



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS



Índice

1. Introducción	4
2. Objetivos	4
3. Descripción de los equipos de laboratorio	4
3.1. Banco de Pérdidas	5
3.1.1. Propósito del equipo	5
3.1.2. Especificaciones técnicas	5
3.1.3. Principios de operación	6
3.1.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	6
3.1.5. Montaje	7
3.1.6. Montaje de los manómetros	7
3.1.7. Conexión a servicios	8
3.1.8. Mantenimiento general	10
3.2. Banco Hidráulico	11
3.2.1. Propósito del equipo	11
3.2.2. Principios de operación	11
3.2.3. Accesorios	12
3.2.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	13
3.2.5. Instalación del software	15
3.2.6. Conexión a servicios	15
3.2.7. Mantenimiento General	16
3.3. Accesorios del banco hidráulico	18
3.3.1. Propósito del equipo	18
3.3.2. Principios de operación	18
3.3.3. Servicios requeridos para su instalación y operación	18
3.3.4. Mantenimiento general	19
3.4. Banco Hidrostático	20
3.4.1. Propósito del equipo	20
3.4.2. Especificaciones técnicas	20
3.4.3. Principios de operación	21
3.4.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	21
3.4.5. Mantenimiento general	21
3.5. Caldera de Marcet	22
3.5.1. Propósito del equipo	22



3.5.2. Especificaciones técnicas	22
3.5.3. Principios de operación	23
3.5.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	24
3.5.5. Conexión a servicios	25
3.5.6. Mantenimiento general	25
3.6. Teorema de Bernoulli	26
3.6.1. Propósito del equipo	26
3.6.2. Principios de operación	26
3.6.3. Servicios requeridos para su instalación y operación	28
3.6.4. Conexión a servicios	30
3.6.5. Mantenimiento general	30
3.7. Flujo en Red de Pipas	32
3.7.1. Propósito del equipo	32
3.7.2. Especificaciones técnicas	32
3.7.3. Principios de operación	33
3.7.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	33
3.7.5. Conexión a servicios	33
3.7.6. Mantenimiento general	33
3.8. Leyes de los Gases	34
3.8.1. Propósito del equipo	34
3.8.2. Especificaciones técnicas	34
3.8.3. Principios de operación	34
3.8.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	36
3.8.5. Conexión a servicios	36
3.8.6. Mantenimiento general	37
3.9. Medidor de Flujo	38
3.9.1. Propósito del equipo	38
3.9.2. Principios de operación	38
3.9.3. Servicios requeridos para su instalación y operación	39
3.9.4. Mantenimiento general	40
3.10. Refrigerador	41
3.10.1. Propósito del equipo	41
3.10.2. Principios de operación	41
3.10.3. Servicios requeridos para su instalación y operación	41
3.10.4. Conexión a servicios	42
3.10.5. Mantenimiento general	42



3.11. Turbina Pelton	43
3.11.1. Propósito del equipo	43
3.11.2. Principios de operación	43
3.11.3. Especificaciones técnicas	43
3.11.4. Servicios requeridos para su instalación y operación	44
3.11.5. Conexión a servicios	44
3.11.6. Mantenimiento general	44
 4. Referencias	 45

1. Introducción

El presente manual está dirigido a todo el personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos del laboratorio de termofluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Anáhuac México, Campus Sur; y ha sido desarrollado con el fin de apoyar en la comprensión de los requerimientos técnicos relacionados con la instalación, uso y mantenimiento de un grupo de equipos que resultan de gran importancia para la realización de prácticas de laboratorio y actividades de investigación.

En el manual se describen algunos de los equipos más comúnmente usados y sus principales funciones.

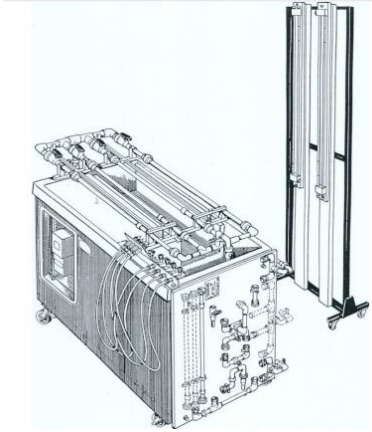
Es importante hacer notar que este manual no pretende ser un sustituto del manual del fabricante, sino por el contrario un complemento de él.

2. Objetivos

- Describir la operación de los equipos usados en el laboratorio.
- Mostrar al operador el uso, mantenimiento y cuidado adecuado de los equipos, fomentando el seguimiento de las recomendaciones del fabricante.

3. Descripción de los equipos de laboratorio

3.1. Banco de Pérdidas



3.1.1. Propósito del equipo

El banco de pérdidas es un instrumento de uso común en el campo de la hidráulica debido a que está diseñado específicamente para permitir la configuración de una amplia gama de matrices de tuberías y la medición del flujo y presiones utilizando agua como fluido.

3.1.2. Especificaciones técnicas

- Tubos de prueba
 - 1 de 22.5mm I/D de 0.7m de largo
 - 2 de 17.5mm I/D de 0.7m de largo
 - 2 de 13.0mm I/D de 0.7m de largo
- Bomba
 - Tipo sumergible - Potencia 0.55kW 2800 RPM
- Rango Volumétrico
 - 0-6 litros nivel de caudal bajo
 - 0-40 litros nivel de caudal alto
- Manómetros
 - Manómetro de agua a presión de 1 metro
 - Manómetro de Mercurio de 1 metro
- Conexiones del manómetro

- Sondas remotas con purga de aire a través de una válvula de bola ventilada
- Colectores
 - Varios con tomas de presión de sellado automático

3.1.3. Principios de operación

El banco se compone de molduras G.R.P superior e inferior, las cuales están diseñadas para mayor durabilidad y libertad de mantenimiento. La moldura inferior se encuentra incorporada a un tanque de almacenamiento de agua, desde el cual una bomba centrífuga suministra agua al sistema que se encuentra bajo análisis.

La moldura superior incorpora un tanque medición volumétrico escalonado el cual permite la medición de caudales altos y bajos, indicando el nivel de agua mediante un tubo de visión remota y una escala que se encuentra en la parte frontal del banco.

Igualmente el equipo cuenta con un baffle el cual reduce las perturbaciones en el tanque volumétrico. Una válvula de descarga en la base devuelve el agua medida al tanque.

La parte superior del banco está equipada con un marco de soporte de metal para las redes de tuberías y para el colector de entrada que es común a cualquier sistema seleccionado. Se proporcionan cinco longitudes de tubería en tres diámetros diferentes, los cuales pueden ser conectados en una amplia gama de configuraciones en serie, paralelo y mixtas gracias a los accesorios de interconexión. Las diferencias de presión entre los puntos del sistema se miden con manómetros de tubo “U”; agua para las diferencias más bajas y mercurio para las más altas.

El aire en los tubos de conexión del manómetro se purga automáticamente de las llaves de paso utilizadas para cerrar los manómetros. La longitud intercambiable de la tubería y los accesorios de interconexión se almacenan en una placa unida a un extremo del banco.

Para conectar una sonda de prueba a un punto de presión, simplemente se debe empujar la punta de la sonda de prueba dentro del punto de presión hasta que se traben. Para desconectar una sonda de prueba de un punto de presión, se debe oprimir el clip de metal en el lado del punto de presión para liberar la sonda de prueba. La sonda de prueba y el punto de presión se sellarán para evitar la pérdida de agua.

3.1.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo está diseñado para colocarse en el piso en una ubicación estática y requiere un piso firme y nivelado.

El equipo requiere conexión a un suministro eléctrico con fusible monofásico.

El equipo cuenta con 4 metros de cable de alimentación.

La instalación se puede llevar a cabo con la utilización de un kit básico de herramientas.

Las dimensiones del equipo son:

- Alto 1.3m
- Largo 0.78m
- Ancho 2.0m

Es una unidad autónoma y solo necesita un suministro temporal de agua fría para el llenado inicial.

3.1.5. Montaje

1. Sujetar el marco de soporte de la red de tuberías (15) a la parte superior del banco con los cuatro pernos de sujeción largos.
2. Fijar el soporte angular (14) que lleva las válvulas de purga de aire al banco con el perno de sujeción restante, y al marco de soporte de la red de tuberías (15) con el perno M4 x 15 mm de largo.
3. Colocar el marco del colector de entrada (9) en el marco de soporte de la red de tuberías y sujetarlo.
4. Conectar el colector de entrada (9) a la bomba usando el tubo flexible.
5. Conectar los cuatro tubos de prueba al colector de entrada y sujetarlos usando las abrazaderas (17).
6. Conectar el colector de salida (16) a los tubos de prueba con el tubo de descarga en el tanque volumétrico.

