Prueba de posicionamiento (Perform Position Check)**

(1) Consulte la Figura 16 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Abra la válvula de palanca (1) y ajuste lentamente las válvulas de aguja (3, 2) para incrementar el vacío. Observe el reloj comparador (5), cuando este registre 0.200 pulgadas de movimiento, note la presión de vacío indicada en el manómetro (4). El manómetro debe indicar de 7.2 a 8.0 inHg por debajo de la presión atmosférica.

(3) En válvulas retornadas de servicio, la incapacidad de lograr un movimiento completo de 0.2 pulgadas (5.08 mm) puede indicar obstrucción o desalineación de la guía del asiento (43, Figura 17) o fuga en la cámara de control de la carcasa de entrada (inlet housing assembly, 12).

En las válvulas recién revisadas, la incapacidad de lograr un movimiento completo puede indicar que las empaaduras (44, 45) están adheridas o mal instaladas, o podría tratarse de fugas o defectos en la cámara de control de la carcasa de entrada (12).

Nota: empaaduras pegajosas (44, 45) en la guía del asiento pueden evitarse calentando las empaaduras a 347 °F (175 °C) durante 1 o 2 horas antes de instalarse en la guía del asiento.

#### **3.1.5. Prueba de amortiguación (Damping Test)**

(1) Consulte la Figura 16 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Abra la válvula de palanca (1) y ajuste las válvulas de aguja (3, 2) para aplicar un vacío de 20 inHg (197 to 203 mmHg) por debajo de la presión atmosférica indicado en el manómetro (4).

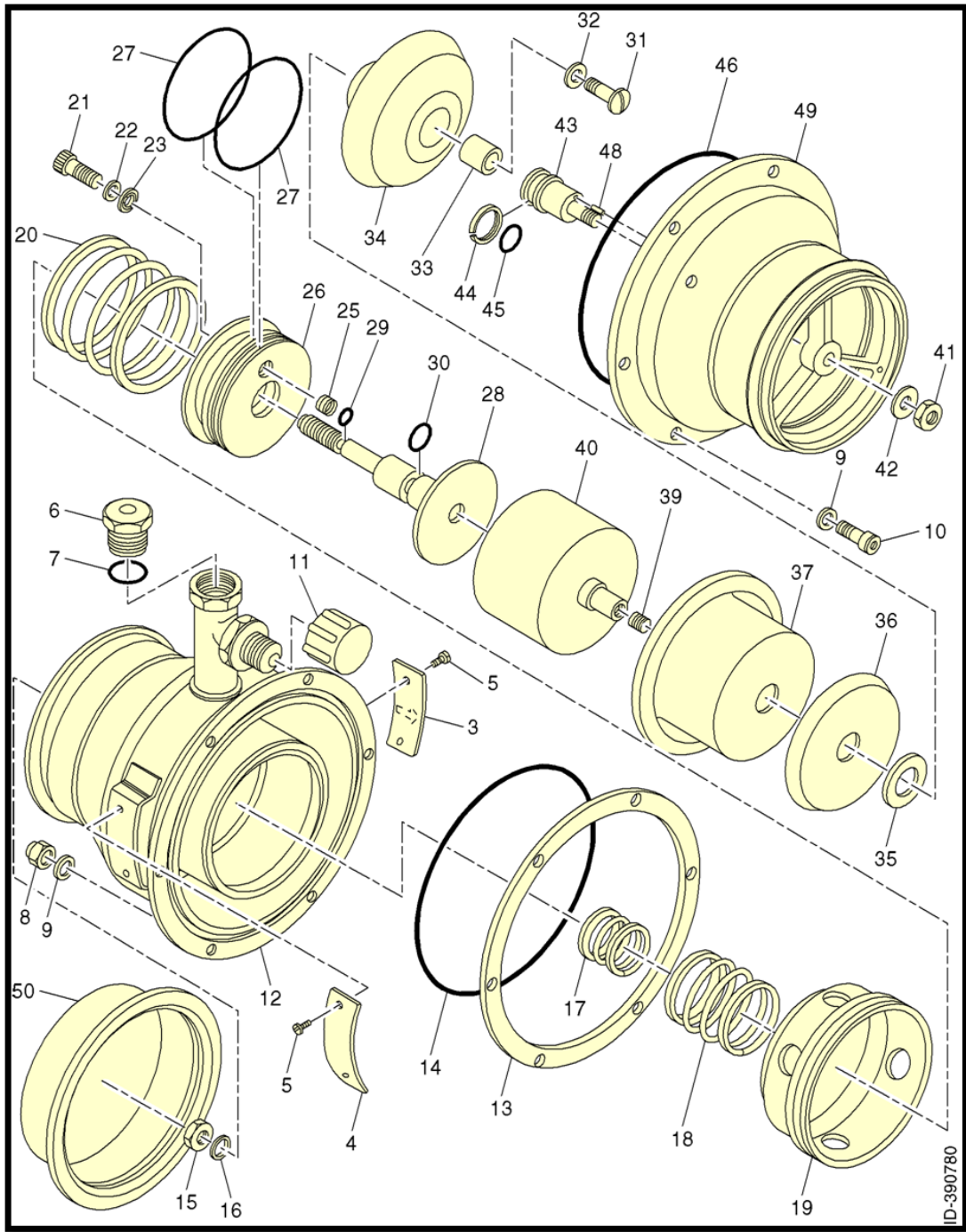
(3) Cierre la válvula de palanca (1) y prepare para medir el tiempo necesario por la válvula de asiento (valve poppet assembly) para recorrer 0.200 pulgadas (5.08 mm).

(4) Abra la válvula de palanca (1). Tan pronto como el manómetro indique 20 inHg, inicie el cronómetro.

(5) Observe el reloj comparador (5). Cuando este muestre un movimiento de 0.200 pulgadas, detenga el cronómetro. El tiempo requerido para el movimiento debe ser de entre 7 y 15 segundos.

(6) Si el tiempo requerido por la válvula de asiento (valve poppet assembly) para moverse 0.200 pulgadas es menor que 7 segundos, la amortiguación es insuficiente e indica que hay una cantidad excesiva de burbujas de aire en el líquido (silicón) de amortiguación. Si el tiempo requerido para un movimiento de 0.200 pulgadas es mayor a 15 segundos, es un indicio de excesiva fricción en las empaaduras (30, 44, 45, Figura 17) o desalineamiento en el ensamblaje del eje (28). Compruebe las empaaduras y el eje.

(7) Remueva la válvula (water separator temperature control valve) del banco de prueba e instale el “bias control orifice” y empaaduras (6,7).



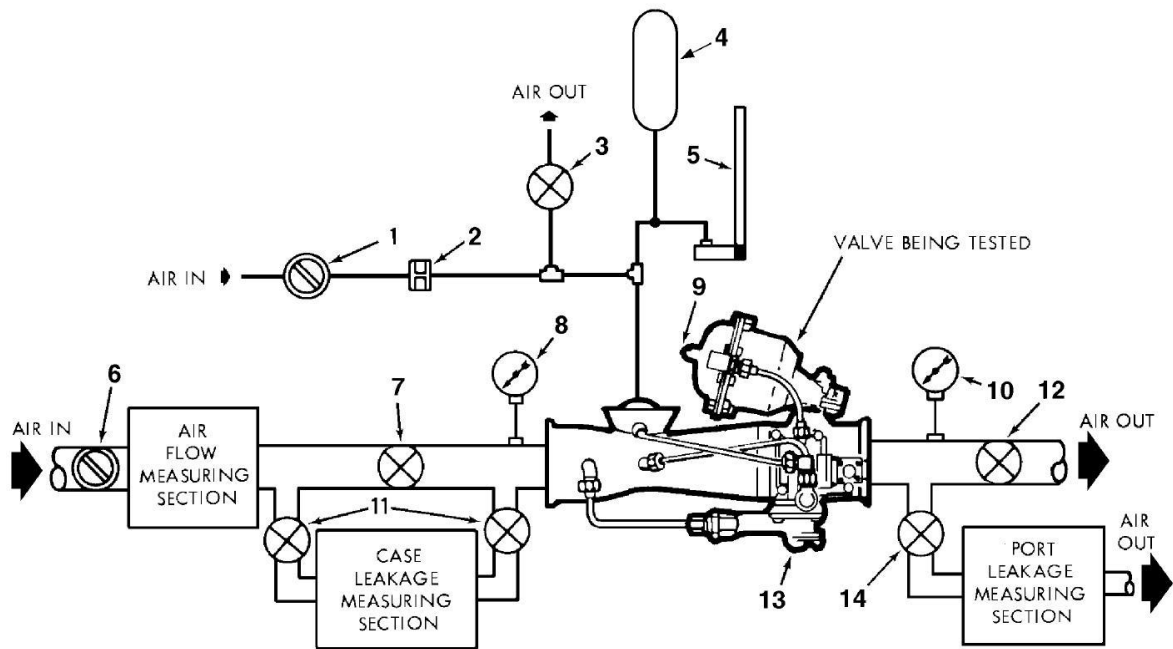
**Figura 17. IPL Válvula de control de temperatura del separador de agua**

**(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2003). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Water Separator Temperature Control Valve #979680.*)**

### 3.2. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO

Ensamblaje del banco de prueba (Ver Figura 18), este banco nos permite realizar las 8 pruebas que aplican a esta válvula.

