

8. CRITERIOS DE DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

Para el diseño y construcción del banco de pruebas se tendrá como requisito, ser una unidad compacta, versátil y la posibilidad de fácil fabricación local del equipo, que su caudal este en el rango de las pico centrales mencionado anteriormente¹⁵ y encontradas comercialmente; para esto se debe adquirir una bomba hidráulica que cumpla con los requisitos y donde se puede obtener diferentes rangos de potencia eléctrica, mediante un generador (motor DC. de imanes permanentes), utilizando un acoplamiento con poleas en el eje del rodete de la turbina. Esta propuesta permitirá poder visualizar la transformación de energía mecánica en energía eléctrica mediante resistencias y medidores de voltaje y corriente, y así poder determinar las zonas de aplicación del turbo como turbina hidráulica, las curvas de funcionamiento y evaluar el comportamiento de la turbina.

8.1 Descripción y funciones del banco de prueba

Un banco de pruebas es el conjunto de equipos, dispositivos de regulación y control así como instrumentos de medición que permite simular un recurso hidráulico y su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica mediante una turbina hidráulica. El registro de las variables de caudal, presión, entre otras. Permitirá la evaluación del funcionamiento y pudiendo obtener datos que permitan establecer curvas de operación de la turbina.

El banco de pruebas que se desarrolla permitirá:

- Visualizar el proceso de transformación de energía.
- Determinar las curvas de funcionamiento y evaluar el comportamiento del turbo como turbina hidráulica.

El banco de prueba consta de las siguientes partes.

El sistema de simulación del recurso hidráulico compuesto por:

- Bomba centrífuga: equipo que genera caudal, simulando el flujo de agua de diferentes fuentes hídricas naturales existentes.
- El depósito: componente de almacenamiento de agua para la succión de la bomba y descarga de la turbina en el sistema hidráulico.
- Circuito cerrado de recirculación: conjunto de tuberías que conduce el agua del tanque hacia la turbina por medio de la bomba y es retornado de nuevo al depósito.

- Medición y regulación: equipos diseñados para la toma de datos como presión y caudal (manómetro y flujómetro) y de regulación del caudal para simular diferentes flujos de agua (válvula de globo).

El sistema de transformación de la energía hidráulica en energía mecánica, compuesto por:

- Turbina del turbo compresor: turbomáquina que realiza la labor de transformar la energía hidráulica en energía mecánica.
- Carcaza de la turbina: Voluta que redirige el flujo hacia la turbina.

El sistema de transformación de la energía mecánica en energía eléctrica, compuesto por:

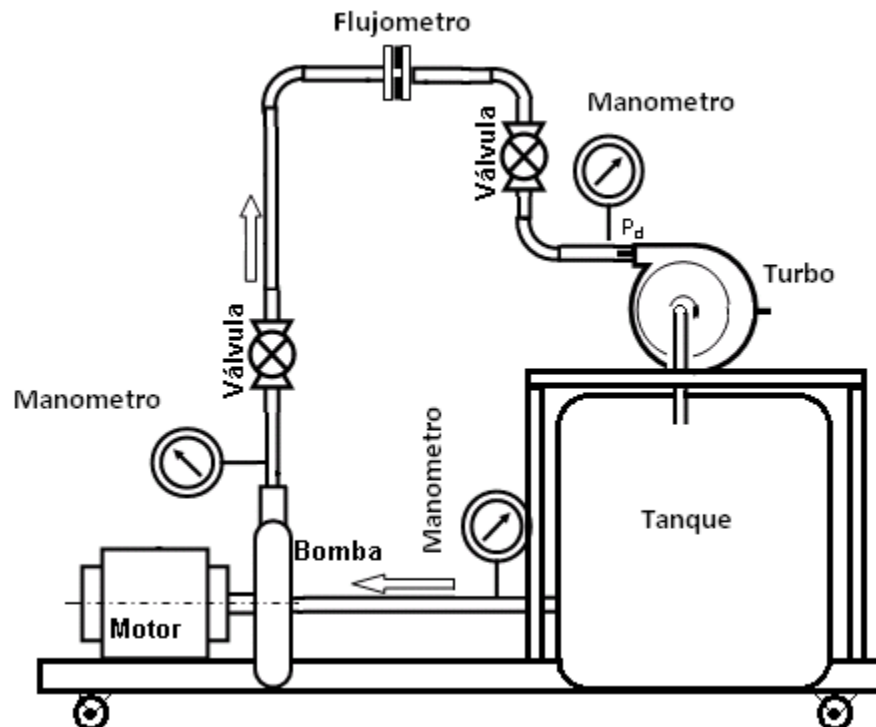
- Motor dc de imanes permanentes: Equipo que convierte la energía mecánica de rotación suministrada por el eje de la turbina en energía eléctrica.