Nota: Asegurarse de que todos los acoplamientos entre los colectores y los tubos de prueba estén apretados.

3.1.6. Montaje de los manómetros

1. Sujetar la base del soporte a la unidad central con los pernos provistos.
2. Sujetar los dos manómetros a la unidad central con el manómetro de mercurio en el lado izquierdo del marco.

Nota: Hay 2 espaciadores para el manómetro de agua pero solo 1 para la parte superior del manómetro de mercurio.

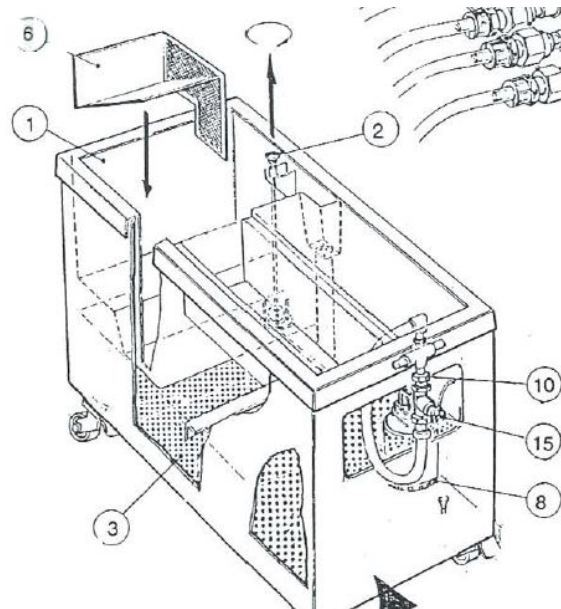


Figura 1: Montaje.

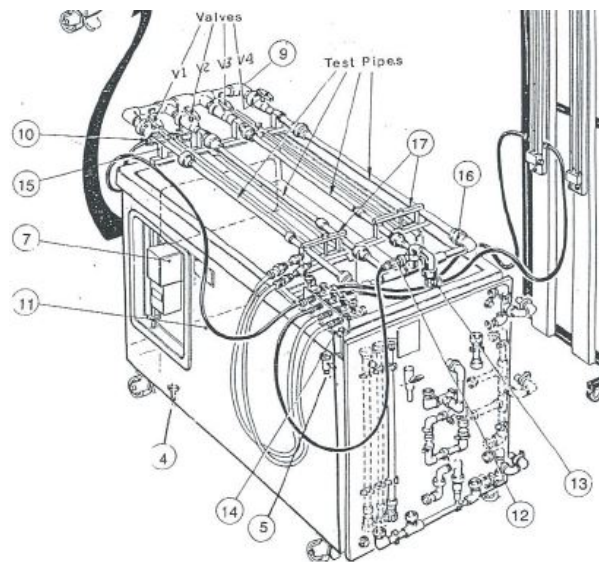


Figura 2: Montaje.

3.1.7. Conexión a servicios

■ Suministro eléctrico para la versión C11-A

- El suministro eléctrico estándar para este equipo es de 220/240V, 50Hz.
- La conexión debe realizarse al cable de alimentación de la siguiente manera:
 - Verde/Amarillo va a tierra

- Café va a voltaje
- Azul va al neutral
- Evaluación del fusible 13 AMP

■ **Suministro eléctrico para la versión C11-B**

- El suministro eléctrico estándar para este equipo es de 120V, 50Hz.
- La conexión debe realizarse al cable de alimentación de la siguiente manera:
 - Verde/Amarillo va a tierra
 - Café va a voltaje
 - Azul va al neutral
 - Evaluación del fusible 25 AMP

Agua Fría

El equipo es autónomo y no requiere conexión permanente a un suministro de agua. Se requerirá un suministro inicial de agua fría para llenar el tanque. También se requerirá agua para limpiar/enjuagar después del uso.

Desagüe

El equipo es autónomo y no requiere drenaje para su funcionamiento normal. Se requerirá un drenaje para fines de limpieza/lavado.

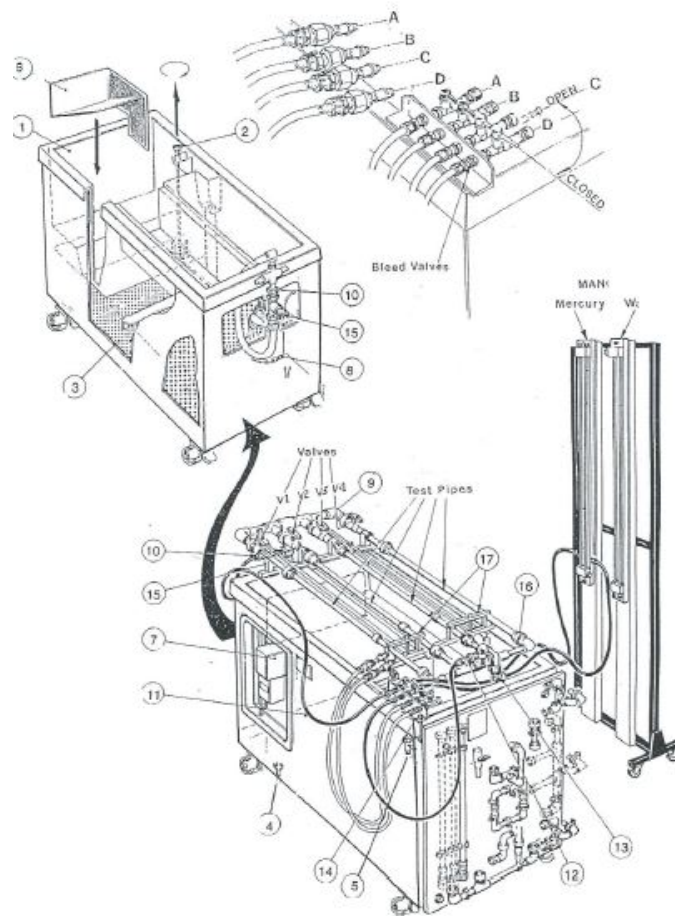


Figura 3: Montaje completo.

3.1.8. Mantenimiento general

Para preservar la vida útil y la operación eficiente del equipo, es importante que el equipo se mantenga adecuadamente. El servicio/mantenimiento regular del equipo es responsabilidad del usuario final y debe ser realizado por personal calificado que entienda el funcionamiento del equipo.

Además del mantenimiento regular, se deben observar los siguientes puntos:

- Desconectar el equipo del suministro eléctrico cuando no se encuentre en uso.
- Si es probable que el equipo permanezca inactivo durante un tiempo considerable, drenar el agua del tanque utilizando la llave de drenaje provista.
- Limpiar todo el equipo a fondo después de su uso.

3.2. Banco Hidráulico



3.2.1. Propósito del equipo

El banco hidráulico y su amplia gama de accesorios opcionales se han desarrollado para instruir a los estudiantes en los diferentes aspectos de la teoría hidráulica.

3.2.2. Principios de operación

El banco se compone de molduras G.R.P superior e inferior, las cuales están diseñadas para mayor durabilidad y libertad de mantenimiento. La moldura inferior se encuentra incorporada a un tanque de almacenamiento de agua, desde el cual una bomba centrífuga suministra agua al sistema que se encuentra bajo análisis.

La moldura superior incorpora un tanque medición volumétrico escalonado el cual permite la medición de caudales altos y bajos, indicando el nivel de agua mediante un tubo de visión remota y una escala que se encuentra en la parte frontal del banco.

Igualmente el equipo cuenta con un baffle el cual reduce las perturbaciones en el tanque volumétrico. Una válvula de descarga en la base devuelve el agua medida al tanque.

El agua es extraída del tanque de sumidero por una bomba centrífuga que está montada en un hueco debajo del tanque de sumidero. Una válvula de control montada en el panel regula el flujo de la bomba a un conector de tubería de liberación rápida fácil de usar situado en el piso del canal de la mesa. El tubo de suministro flexible en la mayoría de los accesorios simplemente se conecta al conector de liberación rápida. Cuando se necesitan caudales más altos, como en el caso de los accesorios C4-MKII o C6-MKII, el conector de liberación rápida se desenrosca y se coloca un acoplamiento de orificio completo en su lugar.