- (1) Se requiere una fuente de aire comprimido, limpio, filtrado y seco a una temperatura de  $27 \pm 4^{\circ}\text{C}$  ( $80 \pm 40^{\circ}\text{F}$ ), con un rango de presión de 0 a 75 psig y una capacidad de flujo de hasta 174 lb/min.
- (2) Se requiere una fuente de aire comprimido, limpio, filtrado y seco a una temperatura de  $27 \pm 4^{\circ}\text{C}$  ( $80 \pm 40^{\circ}\text{F}$ ), con un rango de presión de 0 a 60 inH<sub>2</sub>O (pulgadas de agua).
- (3) Proporcionar una fuente de potencia variable de 28 voltios dc.
- (4) Proporcionar un regulador de presión de aire (1) capaz de operar bajo las condiciones especificadas en el paso (2).
- (5) Proporcionar un restrictor de 0,025 pulgadas (2) con accesorios (Part. #282917-6).
- (6) Proporcionar una válvula de aguja (3).
- (7) Proporcionar un tanque de compensación (surge tank, 4) de uno a tres pies cúbicos de capacidad.
- (8) Proporcionar un manómetro (5) de 0 a 60 inH<sub>2</sub>O (pulgadas de agua).
- (9) Proporcionar un regulador de presión de aire (6) capaz de operar bajo las condiciones especificadas en el paso (1).
- (10) Proporcionar válvulas de cierre (7, 11, 12, 14) capaz de operar bajo las condiciones especificadas en el paso (1).
- (11) Proporcionar manómetros (8, 10) con un rango de 0 a 100 psig (0 to 690 kPa).
- (12) Proporcionar un sección de medición de flujo capaz de medir hasta 174 lb/min.
- (13) Proporcionar un sección de medición de fuga en la carcasa capaz de medir hasta 0.20 lb/min.
- (14) Proporcionar un sección de medición de fuga en el puerto capaz de medir hasta 4.0 lb/min.



**Figura 18. Banco de prueba para la válvula reguladora de flujo**

(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130.*)

**Tabla 5. Partes del banco de prueba de la Figura 18**

1	Regulador	8	Manómetro (psi)
2	Restrictor (Accesorio especial. #282917-6)	9	Tornillo de ensamblaje (99, Figura 21)
3	Válvula aguja	10	Manómetro (psi)
4	Surge Tank	11	Válvula de cierre
5	Manómetro (inH <sub>2</sub> O)	12	Válvula de cierre
6	Regulador	13	Retenedor (54, Figura 20)
7	Válvula de cierre	14	Válvula de cierre

(15) Proporcionar un manómetro de mercurio con un rango de cero a 60 pulgadas (de 0 a 152 cm) de Hg, junto con una válvula de cierre adecuada para instalar en línea con el manómetro.

(16) Proporcionar líneas y accesorios necesarios.

(17) Construir el banco de prueba como se muestra en la Figura 18. Conecte una “T” en la línea que va desde el manómetro (8) hacia el conducto principal de aire. Conecte una salida de la “T” al medidor. Conecte la otra salida de la “T” a la válvula de cierre especificada en el paso (15). Conectar la válvula de cierre al manómetro de mercurio especificado en el paso (15). Mantenga la válvula de cierre cerrada a menos que se indique lo contrario en el texto.

NOTA: Líneas desde el restrictor 282917-6 (2) a la válvula aguja (3), tanque de compensación (surge tank, 4) y el manómetro de agua (5) deben ser 5/16 pulgadas (8mm) de diámetro interno. Líneas entre la conexión “T” que conduce hacia el manómetro de agua y la válvula (26, Figura 19) debe ser 5/16 pulgadas (8mm) de diámetro interno. La distancia total, incluyendo las líneas y la “T” entre el manómetro de agua (5, Figura 701) y la válvula (26, Figura 19) no debe exceder las 6 pulgadas (152mm). Medidor (8, Figura 701) debe ser instalado  $12 \pm 6$  in. ( $304 \pm 152$  mm) agues arriba de la válvula que se está probando. Conducto de aire principal que conduce desde el regulador (6) a la válvula de cierre (1) será de tres pulgadas (76 mm) de diámetro. (18) Instale la válvula a ser revisada en el banco de pruebas usando los adaptadores 257562-47.

**PRECAUCIÓN: INSTALAR LA VÁLVULA A SER REVISADA CON LA VÁLVULA (26, Figura 19) HACIA ABAJO.**

NOTA: Todas las instrucciones de las distintas pruebas están escritas con la presunción de que todas las válvulas están cerradas y la presión de aire reducida a cero al concluir cada prueba y antes de iniciar otra.

### **3.2.1. Chequeo de la válvula de detección de presión (Check pressure sensing valve)**

Ver Figura 18.

(a) Abra completamente las válvulas (7,12). Abra la válvula de cierre instalada directamente aguas arriba del manómetro de mercurio.

(b) Ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $55.0 \pm 0.2$  pulg. ( $139 \pm 0,5$  cm) de Hg. Medidos en el manómetro de mercurio.

(c) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 inH<sub>2</sub>O medidas en el manómetro de agua.

(d) Abra lentamente la válvula de aguja (3) para reducir la presión de aire hasta que el disco cierre.

(e) Observe el manómetro de agua (5) y el acoplamiento del actuador de la válvula (valve actuator linkage). El manómetro debe indicar no menos de 4.5 pulg. (11 cm) de agua cuando el disco cierre.

(f) Cierre lentamente la válvula de aguja (3) para incrementar la presión de aire hasta que el disco abra.

(g) Observe el manómetro de agua (5) y el acoplamiento del actuador de la válvula (valve actuator linkage). El disco debe continuar regulando o estar totalmente abierto antes de que el manómetro indique 6.5 pulg. (16 cm) de Agua.

(h) Cierre el regulador (6). Cierre la válvula de cierre instalada directamente aguas arriba desde el manómetro de mercurio.

### **3.2.2. Prueba de fuga en el Puerto (Check port leakage )**

Ver Figura 18.

(a) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 pulg. de agua, medidas en el manómetro de agua.

(b) Energice el solenoide con  $26 \pm 2$  voltios dc para cerrar el disco.

**PRECAUCIÓN: NO EXCEDER 1.0 AMPER DE CORRIENTE.**

(c) Abra la válvula de cierre (7) y ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $30 \pm 1$  psig medidos en el manómetro (8).

(d) Abra la válvula de cierre (14).

(e) Ajuste el tornillo (9) para obtener un flujo de  $3 \pm 1$  libras por minuto medidos en la sección de medición de fuga del puerto (port leakage measuring section).

NOTA: Girando el tornillo (9) en sentido horario se incrementa la fuga en el puerto mientras que girando el tornillo (9) en sentido antihorario se disminuye.

(f) Cierre la válvula de cierre (14) y abra completamente la válvula de cierre (12)

(g) Des-energice y energice el solenoide de la válvula cinco veces.

(h) Abra la válvula de cierre (14) y cierre la válvula (12)

(i) Chequee nuevamente la fuga en el puerto (port leakage). La fuga debe ser  $3 \pm 1$  libras por minuto.

(j) Cierre la válvula (14) y abra completamente la válvula (12).

(k) Ajuste el regulador (6) para reducir la presión de entrada a cero, medida en el manómetro (8).

(l) Des-energice el solenoide y ajuste el regulador (6) para incrementar lentamente la presión de entrada medida en el manómetro (8).

(m) Chequee que el disco empieza a abrir antes de que el manómetro (8) indique 6 psig.

### **3.2.3. Calibración de control de flujo de la válvula (Calibrate control valve airflow).**

Ver Figura 18.

(a) Tapar el puerto de sensado de la válvula remota de la cual el tubo es mostrado en el despiece de la válvula (11, Figura 19).

Conserve la tapa en el puerto para todas las pruebas posteriores, excepto para los pasos (j) y (k) de la prueba 3.2.5.

(b) Ajuste el regulador (1, Figura 18) para aplicar un presión de entrada de 60 pulgadas de agua, medidos en el manómetro (5).

(c) Abra completamente las válvulas de cierre (7, 12). Ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $27.0 \pm 0.2$  psig ( $186 \pm 1$  kPa) medida en el manómetro (8).

(d) Ajuste el Retenedor (13) para obtener un flujo de  $109.0 \pm 0.5$  libras ( $49 \pm 0,2$  kg) por minuto en la sección de medición de flujo (airflow measuring section).

NOTA: Girando el retenedor (13) en sentido horario disminuye el flujo mientras que girando el retenedor (13) en sentido antihorario aumenta el flujo.

### **3.2.4. Prueba de ciclo (Perform cycle test)**

Ver Figura 18.

NOTA: La válvula debe ser sometida a la prueba de ciclo (cycle test) para asegurar que el disco y el acoplamiento funcionan libremente sin atascarse.

(a) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 inH<sub>2</sub>O medidas en el manómetro (5).

(b) Abra completamente las válvulas de cierre (7, 12). Ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $27.0 \pm 0.2$  psig ( $186 \pm 1$  kPa) medidos en el manómetro (8). En la sección de medición de flujo (airflow measuring section) el flujo debe ser de  $109.0 \pm 0.5$  libras ( $49 \pm 0,2$  kg) por minuto.

(c) Energice y des-energice el solenoide de la válvula 10 veces con  $26 \pm 2$  volts dc.

### **3.2.5. Prueba de funcionalidad (Perform functional test).**

Ver Figura 18.

(a) Abra la válvula de cierre instalada directamente aguas arriba del manómetro de mercurio del paso (15) del montaje.

(b) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 pulgadas, medidas en el manómetro (5).

(c) Abra la válvula (7) y ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $55.0 \pm 0.2$  pulg. de Hg medidas en el manómetro de mercurio. Abra la válvula (12) para obtener un flujo de  $109 \pm 4$  libras por minuto, medido en la sección de medición de flujo (airflow measuring section).

(d) Ajuste la válvula de cierre (12) para obtener una presión aguas abajo de  $18 \pm 2$  psig medida en el manómetro (10).

(e) Chequee el flujo medido en la sección de medición de flujo. El flujo debe ser  $109 \pm 4$  libras por minuto.

(f) Cierre el regulador (6). Cierre la válvula de cierre instalada directamente aguas arriba del manómetro de mercurio.

(g) Abra la válvula de cierre (7) y ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $72 \pm 1$  psig medida en el manómetro (8)

(h) Abra completamente la válvula de cierre (12). Chequee el flujo medido en la sección de medición de flujo. El flujo no debe exceder las 172 lb/min. Registre dicho valor.

(i) Ajuste el regulador de voltaje variable en cero. Incrementar gradualmente el voltaje en el solenoide hasta que el disco cierre. El disco debe cerrar a no más de 17 voltios.

(j) Des-energice el solenoide. Retire la tapa del puerto de sensado de la válvula remota de la cual el tubo es mostrado en el despiece de la válvula (11, Figura 19).