El sistema de medición de potencia, compuesto por:

- Elementos de medición de potencia: como lo son medidores de voltaje y corriente para calcular la potencia generada en el eje de la turbina, en potencia eléctrica.

8.2 Partes del banco de pruebas

EL banco de pruebas propuesto para la turbina del turbo consta de los elementos que se muestran en la siguiente figura.



Las partes constitutivas del módulo son:

- Tanque de almacenamiento 110 litros
- Bomba hidráulica 1.5 HP
- Unión Universal 1-1/2"
- Tubería de 1-1/2" PVC
- Codo a 90° para tubería de 1-1/2"
- Válvula de Compuerta 1-1/2"
- Manómetro de 0 a 30 PSI
- Flujometro de 0 a 100 GPM
- Turbo-turbina
- Motor DC de imanes permanentes
- Poleas dentadas
- Correa dentada
- Base para dinamómetro
- Dinamómetro
- Freno
- Caja de control On-Off
- Banco de resistencias

9. DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

Para la construcción del banco de pruebas se realizaron diferentes adecuaciones, comenzando por la parte estructural que fue diseñada para ser compacta y ergonómicamente para realizar pruebas, partiendo de esta estructura se procedió a realizar el ensamble de los demás componentes.

9.1 Tanque de almacenamiento.

Para el tanque de almacenamiento se seleccionó un recipiente de base rectangular con una capacidad de 110 litros suficientes para mantener abastecido el sistema durante la ejecución de las pruebas, además se hizo una instalación de una bocatoma por medio de una brida conectora en la cara plana.



9.2 Bomba hidráulica.

Se realizó el acople de la bomba con adaptadores macho-hembra de 1-1/2", roscados, además de tener uniones universales tanto en succión como en descarga para una mejor manipulación, está asegurada a la platina inferior de la bancada con tornillos



9.3 Adaptación de las turbinas de turbocompresores.

Después de realizar la selección de los turbos₁₆ y definir las muestras, el siguiente paso fue realizar las adecuaciones para que estos pudieran ser acoplados a la tubería y sellados de tal manera que pudieran funcionar como turbinas hidráulicas:

Entrada: la entrada al turbo está compuesta por el tubo de PVC de 1 ½", una brida para tubería de 1 ½" acoplada a la entrada del turbo por medio de un dispositivo adaptador. Figura 26-B

Fabricación de sellos estáticos: se fabricaron a partir de papel húmedo y se construyeron sellos estáticos en las partes donde se conecta la tubería con la entrada de los turbos y en la salida de los turbos en el cual se adecua para poder conectar tubería de descarga. Figura 26-B

Adaptadores: se fabricaron varios adaptadores que cumplen la función de servir como conectores entre la tubería y la carcasa del turbo, el primer conector se hizo en lámina de cold rolled de 4 mm de espesor para conectar la brida en PVC con la entrada del turbo en cuya fabricación implicó hacer los cortes por el método de oxicorte con el fin de realizar el agujero central y la circunferencia exterior, se hicieron los agujeros roscados para ajustar la platina con el turbo y se hicieron los agujeros pasantes para acoplar la brida con la platina. Figura 26-D y E