El suministro eléctrico al motor de la bomba es a través de un interruptor y un dispositivo de corriente residual (RCD) montado en un hueco en la parte frontal del banco. Este último brinda una mayor protección al operador contra descargas eléctricas en caso de que el equipo se vuelva eléctricamente peligroso.

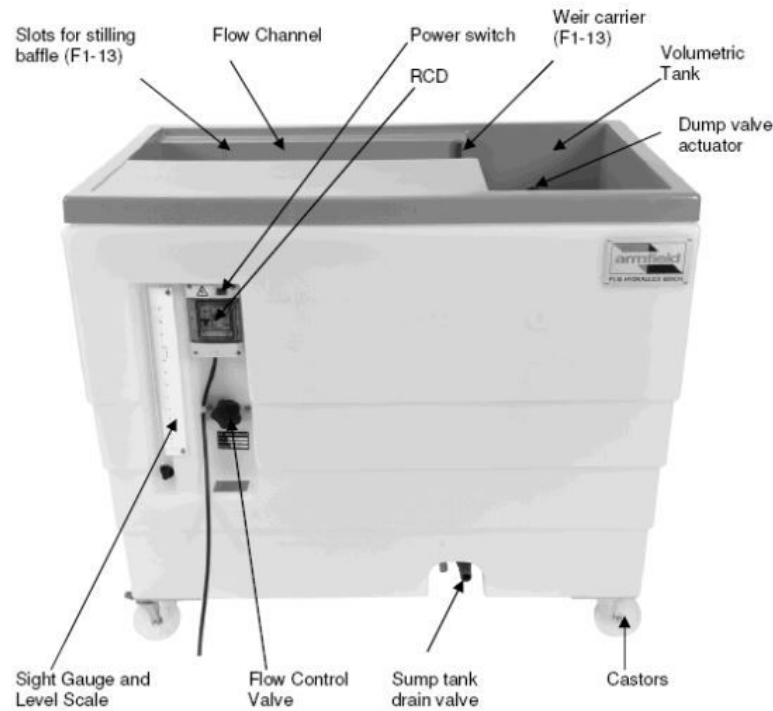


Figura 4: Localización de las partes del Banco Hidráulico.

3.2.3. Accesorios

Los siguientes accesorios son compatibles con el banco hidráulico F1-10:

- F1-11 Calibrador de peso muerto
- F1-12 Presión hidrostática
- F1-13 Flujo sobre vertederos
- F1-14 Altura metacéntrica
- F1-15 Demostración del teorema de Bernoulli
- F1-16 Impacto de un chorro
- F1-17 Orificio y flujo de chorro libre

- F1-17a Descarga de orificio
- F1-18 Pérdida de energía en tuberías (fricción de tuberías)
- F1-19 Canal de flujo
- F1-20 Demostración de Osborne Reynolds
- F1-21 Demostración de medidor de flujo
- F1-22 Pérdidas de energía en curvas
- F1-23 Vórtices libres y forzados
- F1-24 Ariete hidráulico
- F1-25 Demostración de la turbina Pelton
- F1-26 Bombas en serie / paralelo
- F1-27 Características una bomba centrífuga
- F1-28 Demostración de cavitación
- Canal de enseñanza multipropósito C4-MkII-2.5m (sección de trabajo de 2.5m)
- Canal de enseñanza multipropósito C4-MkII-5.0m (sección de trabajo de 5.0m)
- Aparato de fricción fluida C6-MkII-10

Cada accesorio cuenta con su software educativo que proporciona el cálculo automático de los resultados requeridos utilizando mediciones de entrada manual, junto con textos de ayuda que detallan los procedimientos experimentales.

3.2.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo se entrega completamente ensamblado y solo requiere llenarse con agua y conexión a un suministro eléctrico para que sea operativo.

El banco hidráulico está diseñado para una ubicación estática en un piso firme y nivelado. Para facilitar la movilidad, el banco está montado sobre cuatro ruedas, de las cuales dos tienen frenos. Soltar los frenos y coloque el banco adyacente al suministro de agua. Verificar que se haya retirado todo el embalaje del banco, cerrar la válvula de drenaje en la pared frontal del tanque y aplicar los frenos antes de llenar el tanque de sumidero con agua.

Antes de llenar con agua por primera vez, se sugiere limpiar el banco con un trapo con agua tibia para eliminar la grasa o la suciedad acumulada durante el envío.

Colocar una manguera de llenado en la ranura de desbordamiento en la pared lateral del tanque volumétrico para que el agua fluya directamente al tanque. Levantar la válvula de descarga fuera de la abertura en la base del tanque volumétrico para que se pueda observar el nivel dentro del tanque.

Agregar unas gotas de agente humectante al tanque, a través de la abertura en la base del tanque volumétrico, para minimizar los efectos de la tensión superficial. **Nota: Si se agrega demasiado agente humectante, se formará espuma y será necesario reemplazar el agua.**

Encender el suministro de agua y dejar que el tanque se llene hasta que el nivel del agua esté justo debajo de la válvula de salida en el fondo del tanque volumétrico.

Cuando el tanque esté lleno, cerrar el suministro de agua y retirar la manguera de llenado. Volver a colocar la válvula de descarga en la base del tanque volumétrico y ubicar el actuador en la posición elevada para que el agua pueda regresar al tanque desde el tanque volumétrico.

Soltar los frenos de las ruedas y mover el banco a la posición de operación requerida al alcance del suministro de electricidad.

Conectar la tubería de alimentación flexible al conector de liberación rápida en la entrada de agua en el lecho del canal. El extremo libre de la tubería de alimentación debe colocarse en el baffle del tanque volumétrico. Se debe cerrar la válvula de control de flujo.

Conectar el equipo al suministro eléctrico, asegurándose de que la etiqueta instalada en el cable de alimentación del equipo coincida con el suministro eléctrico. Encender el RCD y luego presionar el botón TEST para verificar que el RCD está funcionando correctamente. El RCD debe dispararse. Encender nuevamente el RCD.

Accionar el interruptor de Encendido/Apagado de la bomba, posteriormente abrir lentamente la válvula de control de flujo y verificar que el agua llegue al tanque volumétrico a través de la tubería de alimentación flexible.

Cuando la tubería se haya cebado completamente y el agua fluya de manera constante hacia el tanque volumétrico, soltar el actuador de la válvula de descarga para sellar la abertura en el fondo del tanque volumétrico. Permitir que el tanque volumétrico se llene hasta que el agua regrese al tanque a través del desbordamiento. Verificar que el tubo de visión esté lleno y que no haya burbujas de aire. Se debe repetir esta operación de llenado varias veces, asegurándose de que el tubo de visión no tenga burbujas de aire.

Ajustar el nivel del agua en el tanque volumétrico hasta que la superficie esté nivelada con el escalón en el fondo del tanque. Unas pocas gotas de agente humectante untadas sobre el escalón permitirán alcanzar un nivel preciso.

Si es necesario, aflojar los tornillos de fijación en la parte superior e inferior de la escala del tubo de visión y colocar la escala de modo que el menisco del líquido en el tubo esté nivelado

con la línea de referencia negra grabada entre las escalas inferior y superior. Esto asegurará que la escala esté posicionada correctamente para mediciones volumétricas usando los rangos bajo o alto.

3.2.5. Instalación del software

Para instalar el software:

- Insertar el CD.
- Escoger la opción “*Ejecutar*” en el menú de inicio.
- Escribir **d:setup** en el cuadro “*Abrir*” y luego escoger “*OK*”

El software para cada accesorio incluye una sección de Preguntas, diseñada para evaluar el conocimiento del estudiante de la teoría que se demuestra con ese accesorio.

La contraseña requerida para todo el software educativo de Armfield es “*armfield*”.

3.2.6. Conexión a servicios

- Suministro eléctrico para la versión F1-10-A
 - La conexión debe realizarse al cable de alimentación de la siguiente manera:
 - Verde/Amarillo va a tierra
 - Café/Negro va a voltaje
 - Azul/Blanco va al neutral
 - Fusible de 10A
 - El suministro eléctrico estándar para este equipo es de 220/230V, 50Hz
- Suministro eléctrico para la versión F1-10-B
 - La conexión debe realizarse al cable de alimentación de la siguiente manera:
 - Verde/Amarillo va a tierra
 - Café/Negro va a voltaje
 - Azul/Blanco va al neutral
 - Fusible de 20A
 - El suministro eléctrico estándar para este equipo es de 110/120V, 60Hz
- Suministro eléctrico para la versión F1-10-G
 - La conexión debe realizarse al cable de alimentación de la siguiente manera:

- Verde/Amarillo va a tierra
- Café/Negro va a voltaje
- Azul/Blanco va al neutral
- Fusible de 10A
- El suministro eléctrico estándar para este equipo es de 220V, 60Hz

Suministro de agua

Se requiere un suministro temporal de agua para llenar el tanque de sumidero (capacidad de 250 litros). La conexión a un suministro de agua no es necesaria cuando el banco está en uso.