(k) Chequee el flujo indicado en la sección de medición de flujo. El flujo no debe exceder el valor registrado en el paso (h) por más de dos libras por minuto.

(l) Reemplace la tapa del puerto de conexión para sensado de la válvula remota

### **3.2.6. Repetición de prueba de fuga en el Puerto (Recheck port leakage).**

Ver Figura 18.

(a) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 inH<sub>2</sub>O medidas en el manómetro (5).

(b) Abra la válvula (7) y ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de  $30 \pm 1$  psig medida en el manómetro (8).

(c) Abra completamente la válvula de cierre (12).

(d) Energice y des-energice el solenoide cinco veces con  $26 \pm 2$  volts dc.

(e) Energice el solenoide para cerrar el disco, cierre la válvula (12) y abra la válvula (14).

(f) Chequee la fuga en la sección de medición de fuga en el puerto (port leakage measuring section). La fuga en el puerto debe ser  $3 \pm 1$  libras por minuto.

- (g) Cierre la válvula (14) y abra completamente la válvula (12).
- (h) Ajuste el regulador (6) para reducir a cero la presión de entrada, medida en el manómetro (8).
- (i) Des-energice el solenoide y ajuste el regulador (6) para incrementar lentamente la presión de entrada, medida en el manómetro (8).
- (j) Chequee que el disco empieza a abrirse antes de que el manómetro (8) indique 6 psig.

**3.2.7. Prueba de presión mínima de operación (Check minimum operating pressure).**

Ver Figura 18.

- (a) Ajuste el regulador (1) para aplicar una presión de entrada de 60 inH<sub>2</sub>O medidas en el manómetro (5).
- (b) Abra la válvula de cierre (7) y ajuste el regulador (6) para incrementar lentamente la presión de entrada a 11 psig medidos en el manómetro (8).
- (c) Abra completamente la válvula de cierre (12).
- (d) Cierre lentamente la válvula (12). Observe lentamente el manómetro (8) y el actuador.
- (e) Chequee que el disco está totalmente abierto cuando el manómetro (10) indique  $10.5 \pm 0.5$  psig a medida que la válvula (12) se cierra.

### **3.2.8. Prueba de fuga en la carcasa (Check case leakage)**

Ver Figura 18.

(a) Cierre la válvula (12), abra la válvula (7) y ajuste el regulador (6) para aplicar una presión de entrada de  $30 \pm 1$  psig, medidos en el manómetro (8).

(b) Abra la válvula (11), cierre la válvula de cierre (7) y mida la fuga en la carcasa. La fuga no debe exceder 0.20 libras por minuto.

(c) Aplique una solución de detergente al retenedor (13), tubos y uniones. La válvula debe estar libre de fugas suficientemente grandes como para romper las burbujas.

NOTA: Si cualquier ajuste (incluyendo ajustes para corregir fuga) fue hecho después de la calibración inicial, vuelva a realizar todas las pruebas que haya hecho antes del ajuste.

(d) Cierre todas las válvulas y reguladores y remueva la válvula reguladora de flujo del banco de pruebas.

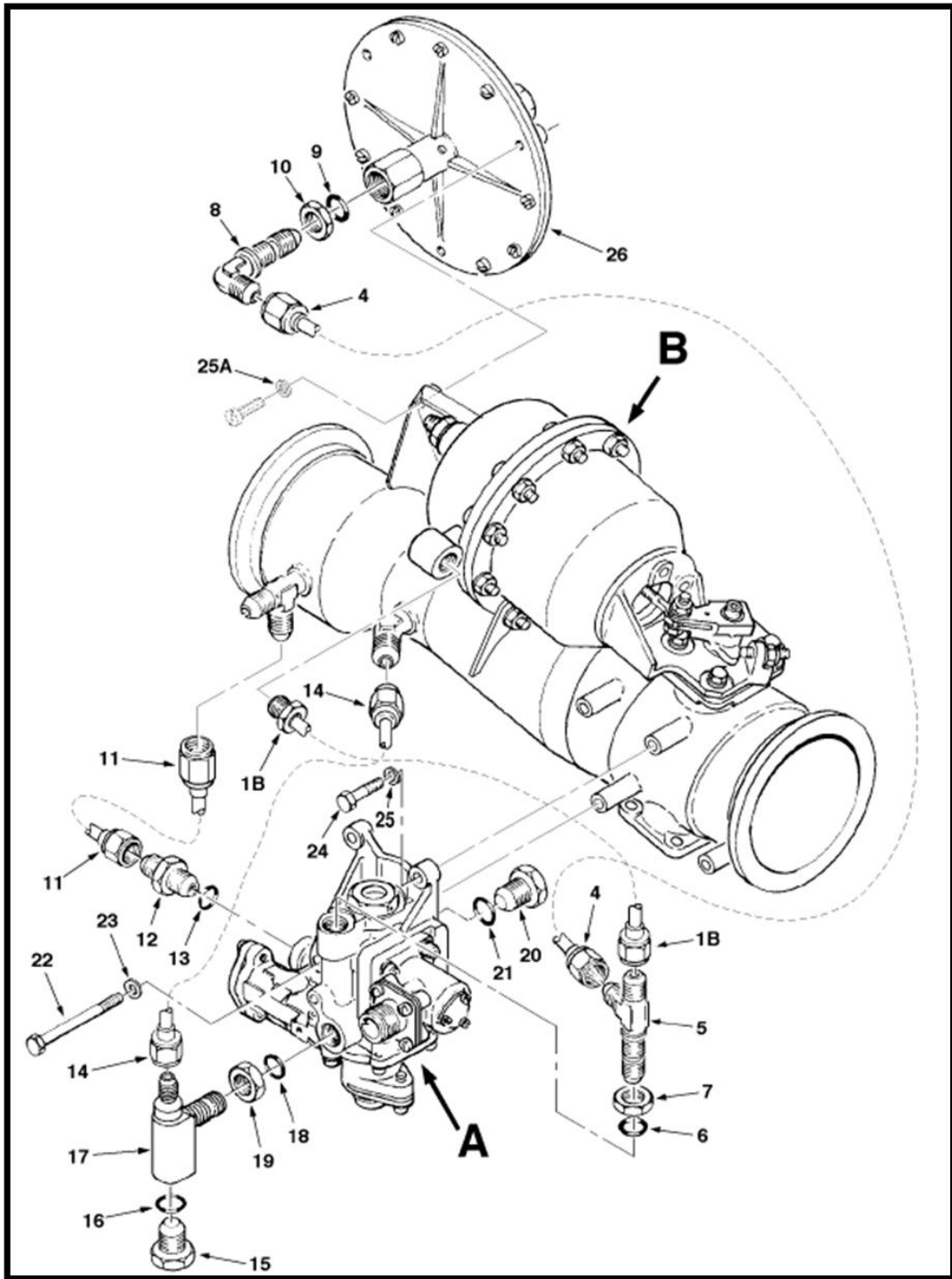


Figura 19. IPL Válvula reguladora de flujo

(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130. Pag 100* )

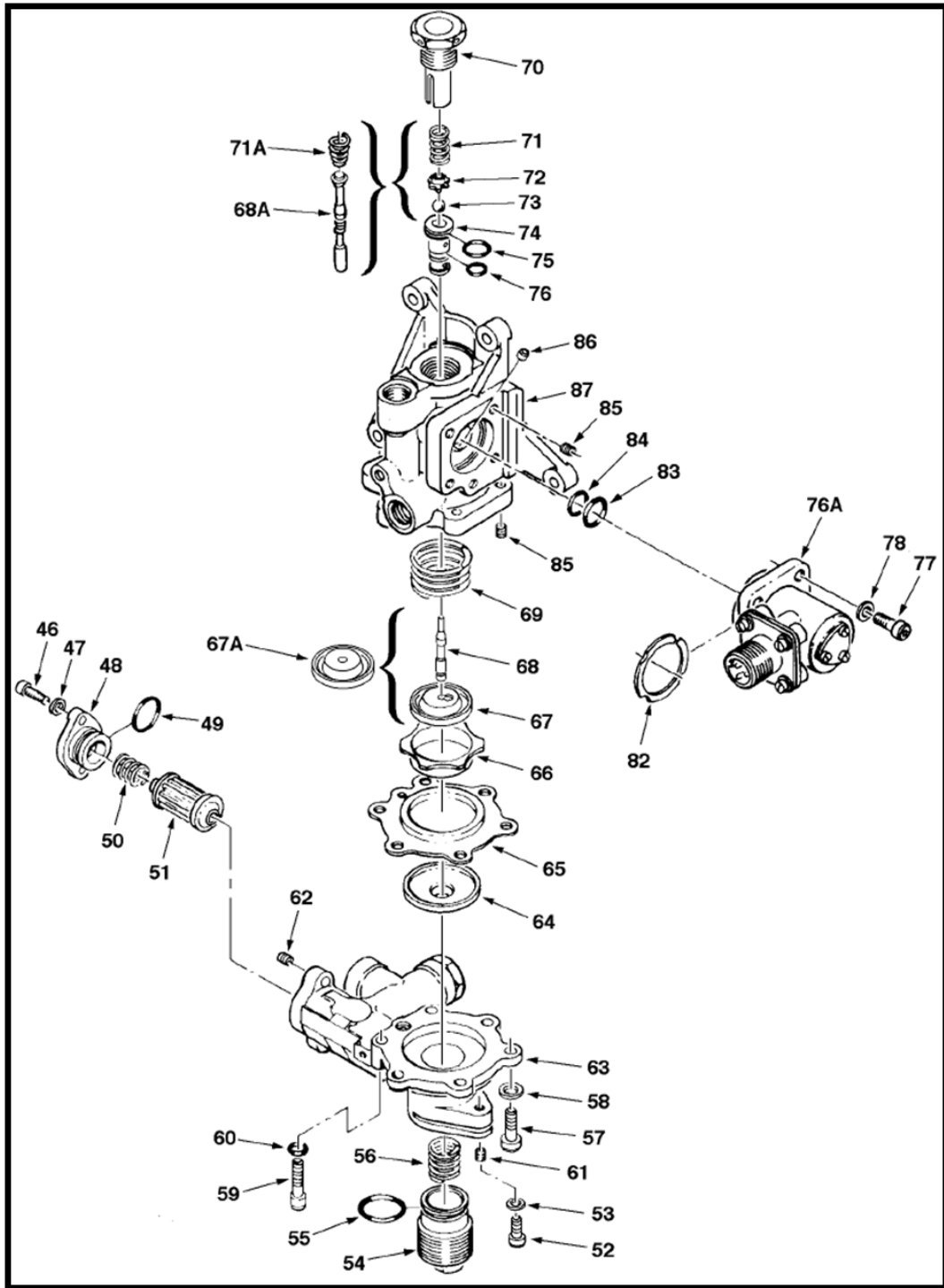


Figura 20. IPL 2 Válvula reguladora de flujo

(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130. Pag 108* )