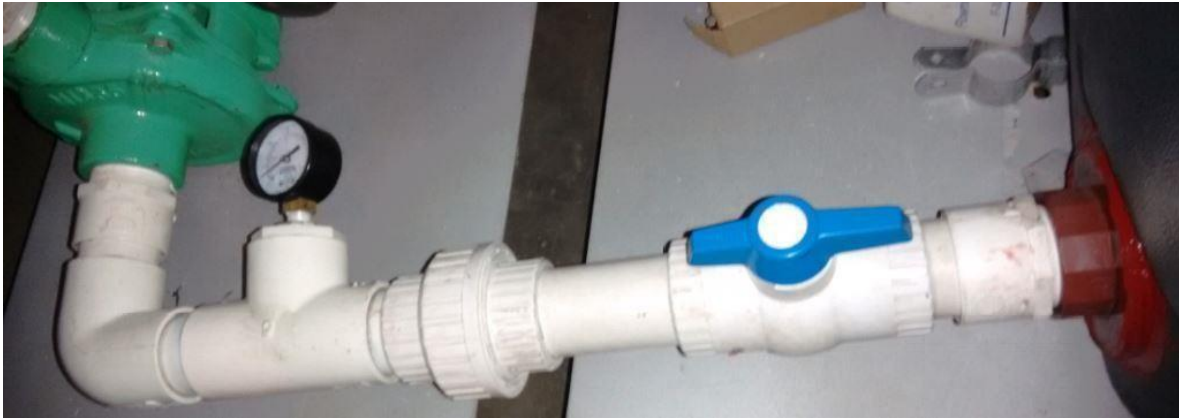
Para la salida se fabricó un adaptador que cumpliera dos funciones: la primera que fuera el soporte de la carcasa del turbo y la segunda que fuera el conector entre la salida del turbo y la tubería de la descarga, para ello se usó platina de acero de 8mm de espesor se mecanizó para que su superficie fuera plana e hiciera sello con la carcasa del turbo también se hizo un agujero roscado para instalar un codo en acero galvanizado de 2", y se realizaron los agujeros para acoplar esta platina a la carcasa para el anclaje en la bancada de la mesa.

Salida: los componentes de la salida son: platina adaptadora, tubo de acero galvanizado de 2" y una extensión en PVC para completar la descarga al tanque.



9.4 Tubería y accesorios.

Se procedió a realizar la instalación de tubería hidráulica desde el tanque de almacenamiento hasta la entrada de los turbos con tubería y accesorios en PVC (poli cloruro de vinilo) en tamaño de 1-1/2", instalando la tubería de succión de aproximadamente 56 cm con sus accesorios.



Después de la bomba (aguas abajo), se procedió a tender la tubería verticalmente, jugando con el espacio disponible de la parte estructural para llegar a la entrada de los turbos y realizando la instalación de válvulas de corte independientes para cada turbina y puesta de manómetros y del medidor de caudal.



9.5 Medidor de torque (freno Prony).

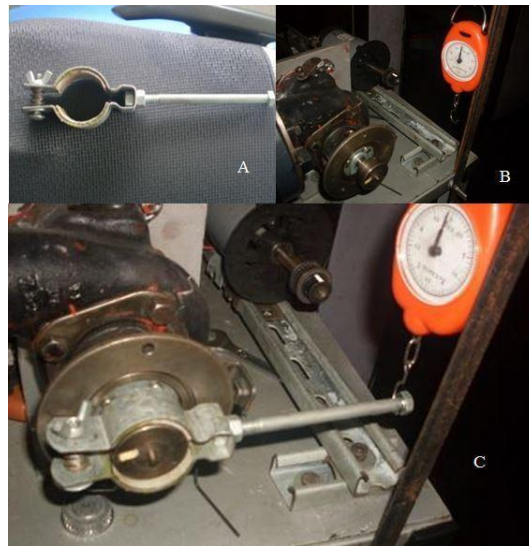
Para este proyecto se eligió el freno Prony del tipo de un dinamómetro, se utilizó este sistema por la sencillez en su fabricación, además que era el más adecuado por el tamaño de los ejes de los turbos utilizado como turbina y la facilidad de ir tomando datos.

El freno utilizado se realizó con el fin de obtener datos del torque generado y a partir de ello calcular la potencia mecánica entregada por la turbina, con estos datos se pudo seleccionar la potencia del generador.