Desagüe

Se requiere una conexión temporal a un drenaje al vaciar el tanque de sumidero después de su uso. Se debe conectar una manguera flexible adecuada (no suministrada) a la válvula de drenaje en la pared frontal del tanque de sumidero.

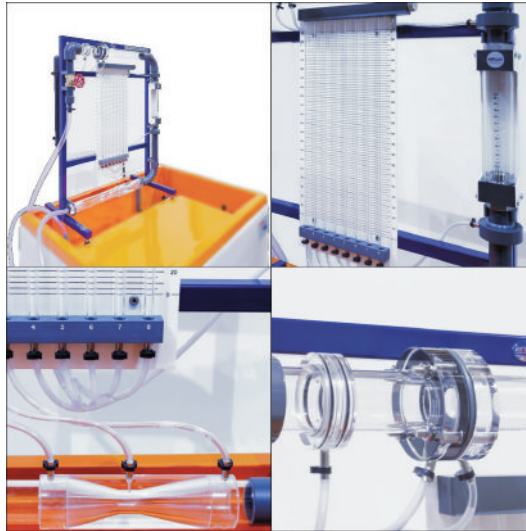
3.2.7. Mantenimiento General

1. Cuando no esté en uso, el banco hidráulico debe desconectarse del suministro eléctrico.
2. El banco debe estar desconectado del suministro eléctrico durante todas las operaciones de mantenimiento.
3. Después del uso, todos los accesorios deben retirarse del banco, drenarles el agua y limpiarse a fondo.
4. Si el banco no se va a usar por un período de tiempo, se debe drenar toda el agua a través de la válvula de drenaje en la pared frontal del tanque. Se puede usar una esponja para eliminar el agua restante del canal de flujo de la mesa y el tanque volumétrico.
5. Las molduras del banco deben limpiarse regularmente con un detergente suave o agente de limpieza adecuado para plásticos.
6. El agua en el tanque se debe reemplazar a intervalos regulares.

Cuando el tinte se usa con los accesorios apropiados, el agua deberá reemplazarse con más frecuencia. Se sugiere que el tanque se enjuague varias veces con agua limpia para eliminar cualquier contaminación.

La bomba centrífuga se encuentra en un hueco debajo del tanque. La bomba normalmente no debería requerir ningún mantenimiento. Sin embargo, si se requiere acceso a la bomba, entonces se debe drenar el tanque, se debe quitar la parte superior como se describe anteriormente y luego se debe volcar la moldura inferior hacia un lado sobre un pedazo grande de cartón o similar para proteger la moldura de daños.

3.3. Accesorios del banco hidráulico



3.3.1. Propósito del equipo

El banco hidráulico es una unidad de servicio completa y móvil, diseñada para adaptarse a una gran variedad de accesorios, desarrollados para instruir a los estudiantes sobre los diversos aspectos de la teoría hidráulica. Los accesorios necesitan solamente una conexión al banco, lo que permite aprovechar al máximo el tiempo de los estudiantes para realizar la demostración y las mediciones.

3.3.2. Principios de operación

Cada accesorio tiene un principio de operación diferente en el cual su objetivo es demostrar alguna ley o realizar algún tipo de medición específica.

3.3.3. Servicios requeridos para su instalación y operación

- Cada accesorio debe estar conectado a tierra y a un suministro eléctrico que entregue la tensión correcta que requiere el equipo.
- Todos los equipos deben estar conectados a un interruptor de circuito por falla a tierra (ELCB) o a un interruptor de corriente residual (RCCB) para proteger al operador de una descarga eléctrica grave.
- Al colocar los equipos se debe dejar espacio suficiente entre cada uno.
- Cuando el equipo vaya a dejar de utilizarse se debe apagar y por ningún motivo dejarlo encendido.

3.3.4. Mantenimiento general

- Una vez al mes revisar que la conexión ELCB o RCCB esté operando correctamente, esto se puede revisar si se presiona el botón TEST, ya que hace que el interruptor se dispare.
- Si el equipo requiere alguna reparación debe encontrarse desconectado de del suministro eléctrico durante dicha reparación.

3.4. Banco Hidrostático



3.4.1. Propósito del equipo

La hidrostática es la rama de la mecánica de fluidos que estudia los fluidos en estado de reposo, es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición. Por lo tanto el banco hidrostático permite el estudio de las principales propiedades y del comportamiento de dichos fluidos bajo condiciones hidrostáticas.

3.4.2. Especificaciones técnicas

- Hidrómetro universal
 - Escala de 0,70 a 2,00 subdividida en intervalos de 0,01
- Viscosímetro de esfera descendente
 - Diámetro del tubo 40mm
- Aparato de presión hidrostática
 - Consta de un cuadrante de precisión contrapesado que pivota sobre filos en su centro de arco
- Barómetro de lectura directa
 - Cuenta con escala compensada de metal plateado de 585 a 790mm, subdividida en intervalos de 1mm; incluye termómetro
- Medidor de presión de esfera, 100mm

- Intervalo de 0 a 200kPa y carga equivalente de agua en metros
- Calibrador de manómetro de peso muerto
 - Pesos de $1/2kg$, $1kg$ y $2kg$
- Termómetro

3.4.3. Principios de operación

El equipo está montado en un banco con estructura de acero con ruedas. Está equipado con una variedad de dispositivos medidores, que van sujetos al panel trasero del banco, o bien son independientes. El agua se almacena en un tanque de polietileno situado en el estante inferior del banco.

El agua puede ser transferida por dos bombas de mano de desplazamiento positivo a un tanque de almacenamiento abierto situado en alto y conectado a diversos tubos de vidrio, para estudios de superficie libre, o a un fregadero de plástico empotrado en la superficie de trabajo para poder realizar experimentos en la superficie del banco sin derrames. Toda el agua sobrante es devuelta al tanque de almacenamiento vía el desagüe del fregadero.

3.4.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo está diseñado para colocarse en el piso en una ubicación estática y requiere un piso firme y nivelado.

Las dimensiones del equipo son:

- Altura 1.45m
- Largo 0.61m
- Ancho 1.83m

Es una unidad autónoma y solo necesita un suministro temporal de agua fría para el llenado inicial.

3.4.5. Mantenimiento general

Para preservar la vida útil y la operación eficiente del equipo, es importante que el equipo se mantenga adecuadamente. El servicio/mantenimiento regular del equipo es responsabilidad del usuario final y debe ser realizado por personal calificado que entienda el funcionamiento del equipo.

3.5. Caldera de Marcet



3.5.1. Propósito del equipo

El equipo de Caldera de Marcet se usa para estudiar la relación entre la presión y la temperatura del vapor saturado en equilibrio con agua a todos los niveles de temperatura entre la presión atmosférica y 18 bares.

3.5.2. Especificaciones técnicas

- Caja-Interfaz de Control forma parte del sistema SCADA, la cual cuenta con la misma distribución que los elementos en el equipo, para un fácil entendimiento por parte del alumno.
- Tarjeta de Adquisición de Datos forma parte del sistema SCADA.
- Software de Control y Control PID, Adquisición de Datos, Manejo de Datos.
- Cables y accesorios.

3.5.3. Principios de operación

El equipo consiste en un depósito a presión de acero inoxidable aislado (caldera de agua), una resistencia de inmersión, una válvula de seguridad, un presostato de alta, tuberías con válvulas de regulación, un sensor de presión y un sensor de temperatura.

Una cantidad definida de agua se calienta en la caldera empleando una resistencia de inmersión (controlada por computador). La resistencia tiene un termostato para limitar la temperatura máxima de calentamiento.

Una válvula de seguridad y un presostato de alta limitan la presión máxima de la caldera. La curva de presión de saturación se puede determinar hasta una presión de 18 bares.