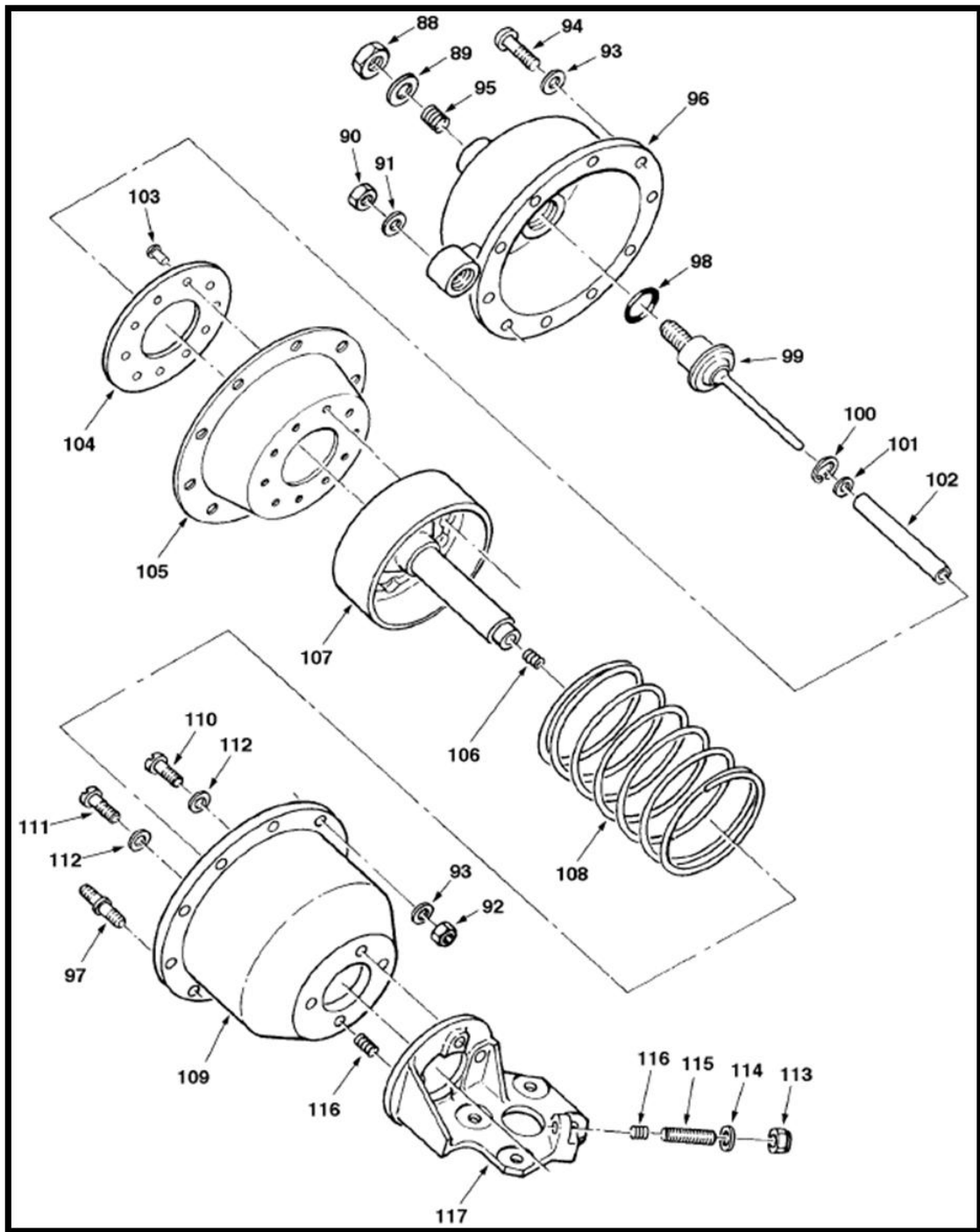


Figura 21. IPL 3 Válvula reguladora de flujo

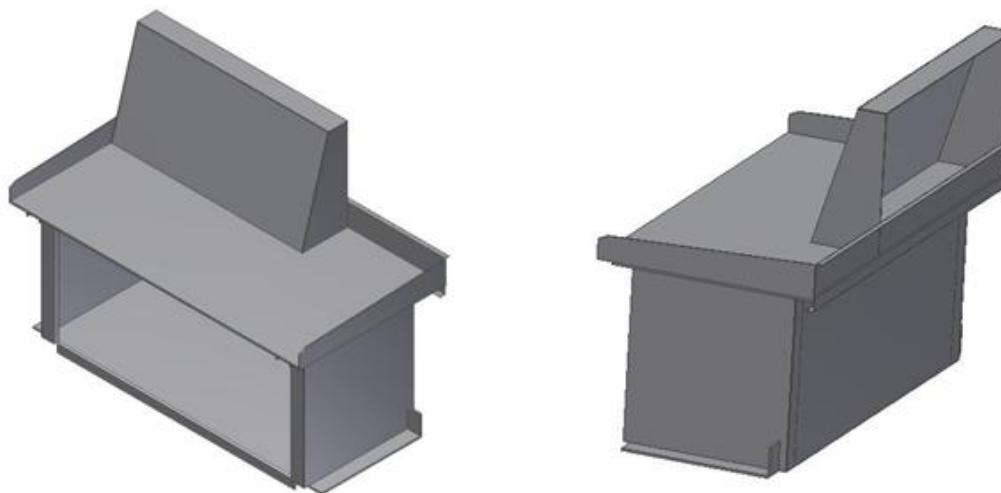
(Fuente: Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130. Pag 112* )

## CAPÍTULO IV: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBA

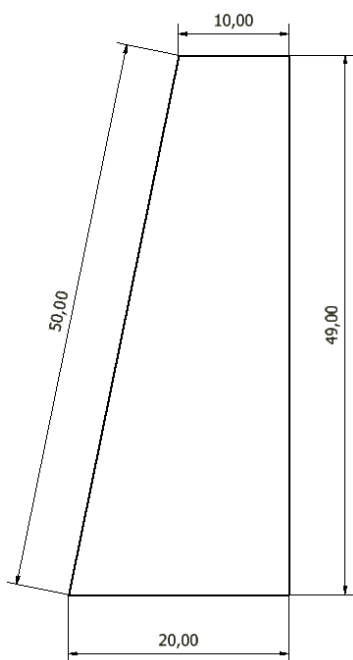
Este capítulo contempla el diseño y construcción del banco de prueba, haciendo mención de los materiales utilizados e instrumentos instalados.

### 4.1. DISEÑO

Sobre la mesa base perteneciente al taller de hidráulica se instaló un panel superior (Figura 22) construido con aluminio industrial calibre 14.



**Figura 22. Diseño CAD del banco de prueba con panel superior incluido**



El panel frontal tiene un ancho de 100 cm (1 m).

Está formado por 3 piezas: las dos caras laterales (Figura 23) y la pieza central que mide 100 cm x 62 cm. La misma se dobla en la parte superior para obtener la forma deseada.. Las 3 piezas fueron unidas por remaches.

En todos los bordes se aplica un dobles de 2 cm para fortalecer el panel. Es importante resaltar que estos 2 cm no se muestran en la Figura 23

El panel fue fijado a la mesa base mediante tornillos.

**Figura 23. Medidas de las caras laterales del panel frontal (medidas en cm)**

En el mismo se distribuyeron los instrumentos y conectores de la siguiente forma:

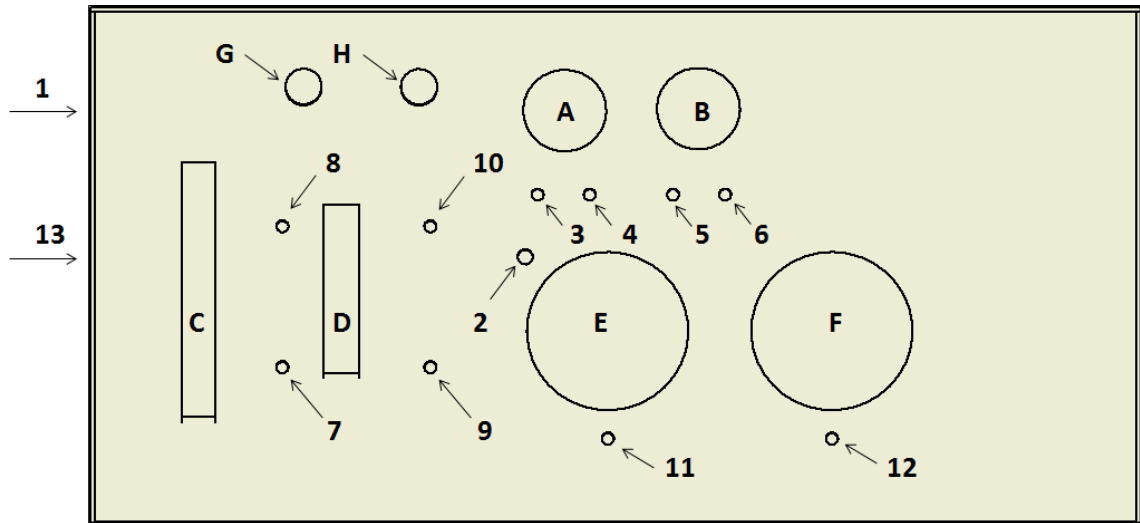
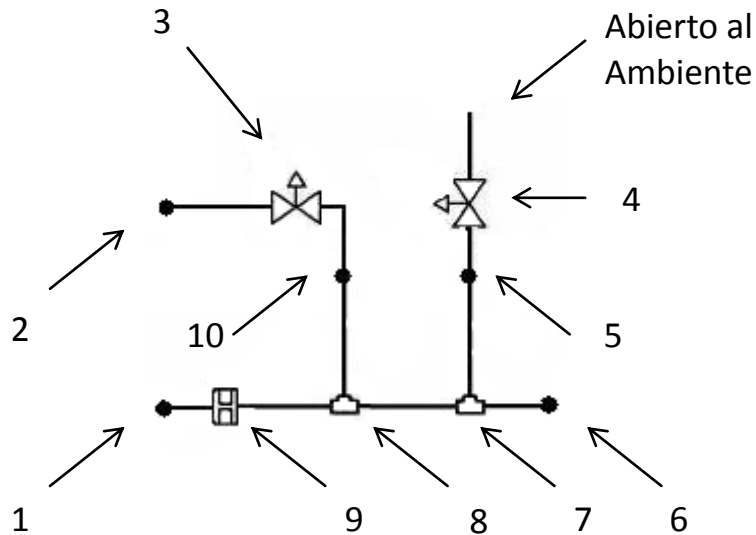