Se ejecutaron diferentes procesos para la fabricación de los componentes del freno:

Disco fricción: se fabricó en acero al carbono, se mecanizó para que fuera similar a una polea plana con diámetro exterior de 37 mm, tornillos prisioneros para ajustar la polea en el eje ya que el diámetro del eje no permite fabricar una chavetera y además por la potencia transmitida no se estima que sea considerablemente grande para que haya deslizamiento.

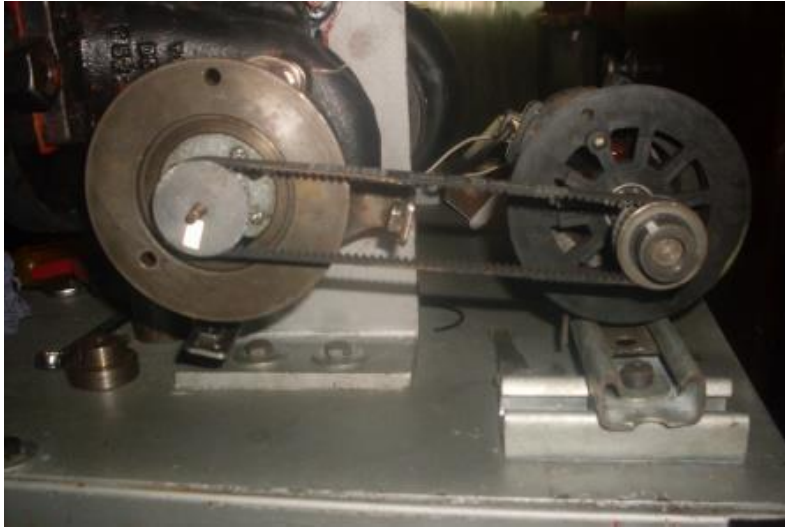
Mordaza y brazo: se partió de una abrazadera de 44 mm que es usada normalmente en instalaciones eléctricas, su interior fue cubierta por una correa de cuero de 2mm de espesor como material de fricción, para regular el cierre de la abrazadera y por ende la fuerza de frenado se utilizó un tornillo de carruaje con una tuerca tipo mariposa para facilitar el ajuste con la mano, como brazo se utilizó un tornillo de 100 mm de largo que se conecta con la balanza o dinamómetro.



FRENO PRONY	
Ø POLEA (mm)	37
LONGITUD DE PALANCA (mm)	150
MATERIAL DE FRENO	CUERO
DINAMOMETRO (kg)	5

9.6 Sistema de generación eléctrica.

Se utilizó un sistema de polea y correa dentadas para el acoplamiento entre el eje de salida del turbo y eje del motor, con poleas de 40mm de diámetro y relación 1:1, además se instaló un mecanismo de corredera para poder hacer el acople entre cada turbo y el motor sin necesidad de desmontar.



Para comprobar la cantidad de energía eléctrica generada se utiliza un circuito eléctrico que consta de 6 bombillos de 24V y 21W conectados en paralelo, como instrumento de control se utilizó voltímetro y amperímetro en DC para medir el voltaje y la corriente que consumían las bombillas, de esta forma se puede obtener los datos de potencia eléctrica generada, mediante la siguiente ecuación:

$$P \text{ [watts]} = V \text{ [Voltios]} \times I \text{ [Amperios]}$$



Además en este panel quedo el sistema de encendido y apagado de la bomba hidráulica, el banco de resistencias, comprendido por 6 bobillas de 21W con su respectivo interruptor y el medidor de voltaje y corriente, esta caja eléctrica quedo ubicada en la parte lateral anclada.