Por razones de seguridad, una tubería con una válvula de regulación, situada en la parte inferior de la caldera, permite llenar la caldera con agua utilizando una manguera. Otra tubería con una válvula de regulación, situada en la parte superior de la caldera, permite comprobar el nivel del agua utilizando una manguera. Ambas tuberías permiten drenar el agua de la caldera y dirigir cualquier venteo de vapor lejos del área de trabajo a un desagüe adecuado.

Un sensor de temperatura y un sensor de presión miden las propiedades del vapor saturado en la caldera.

Este equipo está protegido mediante pantallas transparentes con orificios para permitir el manejo de las válvulas.

El control del proceso se realiza mediante computador utilizando el software de control de EDIBON. Este software permitirá un control automático (PID) de la temperatura de vapor saturada con la resistencia.

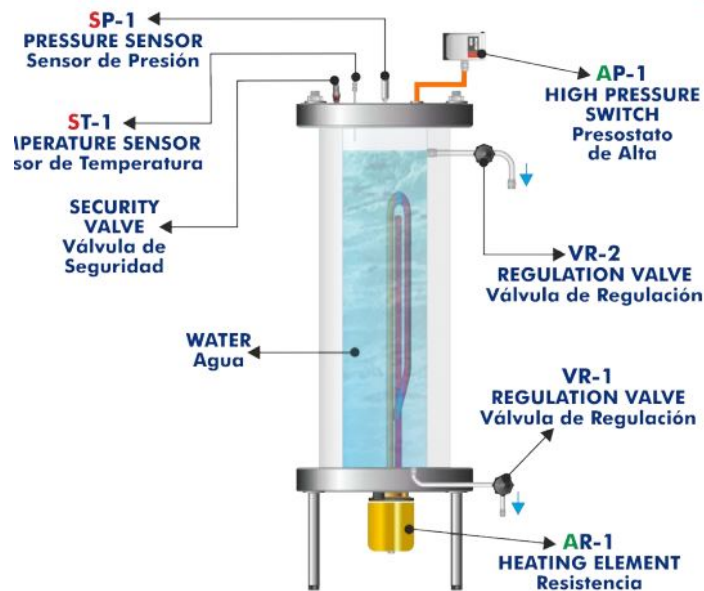


Figura 5: Localización de las partes de la Caldera de Marcet.

3.5.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo requiere un suministro eléctrico monofásico de 110V a 60Hz.

El equipo requiere un suministro de agua y desagüe.

El equipo requiere una computadora.

Las dimensiones del equipo son:

- Alto 1.1m
- Largo 0.5m
- Ancho 0.4m
- Peso 30kg

Las dimensiones de la Caja-Interfaz de Control son:

- Alto 0.31m
- Largo 0.49m
- Ancho 0.33m
- Peso 10kg

3.5.5. Conexión a servicios

Para la Caja-Interfaz de Control se tienen las siguientes conexiones:

- Todos los sensores, con sus respectivas señales, están adecuadamente preparados para salida a una computadora de $-10V$ a $+10V$
- Los conectores de los sensores en la interfaz tienen diferente número de pines (de 2 a 16) para evitar errores de conexión.
- Cable entre la caja-interfaz de control y la computadora.

Para la tarjeta de adquisición de datos se tienen las siguientes conexiones:

- Entrada analógica
 - Número de canales = 16
 - Resolución = 16 bits
 - Velocidad de muestreo hasta: 250 KS/s (kilo muestras por segundo).
 - Rango de entrada $\pm 10V$
- Salida analógica
 - Número de canales=2
 - Resolución = 16 bits
 - Rango de salida $\pm 10V$
- Entrada/Salida digital
 - Número de canales = 24 entradas/salidas
 - Frecuencia muestreo de los canales de 0 a 100 Mhz
 - Contador/temporizadores = 4
 - Resolución = 32 bits

3.5.6. Mantenimiento general

Realizar ejercicios de calibración para mantener los sensores funcionando correctamente y no obtener resultados falsos en las mediciones.

3.6. Teorema de Bernoulli



3.6.1. Propósito del equipo

El módulo de servicio del banco hidráulico, proporciona las instalaciones necesarias para soportar una amplia gama de modelos hidráulicos, cada uno de los cuales está diseñado para demostrar un aspecto particular de la teoría hidráulica. El modelo hidráulico específico que se busca poder obtener con este equipo es la demostración del teorema de Bernoulli.

3.6.2. Principios de operación

La sección de prueba es un conducto acrílico transparente mecanizado con precisión de sección transversal circular variable. Está provisto de una serie de tomas de presión de orificio lateral que están conectadas a los manómetros alojados en la plataforma.

Estas tomas permiten la medición de la carga de presión estática simultáneamente en cada una de las 6 secciones. Para permitir el cálculo de las dimensiones de la sección de prueba, las posiciones de derivación y los diámetros de la sección de prueba se muestran en el la figura 6:

Tapping Position	Manometer Legend	Diameter (mm)
A	h_1	25.0
B	h_2	13.9
C	h_3	11.8
D	h_4	10.7
E	h_5	10.0
F	h_6	25.0

Note: The assumed datum position is at tapping A associated with h_1

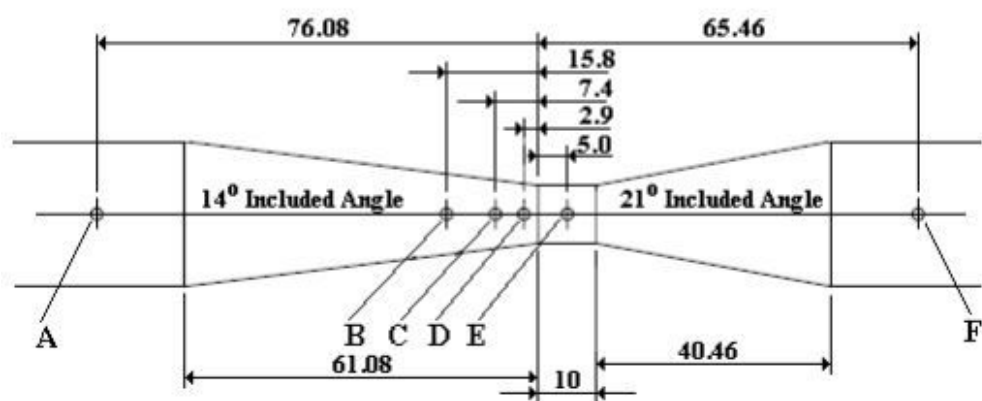


Figura 6: Información para cálculos.

La sección de prueba incorpora dos uniones, una en cada extremo, para facilitar la inversión para pruebas convergentes o divergentes.

Se proporciona una sonda de cabeza de presión total hipodérmica, que puede colocarse para leer la cabeza de presión total en cualquier sección del conducto. Esta sonda de presión total puede moverse después de aflojar la tuerca de la glándula; esta tuerca debe apretarse a mano. Para evitar daños, la sonda de presión total debe estar completamente insertada durante el transporte/almacenamiento.

Las ocho tomas de presión están conectadas a un banco de tubos de manómetro presurizados. La presurización de los manómetros se facilita retirando la bomba manual de su ubicación de almacenamiento en la parte posterior del tablero del manómetro y conectando su acoplamiento flexible a la válvula de entrada en el colector del manómetro.

En uso, el aparato está montado en una placa base que se encuentra en la superficie de trabajo del banco. Esta placa base tiene pies que pueden ajustarse para nivelar el aparato. Se proporciona un vidrio nivelado como parte de la base.

El tubo de entrada termina en un acoplamiento hembra que puede conectarse directamente al suministro del banco. Se conecta una manguera flexible al tubo de salida, que debe dirigirse al tanque de medición volumétrica en el banco hidráulico.

Se incorpora una válvula de control de flujo de agua debajo de la sección de prueba. El caudal y la presión en el aparato pueden variarse independientemente ajustando la válvula de control de flujo y la válvula de control de suministro del banco.