Figura 24. Numeración de Instrumentos y conectores banco de prueba

Tabla 6. Identificación de los conectores presentes en el panel frontal

<b>1</b>	Puerto de entrada para succión	<b>7</b>	Puerto de entrada del medidor de flujo (C)
<b>2</b>	Puerto de salida para conectar con válvulas durante el chequeo	<b>8</b>	Puerto de salida del medidor de flujo (C)
<b>3</b>	Puerto de entrada de Baja presión Manómetro diferencial (A).	<b>9</b>	Puerto de entrada del medidor de flujo (D)
<b>4</b>	Puerto de entrada de Alta presión Manómetro diferencial (A).	<b>10</b>	Puerto de salida del medidor de flujo (D)
<b>5</b>	Puerto de entrada de Baja presión Manómetro diferencial (B).	<b>11 y 12</b>	Puerto de entrada de los Manómetros (E) y (F)
<b>6</b>	Puerto de entrada de Alta presión Manómetro diferencial (B).	<b>13</b>	Puerto de entrada de aire

Los puertos 1,2 y 13 (Figura 47) junto a las válvulas de aguja G y H forman parte de un conjunto de tuberías internas como se muestra a continuación:



**Figura 25. Conjunto de tuberías internas del panel frontal**

Las tuberías que van desde 1 hasta 6, incluyendo los tramos 8-10 y 7-5, son de 5/16” de diámetro interno (-6). El resto de las tuberías tienen un diámetro de 3/16” de diámetro interno (-4).

**Tabla 7. Identificación de partes mencionadas en la Figura 25**

<b>1</b>	Entrada de aire (Item 13, Figura 24)	<b>6</b>	Puerto de salida panel frontal (Item 2, Figura 24)
<b>2</b>	Entrada de succión de aire (Item 1, Figura 24)	<b>7</b>	T para unión de tuberías
<b>3</b>	Válvula de aguja (Item G, Figura 24)	<b>8</b>	T para unión de tuberías
<b>4</b>	Válvula de aguja (Item H, Figura 24)	<b>9</b>	Restrictor (0,025 in)
<b>5</b>	Reductor de tubería (-6 a -4)	<b>10</b>	Reductor de tubería (-6 a -4)

## 4.2. INSTRUMENTOS

En el panel se instalaron un total de seis instrumentos como se muestra en la Figura 24.

- Manómetro diferencial. Marca: ITT Barton. (Item A, Figura 24).

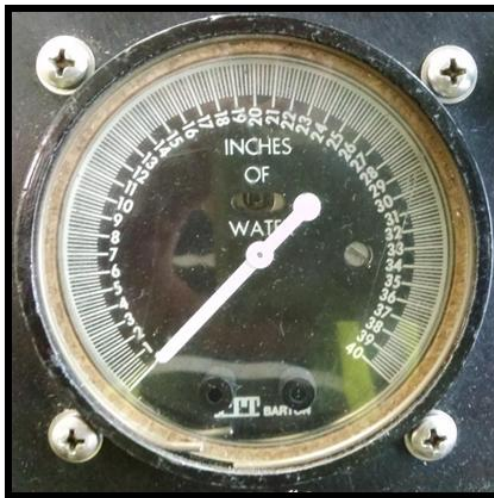


Rango: 0-30 inHg

Apreciación: 0,2 inHg

Figura 26. Manómetro de pulgadas de mercurio ( ITT Barton).

- Manómetro diferencial. Marca: ITT Barton. (Item B, Figura 24).



Rango: 0-40 inH<sub>2</sub>O

Apreciación: 0,2 inH<sub>2</sub>O

Figura 27. Manómetro de pulgadas de agua (ITT Barton).

- Manómetro. Marca: Ashcroft. (Item E, Figura 24).



Rango: 0-60 psi.

Apreciación: 0,2 psi

Modelo: 45 1082

Dial: 4 ½

Conexión trasera: ¼ NPT

**Figura 28. Manómetro Ashcroft 0-60 psi**

- Manómetro. Marca: Ashcroft. (Item F, Figura 24).



Rango: 0-100 psi.

Apreciación: 1 psi

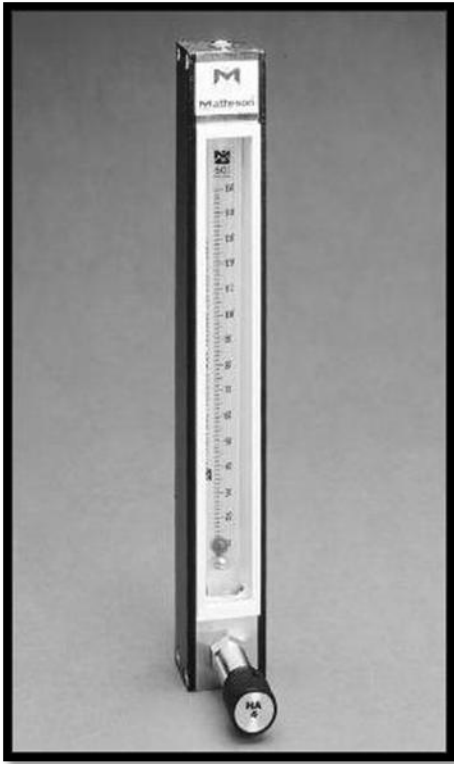
Modelo: 45 1377

Dial: 4 ½

Conexión trasera: ¼ NPT

**Figura 29. Manómetro Ashcroft 0-100 psi**

- Medidor de Flujo Matheson Serie FM-1050. (Item C, Figura 24)



**Figura 30. Medidor de flujo Matheson**

Presión máxima: 250 psig.

Temperatura máxima: 250 °F (121 °C).

Precisión: ±5% escala completa.

Repetibilidad: 0,25% lectura de la escala.

**Tabla 8. Rango de medida según el gas de trabajo**

Tubo No.	Material Flotador	Oxígeno (SLPM)	Aire (SLPM)	Nitrógeno (SLPM)	Helio (SLPM)	Hidrógeno (SLPM)
E500	Vidrio & Acero inoxidable	0,24-4,69	0,23-4,6	0,25-5	0,51-10,4	0,81-16,2

**Nota:** estos valores responden a condiciones de 21 °C y 14,7 psia.

Tamaño de la válvula: 8

El medidor de flujo presenta una escala de 0 a 150 mm. Según el gas de trabajo, la presión y temperatura local; se acude a tablas que otorga el fabricante para conocer a que flujo equivale el valor medido.

- Medidor de Flujo VFB – Serie 4". (Item D, Figura 24)



Presión máxima: 100 psig

Temperatura máxima: 66 °C (150 °F).

Precisión: ±3% escala completa.

Escala: 0,3 – 3 SCFM Aire.

**Figura 31. Medidor de Flujo Dwyer VFB**

### 4.3. CONSTRUCCIÓN

Para la construcción del banco de prueba se utilizó como base, una mesa (Figura 32) perteneciente al departamento de hidráulica de la empresa Aeropostal-Alas de Venezuela.



**Figura 32. Mesa base para banco de prueba.**



**Figura 33. Foto lateral mesa base para banco de prueba**

Esta mesa fue totalmente reacondicionada, empezando por ser repintada como se muestra a continuación:



**Figura 34. Mesa base del banco de prueba repintada**

La parte superior fue lijada completamente y se colocó una formica nueva como se puede observar en la Figura 35.



**Figura 35. Mesa base del banco de prueba reacondicionada**



**Figura 36. Foto trasera de la mesa base del banco de prueba reacondicionada**

Luego se instaló el panel superior ya con sus respectivos agujeros y pintado



**Figura 37. Banco de prueba sin instrumentos**

El panel se fijó a la mesa por medio de seis tornillos.

Luego, se realizó la instalación de todos los instrumentos.



**Figura 38. Banco de prueba con instrumentos instalados**

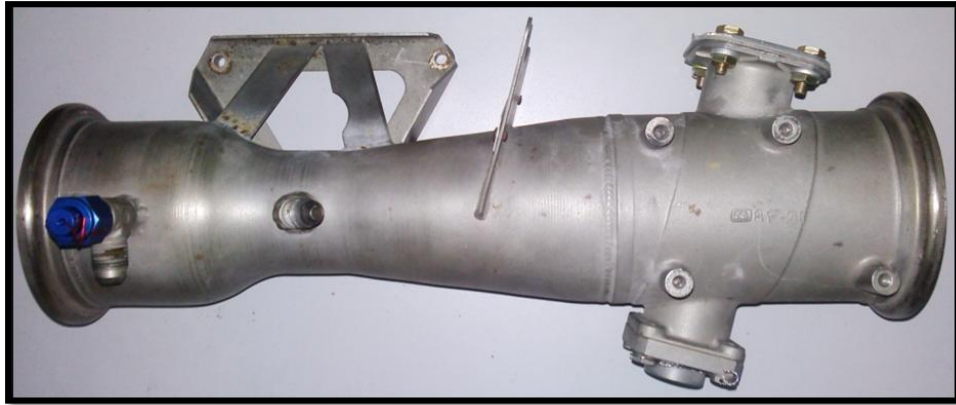
Por último, se realizaron todas las conexiones traseras necesarias.