MANTENIMIENTO

La frecuencia de los trabajos de mantenimiento depende de la frecuencia con la que se utilice el banco de pruebas, por lo que el mantenimiento se limita a operaciones que garanticen la disponibilidad de funcionamiento para las prácticas, propuestas para cada fin de semestre académico.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Al momento de realizar el mantenimiento correctivo también es necesario llevar a cabo el siguiente orden de actividades.		
ITEM	INDICADOR	DESCRIPCION
1	Inspección visual	Para el inicio de las actividades, realizar una inspección visual, comprobando que todos los accesorios estén, revisar fugas presentes o cualquier anomalía visible debe ser reportada al laboratorista.
2	Realizar cronograma de mantenimiento	El cronograma se realiza dependiendo del tiempo de funcionamiento de los equipos, teniendo en cuenta que se debe realizar semestralmente identificando los repuestos críticos.
3	Establecer prioridad del equipo	Determinar los elementos que más se desgastan, como: El freno Prony (cuero de desgaste) Sellos del turbo. Fluido del tanque (agua), que se encuentre en buenas condiciones de operación. Conexiones eléctricas (cables de alimentación de la bomba y del generador).
4	Coordinar el servicio de mantenimiento preventivo	Establecer las fechas de intervención de los diferentes equipos, con las personas del laboratorio, para de esta manera evitar cruces entre clases y el mantenimiento.
5	Realizar mantenimiento preventivo	Realizar las actividades preventivas relacionadas al banco de fluidos.
6	Validar el mantenimiento	El mantenimiento debe ser validado con la firma del laboratorista y personal de mantenimiento
7	Diligenciar el reporte de mantenimiento	Diligenciar hoja de vida del equipo (Formato No.1), describiendo las actividades realizadas, la fecha y el responsable del mantenimiento.
8	Archivar hoja de vida del equipo	Llevar historial de mantenimientos realizados.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
Al momento de realizar el mantenimiento correctivo también es necesario llevar a cabo el siguiente orden de actividades.		
ITEM	INDICADOR	DESCRIPCION
1	Inspección	Es el inicio de las actividades para llevar a cabo el mantenimiento correctivo.
2	Diagnosticar daño del equipo	Revisar el equipo y realizar un diagnóstico, evaluando anomalías en su funcionamiento.
3	Establecer prioridad del equipo	La priorización se realiza con el fin de determinar que elemento necesita mantenimiento correctivo principalmente
4	Establecer repuestos	En el caso que la reparación del equipo sea directa se procede con establecer los materiales y repuestos necesarios de acuerdo con la falla que se presente

5	Establecer personal de mantenimiento	En caso de reparación no directa, buscar el personal idóneo para este servicio, puede ser el personal encargado del laboratorio o estudiantes con buenas bases en mantenimiento correctivo.
6	Coordinar el servicio de mantenimiento correctivo	Establecer las fechas de intervención para los diferentes equipos.
7	Elaboración de la orden del servicio	La solicitud de la orden de servicio se realiza con la cotización previamente aprobada.
8	Realizar mantenimiento correctivo	Realizar las actividades correctivas relacionadas a las fallas originadas en los equipos cambiando los repuestos deteriorados.
9	Cerrar orden de mantenimiento.	El mantenimiento debe ser validado con la firma del personal a cargo del laboratorio.
10	Diligenciar el reporte de mantenimiento	Diligenciar hoja de vida del equipo (Formato No.1), describiendo las actividades realizadas, la fecha y el responsable del mantenimiento
11	Archivar hoja de vida del equipo	Llevar historial de mantenimientos realizados

AVERIAS, CAUSAS Y SOLUCIONES		
TIPO DE AVERIA	CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
La bomba no suministra caudal o no descarga lo suficiente	Falta de alimentación eléctrica 110V AC	Identificar el que haya fluido eléctrico a 110V
	No hay apertura de las válvulas de paso y de regulación	Las válvulas de paso deben estar abiertas (manija paralela a la tubería)
	El nivel de agua no es el indicado	Verificar que el nivel y la calidad del agua
	El sentido de rotación no es el indicado	Verificar el sentido de rotación (motor horario)
	Hay taponamiento en la tubería de succión o descarga	Esta debe ser la última opción, ya que para revisar el taponamiento, es necesario el desmonte de la bomba hidráulica.
El sistema presenta vibración excesiva	Nivel de agua bajo	Verificar que el nivel y la calidad del agua
	Obstrucción en tubería	Esta debe ser la última opción, ya que para revisar el taponamiento, es necesario el desmonte de la bomba hidráulica.
El freno PRONY no mantiene constante las revoluciones	Material de freno (cuero), desgastado	Realizar cambio del material de freno (cuero)
El banco eléctrico no marca Voltaje ni corriente	El estado de la transmisión, no es el adecuado, desalineación, deslizamiento o desgaste	Verificar alineación, apriete de las poleas y estado de la transmisión
	No hay alimentación del medidor	Verificar alimentación del medidor