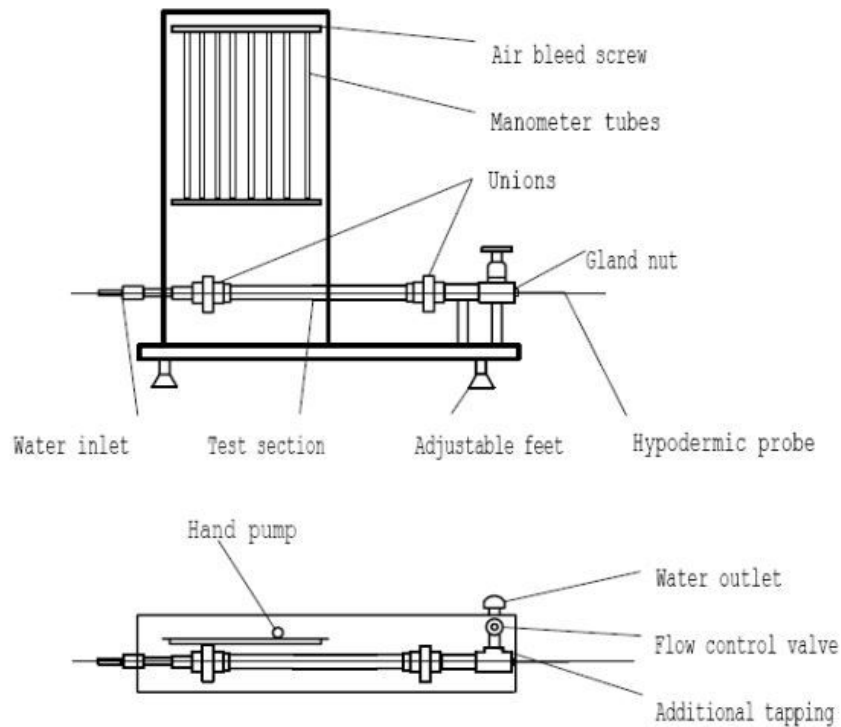


Figura 7: Localización de las partes del Teorema de Bernoulli.

3.6.3. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo de demostración del teorema de Bernoulli se suministra listo para usar y solo requiere conexión al banco hidráulico de la siguiente manera:

- Asegurar que la sección de prueba de acrílico transparente esté instalada con la sección cónica (cono más largo del extremo izquierdo).
- Comprobar que las uniones estén apretadas (solo apretadas a mano).
- En caso que se deba invertir la sección de prueba la sonda de presión total se debe retirar por completo (pero no extraerse de su guía en el acoplamiento) antes de liberar los acoplamientos.
- Ubicar el equipo en la parte superior plana del banco con el tubo de salida sobre el canal moldeado y nivelar.

- Conectar el tubo de entrada flexible en el extremo izquierdo al accesorio de liberación rápida en el lecho del canal.
- Coloque el extremo libre del tubo de salida flexible en el tanque volumétrico del banco.
- Abrir completamente la válvula de control de flujo de salida en el extremo derecho del equipo.
- Cerrar la válvula de control de flujo del banco y luego arrancar la bomba de servicio. Abrir gradualmente la válvula de control de flujo del banco y permitir que la tubería se llene de agua hasta que todo el aire haya sido expulsado de la tubería.
- Para purgar el aire de los puntos de toma de presión y los manómetros, cerrarla válvula de control de flujo del banco y la válvula de control de flujo de salida y abrir el tornillo de purga de aire.
- Retirar a tapa de la conexión de entrada / salida de aire adyacente.
- Conectar un tramo de tubo desde la válvula de aire al tanque volumétrico.
- Abrir la válvula de control de flujo del banco y permitir que el flujo a través de los manómetros purgue todo el aire de ellos; luego, apretar el tornillo de purga de aire y abrir parcialmente la válvula del banco y la válvula de control de flujo de salida. Luego, abrir el tornillo de purga de aire ligeramente para permitir que el aire ingrese en la parte superior de los manómetros, volver a apretar el tornillo cuando los niveles del manómetro alcancen la altura media.
- Aumentar gradualmente el caudal volumétrico abriendo la válvula de control de flujo de salida o la válvula de control de flujo del banco según sea necesario hasta que se alcance el caudal máximo niveles máximo y mínimo dentro del rango de la escala del manómetro).
- Si el patrón es demasiado bajo en el manómetro, abrir la válvula de control de flujo del banco para aumentar la presión estática. Si el patrón es demasiado alto, abrir la válvula de control de flujo de salida para disminuir la presión estática.
- Si los niveles en el manómetro son demasiado altos, entonces la bomba manual puede usarse para presurizar el colector superior. Todos los niveles disminuirán simultáneamente pero conservarán los diferenciales apropiados.
- Ajustar la válvula de control de flujo del banco y la válvula de control de flujo de salida para proporcionar un flujo a través de la sección de prueba y observar que el perfil de

presión a lo largo de las secciones convergentes y divergentes se indica en los tubos del manómetro apropiados. La altura total en cualquier posición en la sección de prueba se puede medir atravesando la sonda de presión total hasta que la punta de la sonda esté en la posición requerida y luego leyendo la altura en el tubo del manómetro apropiado.

- El flujo real de agua se puede establecer utilizando el tanque volumétrico junto con un cronómetro.
- Cerrar la válvula de control de flujo de banco y luego apague la bomba de servicio.
- Asegurar que la sonda de presión total hipodérmica está completamente retraída en la sección de prueba para evitar que la sonda se dañe. El tubo del manómetro h8 está conectado a la sonda de presión total.
- El equipo se encuentra listo para su uso.

3.6.4. Conexión a servicios

Este equipo ha sido diseñado para funcionar en las siguientes condiciones ambientales. La operación fuera de estas condiciones puede reducir el rendimiento, dañar el equipo o poner en peligro al operador.

- Uso en interiores
- Altitud hasta 2000m
- Temperatura de 5°C a 40°C
- Humedad relativa máxima del 80% a temperaturas de hasta 31°C, disminuyendo linealmente al 50% de humedad relativa a 40°C
- Fluctuaciones de la tensión de alimentación de red hasta $\pm 10\%$ de la tensión nominal
- Sobretensiones transitorias típicamente presentes en el suministro principal
- Grado de contaminación 2

3.6.5. Mantenimiento general

Se requiere poco mantenimiento, pero es importante drenar toda el agua del aparato y las tuberías de conexión cuando no esté en uso. El aparato debe almacenarse donde esté protegido contra daños.

Para evitar daños, la sonda de presión total hipodérmica debe estar completamente retraída hacia la sección de prueba en todo momento cuando no esté tomando lecturas. Aflojar la tuerca de la glándula deslizar cuidadosamente el tubo en la sección de prueba. La tuerca de la glándula solo debe apretarse a mano.

3.7. Flujo en Red de Pipas



3.7.1. Propósito del equipo

El flujo en red de pipas ayuda a poder demostrar las características del flujo a través de diferentes disposiciones de tuberías y el efecto que tiene el cambio de diámetro de las tuberías en el flujo a través de una red particular

3.7.2. Especificaciones técnicas

- Largo de tuberías: 0.70m
- Diámetro interior de tuberías:
 - 1 de 14mm
 - 1 de 10mm
 - 2 de 9mm
 - 1 de 6mm
- Diámetro interior nominal del colector: 22.4mm
- Medición de presión diferencial:
 - Rango de 0 a 2000mBar
 - Resolución de 1mBar

3.7.3. Principios de operación

La disposición permanente de tuberías y accesorios de PVC está montada en un bastidor de soporte independiente diseñado para colocarse junto a un banco hidráulico. La conexión al banco se realiza a través de un tubo flexible reforzado y una unión roscada con sello de anillo "O", que permite la conexión al banco sin el uso de herramientas.

Las válvulas de aislamiento permiten crear una amplia gama de diferentes series, configuraciones de tuberías paralelas y mixtas sin drenar el sistema. El flujo de entrada a la red y el flujo de salida de la red en cada salida se pueden variar individualmente para cambiar las características del sistema.

Todas las tuberías de prueba acrílicas transparentes se instalan utilizando uniones roscadas con sellos de anillo "O" que permiten reposicionar las tuberías con diferentes diámetros sin el uso de herramientas.

Los accesorios de liberación rápida autosellados en puntos estratégicos de la red permiten una conexión rápida del medidor de presión digital portátil, lo que permite medir las presiones diferenciales apropiadas.

El flujo que sale de cualquiera de las salidas en la red se mide utilizando la instalación volumétrica incorporada en el banco hidráulico.

3.7.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

Se debe contar con el banco hidráulico.

Las dimensiones del equipo son:

- Alto 1.380m
- Largo 0.785m
- Ancho 0.656m

3.7.5. Conexión a servicios**Agua Fría**

El equipo es autónomo y no requiere conexión permanente a un suministro de agua. También se requerirá agua para limpiar/enjuagar después del uso.