**Figura 39. Conexión de los instrumentos en el banco de prueba**

#### 4.4. ACCESORIOS

Además de la construcción del Banco de prueba como tal, también se construyeron algunos accesorios necesarios para realizar las diferentes pruebas propuestas por el fabricante. Estos se muestran a continuación:



**Figura 40. Tubo Venturi**

El mismo nos permite medir flujos que superan las 2 lb/min como sucede en algunas de las pruebas. El mismo se obtuvo a partir de una válvula reguladora de flujo ya obsoleta, la misma fue totalmente desmantelada, y se sellaron todos los agujeros.

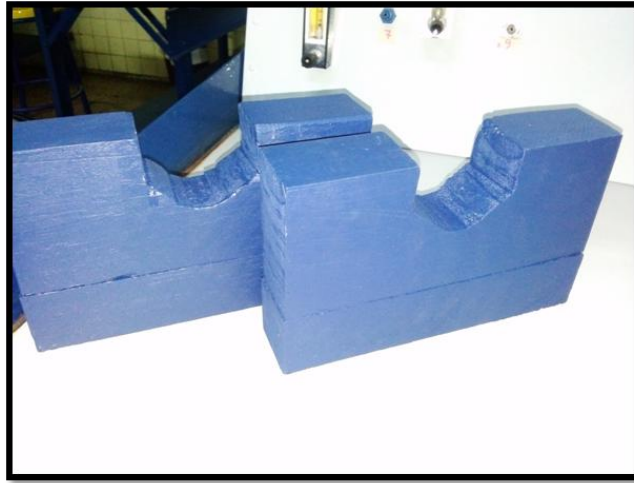


**Figura 41. Accesorio 1 para evaluar Válvula de control de temperatura del separador de agua**

Para la construcción de este accesorio (Figura 41) se tomó un tramo de tubería de un avión abandonado, luego se construyeron dos tapas de aluminio hechas a la medida de los ductos y se soldaron cuidadosamente para evitar cualquier fuga. A una de las tapas se le instaló un conector (fitting) necesario para realizar la conexión con la fuente de aire. La otra es una tapa ciega para tapar un ducto que no es necesario. El otro extremo queda abierto y es el que se conecta directamente a la válvula reguladora de temperatura del separador de agua como muestra la Figura 48. También cuenta con una toma que nos permite medir presión (A, Figura 48).



**Figura 42. Accesorio 2 para evaluar Válvula de control de temperatura del separador de agua**  
Accesorio necesario para realizar las pruebas 5.1.1. y 5.1.2. Un extremo fue sellado con una tapa de aluminio soldada a la medida y el otro queda libre para ser conectado a la válvula como muestra la Figura 48.



**Figura 43. Tacos de madera**

Estos tacos de madera sirven de soporte para las válvulas durante la realización de los ensayos.



Esta mesa fue construida para servir de soporte al generador de vacío. Cuenta con cuatro ruedas para facilitar el desplazamiento del equipo.

**Figura 44. Mesa de soporte del generador de vacío**



En esta figura se observa el generador de vacío colocado sobre la mesa construida.

**Figura 45. Generador de vacío**

## CAPÍTULO V: MANUAL OPERATIVO

En este capítulo se presenta el manual de funcionamiento y la adaptación de cómo realizar cada una de las pruebas propuestas por el fabricante para cada una de las válvulas, en el banco de prueba construido.



Figura 46. Banco de prueba en funcionamiento

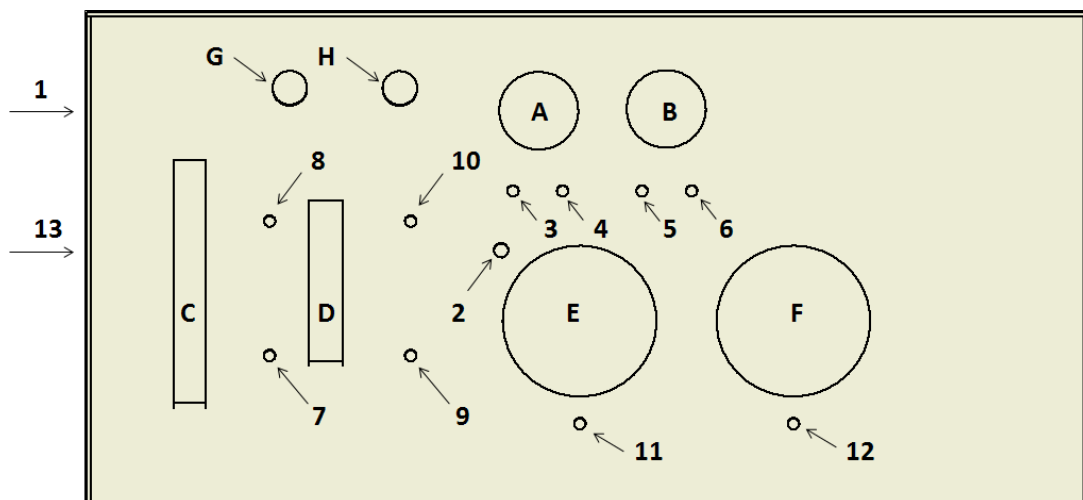


Figura 47. Numeración de Instrumentos y Conectores del panel del banco de pruebas

## 5.1. VÁLVULA REGULADORA DE TEMPERATURA DEL SEPARADOR DE AGUA

Para las dos primeras pruebas se aplicará el siguiente montaje (Figura 48)

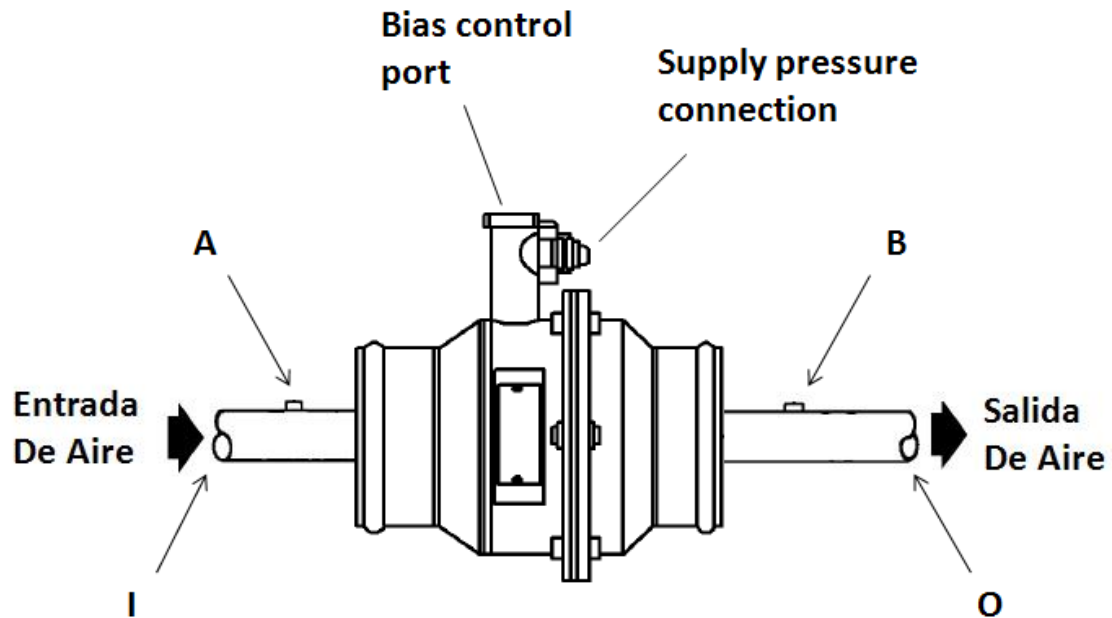


Figura 48. Montaje de prueba 1 de la válvula reguladora de temperatura del separador de agua

Tabla 9. Identificación de partes Figura 48

<b>A</b>	Puerto para medir presión de entrada
<b>B</b>	Puerto para medir presión de salida
<b>I</b>	Entrada de aire
<b>O</b>	Salida de aire

Los tramos de tubería del lado izquierdo y derecho son los mostrados en la Figura 41 y Figura 42 respectivamente.

### **5.1.1. Prueba de fuga en el Puerto (Port Leakage Test)**

(1) Consulte la Figura 47 y Figura 48 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Conecte la fuente de aire a la entrada de la válvula (I), conecte el puerto (A) del montaje al puerto (11, Figura 47) del panel y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 22 a 23 PSIG medidos en el manómetro (E). Conecte la salida de la válvula (O, Figura 48) en el puerto (9, Figura 47).

(3) La fuga del puerto medida en el medidor (D) no debe exceder 0.20 lb/min (2.7 SCFM).

(4) Si la fuga en el puerto es excesiva, chequee desgaste en la válvula de asiento (poppet assembly - 34, Figura 17) o desgaste en el asiento de la brida superior (poppet seat in housing - 49) en aquellas válvulas que hayan retornado de servicio.

Si la válvula ha sido reacondicionada o reparada, fugas excesivas pueden corregirse aflojando la tuerca (41) y reposicionando la guía de la válvula asiento (poppet guide) (43) o aflojando las tuercas (8) y reposicionando la carcasa de la válvula para asentar mejor la válvula de asiento (34).

### **5.1.2. Prueba de fuga en la carcasa (Case Leakage Test)**

(1) Asegúrese de que el “bias control port” y la conexión de presión (supply pressure connection) no están tapados u obstruidos y que la salida de la válvula (O, Figura 48) y el puerto B sí estén tapados.

(2) Conecte la fuente de aire al puerto (7, Figura 47) y conecte el puerto (8) a la entrada de la válvula (I, Figura 48). Conecte el puerto (A) del montaje al puerto (11, Figura 47) del panel y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 22 a 23 PSIG, medidos en el manómetro (E).