	No se encienden las bombillas	Verificar el estado de las bombillas
	Desconexión del generador al banco de resistencias	Verificar la conexión eléctrica del generador al banco
La turbina no gira	La bomba no suministra caudal o no descarga lo suficiente	Verificar el correcto funcionamiento de la bomba
	No hay apertura de las válvulas de paso y de regulación	Las válvulas de paso deben estar abiertas (manija paralela a la tubería)
	Obstrucción en tubería	Esta debe ser la última opción, ya que para revisar el taponamiento, es necesario el desmonte de la bomba hidráulica.
	El estado de la transmisión, no es el adecuado, desalineación, deslizamiento o desgaste.	Verificar alineación, apriete de las poleas y estado de transmisión.

NORMAS DE SEGURIDAD

Las indicaciones no pueden preservar de todos los peligros que se pueden presentar durante el empleo del equipo, sino que deberán ser completadas con el sentido común y con la prudencia de quien emplea el equipo, siendo estas las únicas medidas indispensables para la prevención de los accidentes. Identificando que hay riesgo presentes:

Riesgo eléctrico: Alimentación de banco de pruebas y en la generación del motor DC.

Riesgos mecánicos: Movimiento giratorio del eje de la turbina y el generador.

Riesgo hidráulico: Fluido con presión y caudal.

Antes de cualquier intervención cerciorarse de conocer si el equipo esta alimentado eléctricamente para evitar accidentes si el equipo se pone en funcionamiento.

Además de ello, antes de cualquier actividad es necesario:

CONOCER BIEN EL EQUIPO: Leer con atención todas las instrucciones de uso y mantenimiento de cada elemento del banco. Antes de arrancar cerciorarse del estado de los dispositivos de maniobra y seguridad requeridos para el mantenimiento.

IDENTIFICAR EL PERSONAL QUE INTERBENDRA EL EQUIPO: Es necesario reconocer que personas estarán en la práctica o en el mantenimiento del equipo. No dejar acercarse a personal no autorizado cuando la bomba está trabajando.

CUIDADO CON LAS PARTES EN MOVIMIENTO: No acercarse a las partes mecánicas con la bomba en marcha. Es indispensable asegurar el freno Prony o las poleas de transmisión para evitar accidentes. No acercar trapos o prendas largas: podrían quedar aprisionados en los órganos de transmisión causando daños a las personas.

MANTENIMIENTO: Los manuales de uso y mantenimiento de cada elemento del banco, contienen las operaciones generalmente efectuadas por personal idóneo. En caso de dificultades dirigirse al personal del laboratorio.

PRECAUCIÓN

- Antes de poner en funcionamiento el banco de pruebas, verifique:

El tanque contenga el líquido suficiente, el nivel del mismo debe estar hasta la altura señalada.

- Antes de encender la bomba, verifique que:

Los accesorios que se encuentran dentro de los tramos del sistema estén completamente abiertos (válvulas de bola), esto es para garantizar la circulación del fluido.

La válvula reguladora de caudal (válvula de compuerta), debe estar ligeramente abierta ($\frac{1}{4}$ de vuelta), esto es para evitar que exista sobre carga en la bomba y para evitar el golpe de ariete al fluir el agua por las tuberías.

Partiendo de la lectura del manual y en el Banco de Pruebas, Identifique las partes e instrumentos de medición y control.

Aprender el procedimiento de arranque y paro del equipo. Realizará un ensayo en mediciones y cálculos auxiliándose de las formas y formulario correspondiente. Realización del experimento elegido con las condiciones de operación propuestas, y el levantamiento de los datos experimentales, además de los datos calculados correspondientes. Graficar los resultados de las distintas pruebas a diferentes caudales de operación, para obtener las curvas de operación.