3.7.6. Mantenimiento general

Para preservar la vida útil y la operación eficiente del equipo, es importante que el equipo se mantenga adecuadamente.

Se debe limpiar todo el equipo a fondo después de su uso.

3.8. Leyes de los Gases



3.8.1. Propósito del equipo

El Equipo de las Leyes de los Gases (Leyes de Boyle y Gay-Lussac) permite demostrar dos leyes fundamentales de los gases: La ley de Boyle-Mariotte (cambio de estado isotérmico) y la segunda Ley de Gay-Lussac (cambio de estado isocórico).

3.8.2. Especificaciones técnicas

- Caja-Interfaz de Control forma parte del sistema SCADA, la cual cuenta con la misma distribución que los elementos en el equipo, para un fácil entendimiento por parte del alumno.
- Tarjeta de Adquisición de Datos forma parte del sistema SCADA.
- Software de Control y Control PID, Adquisición de Datos, Manejo de Datos.
- Cables y accesorios.

3.8.3. Principios de operación

El equipo está formado por un bastidor rígido con dos recipientes transparentes, los cuales permiten observar el cambio de estado en el gas de ensayo (aire).

Para analizar el cambio de estado isocórico en el primer recipiente, se incrementa la temperatura del gas de ensayo mediante una resistencia eléctrica controlada desde computador (PC) y se mide el aumento de presión resultante. El volumen del gas encerrado se mantiene

constante. Una válvula en la parte inferior del recipiente permite a los alumnos normalizar el aire en el recipiente a las condiciones del ambiente.

Para analizar el cambio de estado isotérmico en el segundo recipiente, se utiliza un compresor/bomba de vacío para aumentar o disminuir la presión en un recipiente de almacenamiento que mueve un "pistón de líquido" de aceite en el recipiente de ensayo. Este pistón comprime o descomprime una columna de aire atrapado en el recipiente de ensayo. Si los cambios se producen lentamente, el cambio de estado se produce a una temperatura casi constante.

Las temperaturas, las presiones y el nivel se miden mediante sensores. El equipo incluye dos presostatos y válvulas de alivio para garantizar la seguridad del usuario.

Un control PID permite el funcionamiento a temperatura constante mediante el control de la potencia de la resistencia eléctrica en el primer recipiente.

Dos válvulas solenoides y dos válvulas reguladoras de presión permiten controlar el nivel de aceite en el interior del segundo recipiente.

El equipo funciona con aire que se comporta como un gas ideal dentro del rango de presiones utilizadas en este equipo.

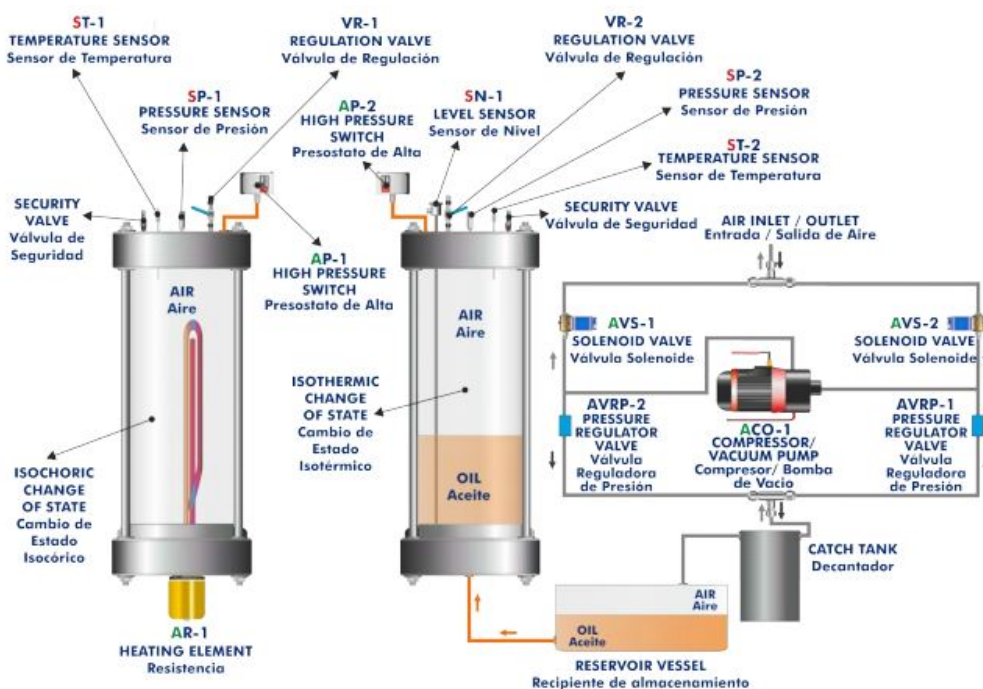


Figura 8: Localización de las partes del equipo de las leyes de los gases.

3.8.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

El equipo requiere un suministro eléctrico monofásico de 110V a 60Hz. El equipo requiere aceite hidráulico. El equipo requiere una computadora. Las dimensiones del equipo son:

- Alto 0.900m
- Largo 0.900m
- Ancho 0.600m
- Peso 50kg

Las dimensiones de la Caja-Interfaz de Control son:

- Alto 0.310m
- Largo 0.490m
- Ancho 0.330m
- Peso 10kg

3.8.5. Conexión a servicios

Para la Caja-Interfaz de Control se tienen las siguientes conexiones:

- Todos los sensores, con sus respectivas señales, están adecuadamente preparados para salida a una computadora de -10V a +10V
- Los conectores de los sensores en la interfaz tienen diferente número de pines (de 2 a 16) para evitar errores de conexión.
- Cable entre la caja-interfaz de control y la computadora.

Para la tarjeta de adquisición de datos se tienen las siguientes conexiones:

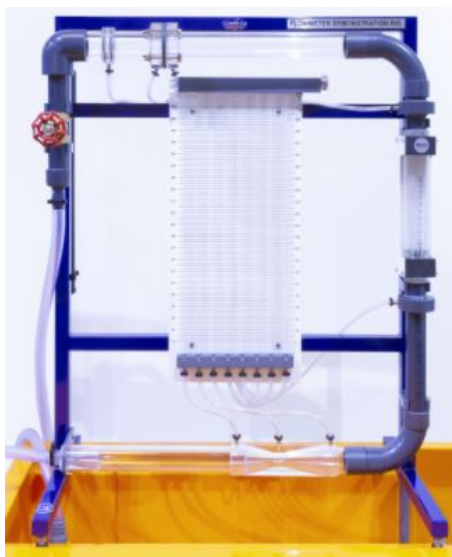
- Entrada analógica
 - Número de canales = 16
 - Resolución = 16 bits
 - Velocidad de muestreo hasta: 250 KS/s (kilo muestras por segundo).
 - Rango de entrada $\pm 10V$
- Salida analógica

- Número de canales=2
- Resolución = 16 bits
- Rango de salida $\pm 10V$
- Entrada/Salida digital
 - Número de canales = 24 entradas/salidas
 - Frecuencia muestreo de los canales de 0 a 100 Mhz
 - Contador/temporizadores = 4
 - Resolución = 32 bits

3.8.6. Mantenimiento general

Realizar ejercicios de calibración para mantener los sensores funcionando correctamente y no obtener resultados falsos en las mediciones.

3.9. Medidor de Flujo



3.9.1. Propósito del equipo

El módulo de servicio del banco hidráulico, proporciona las instalaciones necesarias para soportar una amplia gama de modelos hidráulicos, cada uno de los cuales está diseñado para demostrar un aspecto particular de la teoría hidráulica. El modelo hidráulico específico que se busca poder obtener con este equipo es la demostración de la medición de flujo.

3.9.2. Principios de operación

El equipo consta de un medidor Venturi, un medidor de área variable y una placa de orificio, instalados en una configuración en serie para permitir la comparación directa. Una válvula de control de flujo permite la variación del caudal a través del circuito. Se incorporan tomas de presión para poder medir las características de pérdida de carga de cada medidor de flujo. Estas tomas están conectadas a un banco de manómetros de ocho tubos que incorpora un colector con una válvula de purga de aire.

La presurización de los manómetros se facilita mediante una bomba manual. El circuito y el manómetro están unidos a un marco de soporte, que se encuentra en la parte superior de trabajo del Banco Hidráulico. El banco se utiliza como fuente de suministro de agua y para calibrar volumétricamente cada medidor de flujo.