(3) Mida la fuga en el medidor (C).

(4) La fuga en la carcasa no debe exceder 0.005 lb/min de flujo. Nota: utilizar las tablas de medición que provee el fabricante para conocer el flujo medido.

(5) Si la fuga en la carcasa está dentro de los límites, el diafragma (37, Figura 17) y empacadura (29) son útiles.

Si la fuga en la carcasa es excesiva, aplique espuma para detección de fugas en el “bias control port” y en la conexión de presión (supply pressure connection). La aparición de burbujas indica una fuga excesiva y que el diafragma o empacadura está defectuoso. Aplique espuma para detección de fugas en las bridas que permiten el acoplamiento de las carcasas (12, 49). La aparición de burbujas indica deformación en la brida, empacadura defectuosa (14, 46) o espaciador (13) defectuoso.

(6) Remueva la válvula reguladora de temperatura del separador de agua del banco de pruebas.

Para las próximas tres pruebas aplicará el siguiente montaje:

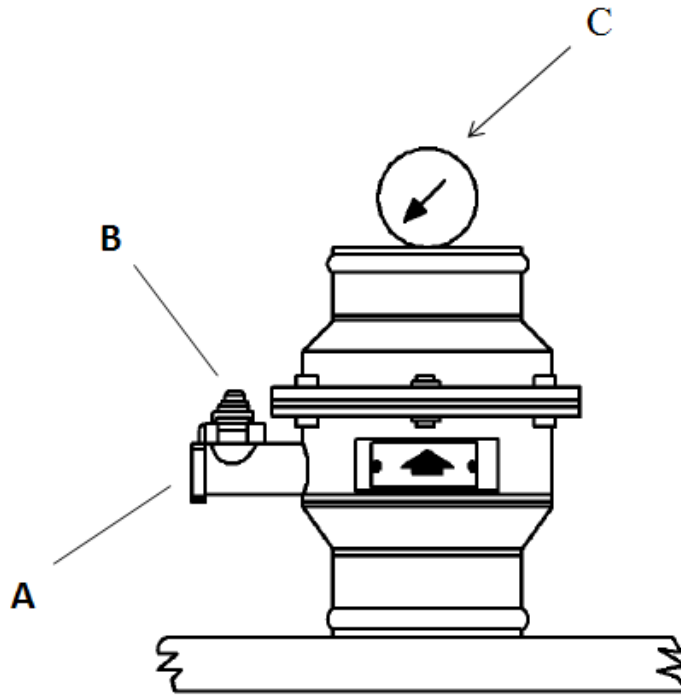


Figura 49. Montaje de prueba 2 de la válvula reguladora de temperatura del separador de agua

Tabla 10. Identificación de partes Figura 49

A	Bias control port
B	Supply pressure connection
C	Reloj comparador

### 5.1.3. Prueba de presión de abertura (Check Crack Pressure).

(1) Consulte la Figura 49 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Conecte el generador de vacío al puerto (1, Figura 47), conecte el puerto (2) en el “bias control port” de la válvula. Conecte el puerto (B) de la válvula al puerto (3, Figura 47) del panel y ajuste lentamente las válvulas de aguja (G, H) para incrementar

el vacío. Observe el reloj comparador (C, Figura 49) y note cuando empiece el movimiento de la válvula de asiento (valve poppet assembly). El movimiento debe ocurrir entre 3.8 y 4.4 inHg por debajo de la presión atmosférica medida en el manómetro (A, Figura 47).

(3) Si el movimiento de la válvula asiento (34, Figura 17) ocurre antes de 3.8 inHg por debajo de la presión atmosférica en válvulas retornadas de servicio, puede indicar resortes débiles (17, 18, 20). Si se requiere más de 4.4 inHg por debajo de la presión atmosférica para causar movimiento en una válvula que recién ha retornado de servicio, puede indicar una acumulación de contaminantes, desalineación o daños en el conjunto de guía (43), causando fricción de arrastre sobre el conjunto de asiento de la válvula. Inspeccione la guía del asiento. Si no se ha realizado la prueba de fugas en la carcasa (case leakage test), compruebe si hay daños en la membrana.

(4) Si el movimiento de la válvula asiento (34) se produce en menos de 3,8 inHg o más de 4,4 inHg por debajo de la presión atmosférica, en válvulas que recién han sido revisadas, la recalibración puede ser necesaria. Calibre ajustando la tuerca (15) y repita la prueba de presión de apertura (crack pressure check).

#### **5.1.4. Prueba de posicionamiento (Perform Position Check)**

(1) Consulte la Figura 49 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Conecte el generador de vacío al puerto (1, Figura 47). Conecte el puerto (2) en el “bias control port”. Conecte el puerto (B) de la válvula al puerto (3, Figura 47) del panel y ajuste lentamente las válvulas de aguja (G, H) para incrementar el vacío. Observe el reloj comparador (C, Figura 49) y note cuando este registre 0.200 pulgadas de movimiento, note la presión de vacío indicada en el manómetro (A, Figura 47). El manómetro debe indicar de 7.2 a 8.0 inHg por debajo de la presión atmosférica.

(3) En válvulas retornadas de servicio, la incapacidad de lograr un movimiento completo de 0.2 pulgadas (5.08 mm) puede indicar obstrucción o desalineación de la guía del asiento (43, Figura 17) o fuga en la cámara de control de la carcasa de entrada (inlet housing assembly, 12).

En las válvulas recién revisadas, la incapacidad de lograr un movimiento completo puede indicar que las empaaduras (44, 45) están adheridas o mal instaladas, o podría tratarse de fugas o defectos en la cámara de control de la carcasa de entrada (12).

Nota: empaaduras pegajosas (44, 45) en la guía del asiento pueden evitarse calentando las empaaduras a 347 °F (175 °C) durante 1 a 2 horas antes de instalarse en la guía del asiento.

#### **5.1.5. Prueba de amortiguación (Damping Test)**

(1) Consulte la Figura 49 para todos los ítem numerados, a menos que se especifique lo contrario.

(2) Conecte el generador de vacío al puerto (1, Figura 47). Conecte el puerto (2) en el “bias control port”. Conecte el puerto (B) de la válvula al puerto (3, Figura 47) del panel y ajuste lentamente las válvulas de aguja (G, H) para aplicar una presión de vacío (negativa) de 20 inHg medidas en el manómetro (A).

(3) Cierre la válvula de aguja (G) y prepare para medir el tiempo necesario por la válvula de asiento (valve poppet assembly) para recorrer 0.200 pulgadas (5.08 mm).

(4) Abra la válvula de aguja (G). Tan pronto como el manómetro (A) indique 20 inHg, inicie el cronómetro.

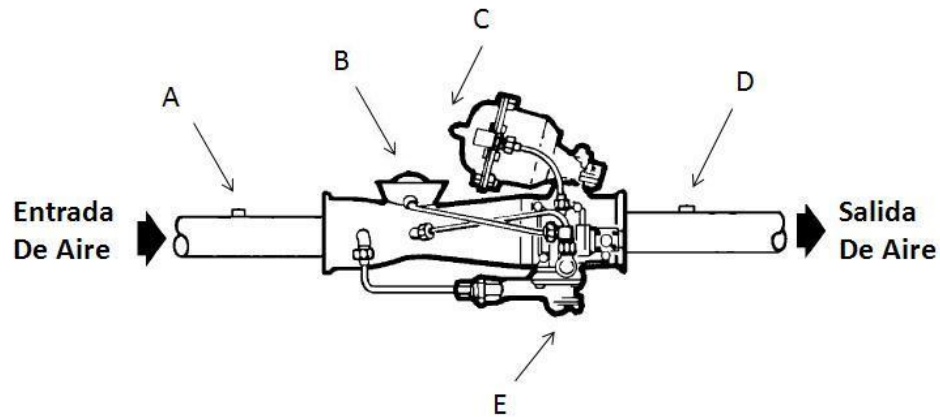
(5) Observe el reloj comparador (C, Figura 49). Cuando este muestre un movimiento de 0.200 pulgadas, detenga el cronómetro. El tiempo requerido para el movimiento debe ser de entre 7 y 15 segundos.

(6) Si el tiempo requerido por la válvula de asiento (valve poppet assembly) para moverse 0.200 pulgadas es menor que 7 segundos, la amortiguación es insuficiente e

indica que hay una cantidad excesiva de burbujas de aire en el líquido (silicón) de amortiguación. Si el tiempo requerido para un movimiento de 0.200 pulgadas es mayor a 15 segundos, es un indicio de excesiva fricción en las empaaduras (30, 44, 45, Figura 17) o desalineamiento en el ensamblaje del eje (28). Compruebe las empaaduras y el eje.

(7) Remueva la válvula del banco de prueba e instale el “bias control orifice” y empaaduras (6,7, Figura 17).

## 5.2. VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO



**Figura 50. Montaje 1 para la válvula reguladora de flujo**

NOTA: Todas las instrucciones están escritas asumiendo que todas las válvulas están cerradas y la presión de aire reducida a cero al concluir cada prueba y antes de iniciar otra. Asegúrese que la válvula aguja (G, Figura 47) del banco esté cerrada en todas las pruebas.

**Tabla 11. Identificación de partes Figura 50**

<b>A</b>	Puerto para medir presión de entrada
<b>B</b>	Puerto de entrada válvula reguladora de flujo
<b>C</b>	Tornillo de ensamble (99, Figura 21)
<b>D</b>	Puerto para medir presión de salida
<b>E</b>	Retenedor (54, Figura 20)

### **5.2.1. Chequeo de la válvula de detección de presión (Check pressure sensing valve)**

- (a) Conecte el puerto (A, Figura 50) del montaje al puerto (11, Figura 47) del panel. Conecte una fuente de aire en la entrada de la válvula y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de  $27.0 \pm 0.2$  psi. Medidos en el manómetro (E).
- (b) Conecte una T al puerto (2) del panel, un extremo conéctelo al puerto (B, Figura 50) de la válvula y el otro al puerto (6, Figura 47). Conecte una fuente de aire al puerto (13, Figura 47) y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 35 inH<sub>2</sub>O medidas en el manómetro (B).
- (c) Abra lentamente la válvula de aguja (H) para reducir la presión de aire hasta que el disco cierre.
- (d) Observe el manómetro y el acoplamiento del actuador de la válvula. El manómetro (B) debe indicar no menos de 4.5 pulg. de agua cuando el disco cierre.
- (e) Cierre lentamente la válvula de aguja (H) para incrementar la presión de aire hasta que el disco abra.
- (f) Observe el manómetro de agua (B) y el acoplamiento del actuador de la válvula. El disco debe continuar regulando o estar totalmente abierto antes de que el manómetro indique 6.5 pulg. de Agua.
- (g) Cierre el regulador de la fuente de aire.