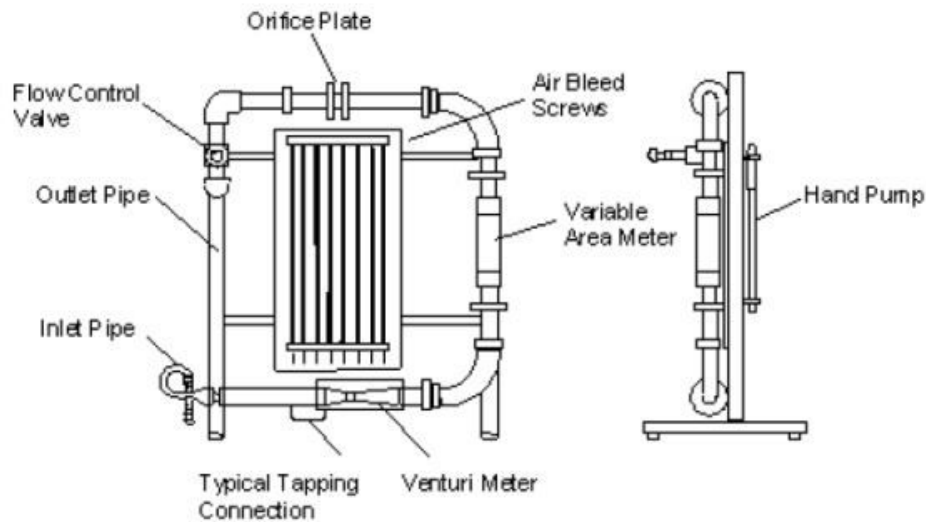


Figura 9: Localización de las partes del medidor de flujo.

3.9.3. Servicios requeridos para su instalación y operación

Este equipo ha sido diseñado para funcionar en las siguientes condiciones ambientales. La operación fuera de estas condiciones puede reducir el rendimiento, dañar el equipo o poner en peligro al operador.

- Uso en interiores
- Altitud hasta 2000m
- Temperatura de 5°C a 40°C
- Humedad relativa máxima del 80 % a temperaturas de hasta 31°C, disminuyendo linealmente al 50 % de humedad relativa a 40°C
- Fluctuaciones de la tensión de alimentación de red hasta $\pm 10\%$ de la tensión nominal
- Sobretensiones transitorias típicamente presentes en el suministro principal
- Grado de contaminación 2

3.9.4. Mantenimiento general

Se requiere poco mantenimiento, pero es importante drenar toda el agua de la tubería cuando no esté en uso.

Cualquier tubo del manómetro que no se llene con agua o que se llene o vacíe lentamente indica que el golpeteo en la tubería o la conexión en la base del tubo del manómetro está bloqueado o parcialmente bloqueado. Desconectar el tubo de conexión flexible entre el accesorio de tubería y el manómetro. Soplar a través del golpeteo generalmente disolverá cualquier cuerpo extraño.

Algunas gotas de agente humectante introducidas en los tubos del manómetro reducirán el menisco con la pared de vidrio y mejorarán la precisión de la medición.

3.10. Refrigerador**3.10.1. Propósito del equipo**

Un refrigerador es un dispositivo cuyo objetivo es extraer calor de un cuerpo a una cierta temperatura y cederlo a otro que se encuentra a una temperatura superior. Para ello utiliza de una sustancia de trabajo (vapor de agua, aire u otras sustancias) que realiza una serie de transformaciones termodinámicas de forma cíclica, para que pueda funcionar de forma continua, como sucede con las máquinas térmicas.

3.10.2. Principios de operación

Su funcionamiento se basa en tomar calor de la parte de baja temperatura y lo expulsa al exterior, obviamente empleando una fuente de energía, en este caso, la eléctrica.

La mayoría de los refrigeradores poseen un proceso cíclico de compresión y descompresión de un gas para así extraer calor de la parte interior y sacarlo a través de la rejilla de la parte posterior que se denomina condensador. Para controlar este sistema, los refrigeradores poseen un termostato.

3.10.3. Servicios requeridos para su instalación y operación

Antes de conectar el refrigerador:

- No use el refrigerador en un cuarto donde la temperatura baje a menos de 13°C

- Mantener el refrigerador lejos de los efectos del clima.
- Conectar el refrigerador solo en un tomacorriente apropiado con el suministro eléctrico adecuado y con conexión a tierra.
- Colocar el refrigerador bajo las siguientes recomendaciones:
 - Dejar un espacio mínimo de 7.5cm a 15cm entre la parte superior del refrigerador y los gabinetes.
 - Dejar un espacio mínimo de 5cm a 10cm entre el condensador del refrigerador en la parte posterior y la pared.
 - Dejar un espacio de 1.25cm a 10cm a cada lado del aparato para facilitar la instalación.
 - Si el refrigerador va a estar contra la pared lateral, dejar un espacio adicional para permitir que se abra más la puerta.
- Nivelar el refrigerador siguiendo las instrucciones de la Figura 10.
- Se recomienda que quede un poco inclinado hacia atrás, así la puerta tenderá a cerrarse sola.

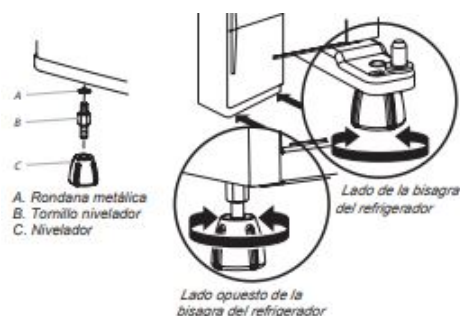


Figura 10: Nivelación del refrigerador.

3.10.4. Conexión a servicios

- Corriente nominal a 6A
- Frecuencia 60Hz
- Tensión nominal 127V

3.10.5. Mantenimiento general

Limpiar constantemente el refrigerador.

3.11. Turbina Pelton



3.11.1. Propósito del equipo

El módulo de servicio del banco hidráulico, proporciona las instalaciones necesarias para soportar una amplia gama de modelos hidráulicos, cada uno de los cuales está diseñado para demostrar un aspecto particular de la teoría hidráulica. El modelo hidráulico específico que se busca poder obtener con este equipo es la demostración del funcionamiento de una turbina pelton.

3.11.2. Principios de operación

Este accesorio consta de una rueda Pelton en miniatura con una disposición de válvula de lanza montada en un marco de soporte que se ajusta al canal hidráulico de la mesa de trabajo. La salida mecánica de la turbina se absorbe con un simple dinamómetro de fricción. La presión en la válvula de lanza se indica en un medidor remoto.

Se puede usar una opción de tacómetro sin contacto 100-2/1 para determinar la velocidad de la rueda Pelton. Se pueden demostrar los principios básicos de la turbina Pelton y, con las medidas apropiadas, se puede determinar la potencia producida y la eficiencia.

3.11.3. Especificaciones técnicas

- Rango de velocidad de 0 a 2000rpm
- Potencia de frenado de 10W
- Rango de manómetro de 0 a 25mH₂O

3.11.4. Servicios requeridos para su instalación y operación

Se debe contar con el banco hidráulico. Las dimensiones del equipo son:

- Alto 0.60m
- Largo 0.40m
- Ancho 0.30m

3.11.5. Conexión a servicios

El equipo es autónomo y no requiere conexión permanente a un suministro de agua. También se requerirá agua para limpiar/enjuagar después del uso.

3.11.6. Mantenimiento general

Para preservar la vida útil y la operación eficiente del equipo, es importante que el equipo se mantenga adecuadamente. Se debe limpiar todo el equipo a fondo después de su uso.

4. Referencias

1. Armfield. MANUAL FLOW IN PIPE NETWORKS. 1999.
2. Armfield. Instruction Manual Hydraulics Bench. 2011.
3. Armfield. Hydraulics bench and accessories. 1996.
4. Armfield. Properties of fluids and hydrostatics bench. 1996.
5. Armfield. Bernoulli's Theorem Demonstration. 2013.
6. Armfield. Flow in pipe networks. 1996.
7. Armfield. Flow Meter Demonstration Instruction Manual. 2015.
8. EDIBON. Equipo de Caldera de Marcet. 2016.
9. EDIBON. Equipo de las Leyes de los Gases (Leyes de Boyle y Gay-Lussac). 2016.
10. Fernández Díez P. Turbina Pelton. 2008. p. 35–53.
11. MABE. Manual de uso y cuidado refrigerador. Man mabe.indd 2016.