### **5.2.2. Chequee fuga en el Puerto (Check port leakage )**

- (a) Conecte una fuente de aire al puerto (13), conecte el puerto (2) del panel al puerto (B, Figura 50) de la válvula. Ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 4.4 inHg (60 inH<sub>2</sub>O) medidas en el manómetro (A, Figura 47).
- (b) Energice el solenoide con  $26 \pm 2$  voltios dc para cerrar el disco.  
**PRECAUCIÓN: NO EXCEDER 1.0 AMPER DE CORRIENTE.**
- (c) Conecte el puerto (A, Figura 50) al puerto (11, Figura 47) y conecte una fuente de aire en la entrada principal de la válvula y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de  $30 \pm 1$  psig medidos en el manómetro (E).

- (d) Conecte el tubo venturi (Figura 40) en la salida de la válvula reguladora de flujo.
- (e) Ajuste el tornillo (C, Figura 50) para obtener un flujo de  $3 \pm 1$  libras por minuto medidos en el tubo venturi. Para obtener este flujo, se debe medir un determinado diferencial de presión entre las dos tomas de presión del tubo venturi, ubicadas en el inicio y en la garganta del mismo. Este diferencial de presión necesario varía según las condiciones atmosféricas locales. En condiciones atmosféricas estándar 4 Lb/min equivalen a un diferencial de presión de 0,4 inH<sub>2</sub>O. Y 2 lb/min equivalen a un diferencial de 0,1 inH<sub>2</sub>O.

NOTA: Girando el tornillo (C) en sentido horario se incrementa la fuga en el puerto mientras que girando el tornillo (C) en sentido antihorario se disminuye.

- (f) Des-energice y energice el solenoide de la válvula cinco veces.
- (g) Chequee nuevamente la fuga en el puerto (port leakage). La fuga debe ser  $3 \pm 1$  libras por minuto.
- (h) Ajuste el regulador para reducir la presión de entrada principal a cero, medida en el manómetro (E, Figura 47).
- (i) Des-energice el solenoide y ajuste el regulador para incrementar lentamente la presión de entrada principal medida en el manómetro (E).
- (m) Observe el actuador y chequee que el disco empieza a abrir antes de que el manómetro (E) indique 6 psig.

### **5.2.3. Repetir prueba de fuga en el Puerto (Recheck port leakage)**

- (a) Conecte un tubo venturi en la salida de la válvula reguladora de flujo y conecte la salida de este a una válvula de cierre (cerrada).
- (b) Conecte una fuente de aire al puerto (13, Figura 47), utilizando una T conecte el puerto (2) del panel al puerto (B, Figura 50) de la válvula. Ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 4.4 inHg (60 inH<sub>2</sub>O) medidas en el manómetro (A, Figura 47).

- (c) Conecte el puerto (A, Figura 50) al puerto (11, Figura 47) y conecte una fuente de aire en la entrada principal de la válvula y ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de  $30 \pm 1$  psig medidos en el manómetro (E).
- (d) Abra completamente la válvula de cierre instalada en el paso (a).
- (e) Energice y des-energice el solenoide cinco veces con  $26 \pm 2$  volts dc.
- (f) Energice el solenoide para cerrar el disco.
- (g) Se debe medir una fuga de  $3 \pm 1$  libras por minuto en el tubo venturi. Para obtener este flujo, se debe medir un determinado diferencial de presión entre las dos tomas de presión del tubo venturi, ubicadas en el inicio y en la garganta del mismo. Este diferencial de presión necesario varía según las condiciones atmosféricas locales. En condiciones atmosféricas estándar 4 Lb/min equivalen a un diferencial de presión de 0,4 inH<sub>2</sub>O. Y 2 lb/min equivalen a un diferencial de 0,1 inH<sub>2</sub>O.
- (h) Ajuste el regulador de la entrada principal de aire para reducir a cero la presión de entrada, medida en el manómetro (E).
- (i) Des-energice el solenoide y ajuste el regulador para incrementar lentamente la presión de entrada, medida en el manómetro (E).
- (j) Chequee que el disco empieza a abrirse antes de que el manómetro (E) indique 6 psig.

#### **5.2.4. Chequee presión mínima de operación (Check minimum operating pressure).**

- (a) Conecte una válvula de cierre en la salida de la válvula reguladora de flujo y ciérrela.
- (b) Conecte una fuente de aire al puerto (13, Figura 47), utilizando una T conecte el puerto (2) del panel al puerto (B, Figura 50) de la válvula y el otro extremo al puerto (4, Figura 47) ajuste el regulador para aplicar una presión de entrada de 4.4 inHg (60 inH<sub>2</sub>O) medidas en el manómetro (A).

- (c) Conecte el puerto (A) del montaje al puerto (12) del panel. Conecte una fuente de aire a la entrada principal de la válvula y ajuste el regulador para incrementar lentamente la presión de entrada a 11 psig medidos en el manómetro (F).
- (d) Abra completamente la válvula de cierre instalada en el paso (a).
- (e) Cierre lentamente la válvula de cierre. Observe el manómetro (F) y el actuador.
- (f) Chequee que el disco está totalmente abierto cuando el manómetro (E) indique  $10.5 \pm 0.5$  psig a medida que es cerrada la válvula de cierre.

#### **5.2.5. Chequee fuga en la carcasa (Check case leakage).**

- (a) Conecte una válvula de cierre (o una tapa) en la salida de la válvula reguladora de flujo y ciérrela completamente para evitar la salida de aire.
- (b) Conecte una fuente de aire al puerto (9, Figura 47) del panel, luego conecte el puerto (10) del panel a la entrada principal de la válvula reguladora de flujo. Conecte el puerto (A, Figura 50) al puerto (11, Figura 47) del panel y aplique una presión de entrada de  $30 \pm 1$  psig, medidos en el manómetro (E).
- (c) Mida la fuga en la carcasa de la válvula con el medidor de flujo (D). La fuga no debe exceder 0.20 libras por minuto (2,7 SCFM).
- (d) Aplique una solución de detergente al retenedor (E), tubos y uniones. La válvula debe estar libre de fugas suficientemente grandes como para romper las burbujas.  
NOTA: Si fue hecho cualquier ajuste (incluyendo ajustes para corregir fuga) después de la calibración inicial, vuelva a realizar todas las pruebas que haya hecho antes del ajuste.
- (e) Cierre todas las válvulas y reguladores y remueva la válvula reguladora de flujo del banco de pruebas.

**Nota:** Las pruebas 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5. Propuestas por el fabricante no se podrán realizar de momento en el banco de prueba construido.

## SINTESIS Y CONCLUSIONES

- El banco de prueba se encuentra totalmente funcional y con los accesorios necesarios para realizar las 5 pruebas propuestas por el fabricante para la Válvula de control de temperatura del separador de agua y para realizar 5 de las 8 pruebas de la Válvula reguladora de flujo.
- Los costos de realización del banco de pruebas fueron reducidos porque solo se requirió la compra de dos manómetros. El resto de instrumentos y materiales fueron recolectados dentro de la misma empresa. Además, no se requirió de mano de obra externa a la empresa.
- El panel frontal del banco cuenta con espacio disponible para instalar nuevos instrumentos y accesorios para ampliar las capacidades del mismo.
- El banco de prueba cuenta con cuatro ruedas que permiten el desplazamiento del mismo con facilidad.
- El banco de prueba se encuentra ubicado en el taller de hidráulica al lado de una toma de corriente de 28V, la cual permite realizar las pruebas en que es necesario energizar el solenoide de la Válvula reguladora de flujo.

## RECOMENDACIONES

- Utilizar el manual operativo propuesto para un óptimo desempeño del banco de pruebas durante la realización de los diferentes ensayos.
- Realizar un minucioso proceso de calibración del banco de pruebas y repetir este proceso una vez al año.
- Reparar el motor del generador de vacío o en su defecto adquirir un nuevo equipo.
- Procurar la compra de una fuente de aire comprimido, limpio, filtrado y seco con un rango de presión de 0 a 75 psig y una capacidad de flujo de hasta 174 lb/min.
- Procurar la compra de un medidor de flujo de aire o nitrógeno con la capacidad de medir de forma precisa  $3\pm 1$  Lb/min.
- Procurar la compra de un medidor de flujo de aire o nitrógeno con la capacidad de medir de forma precisa 172 Lb/min.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aeropostal Alas de Venezuela, Departamento de Control de calidad (2012). *Informe de confiabilidad operacional de Aeropostal Alas de Venezuela*.

Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2003). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Water Separator Temperature Control Valve #979680*.

Honeywell International Inc. Engines, Systems & Services (2004). *Overhaul Manual with Illustrated Parts List, Air conditioning three-inch diameter flow control valve #396130*.

Boeing Company (2013), *Aircraft Maintenance Manual MD-80, TP-80MM-AZ*.

Boeing Company (2013), *Illustrated Parts Catalog MD-80, TP-80IPC-AZ-088*.

Alitalia (2009), *Operations Manual MD-80 Volume I, Part B*.

Potter, M., Wiggert, D., 1998. *Mecánica de fluidos*. Editorial PRENTICE HALL; segunda edición; México.

Ibarra H., Roberto. Tovar A., Karine (2006). *Rediseño y construcción de un banco de ensayos para el estudio de flujo de gas y/o de líquido isotérmico en tuberías*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Comisión de Bibliotecas (2012). *Instructivo para la presentación de tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajos de ascenso*. Caracas, Morella Mikaty.