

INSTALACIONES Y MÁQUINAS DE FLUIDOS

GUION DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1º curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial

TEMA 5: TURBINAS – TURBINA HÉLICE

Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos

Autores

Igor Peñalva

Concepción Olondo

Urko Izquierdo

CONTENIDOS

1.	Fundamento teórico.....	1
2.	Equipamiento requerido y descripción de la instalación.....	1
3.	Bibliografía.....	6

1. Fundamento teórico

La turbina hélice es una turbina de reacción. Al igual que en una turbina Francis, los elementos más importantes que definen una turbina hélice son: i) un distribuidor formado por una corona de álabes con forma hidrodinámica que sirven para guiar el agua y regular el caudal, ii) un rodete acoplado al eje de la turbina que adquiere un movimiento rotacional al circular el agua entre sus álabes y iii) un tubo de aspiración a la salida del rodete para maximizar el rendimiento de la turbina. El distribuidor es de mayor diámetro que el rodete, de modo que el movimiento del agua es centrípeto respecto al eje. La turbina hélice del laboratorio posee además un rectificador de flujo ubicado después del rodete, con el objetivo de convertir el movimiento rotacional de las líneas de corriente en una trayectoria lineal y minimizar de este modo las pérdidas energéticas debidas a la turbulencia. El final de esta turbina viene definido por un tubo de aspiración que descarga al depósito de agua desde el que se abastece la propia turbina. La diferencia de cota desde la entrada de la turbina (corona de álabes) hasta la salida (tubo de aspiración) es de 0,72 m.

Cuando se trabaja con una turbina hélice, se obtienen experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de la turbina operando con caudal y altura manométrica constante. Después, se ajustan dichos puntos a una curva utilizando el método de los mínimos cuadrados u otro similar. A continuación se detallan parámetros característicos que definen el funcionamiento de una turbina:

- Caudal (Q)
- Salto neto (H_n)
- Potencia hidráulica (P_h)
- Par mecánico (C_m)
- Potencia mecánica (P_m)
- Rendimiento (η)

2. Equipamiento requerido y descripción de la instalación

El laboratorio de Mecánica de Fluidos está equipado con una turbina hélice montada sobre un banco hidráulico multifunción diseñado y construido por la empresa Dikoin Ingeniería S.L. (Figura 1).

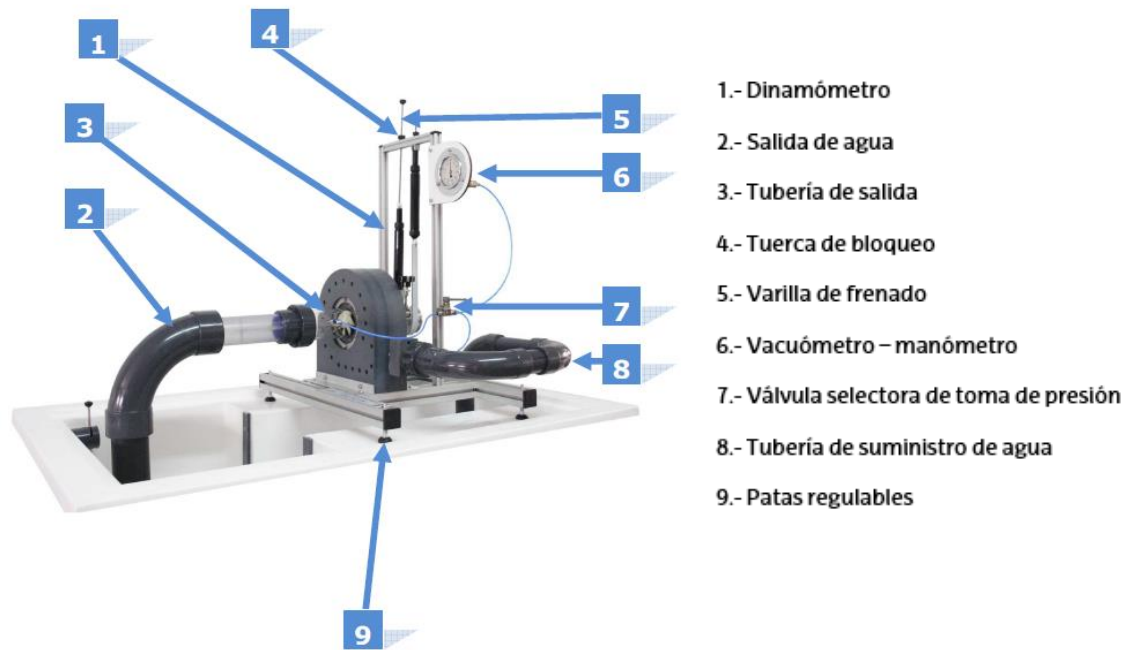


Figura 1: Componentes principales de la turbina hélice diseñada y construido por la empresa Dikoin Ingeniería S.L.

El banco hidráulico contiene agua en su parte inferior que es bombeada a través de dos bombas instaladas en paralelo hasta la turbina hélice. El caudal impulsado se puede regular a través de una válvula de regulación de caudal, y se determina mediante una lectura directa en un medidor electrónico situado en la tubería de alimentación de la turbina (en L/min). Una vez el agua es alimentada a la turbina, la presión de alimentación se puede conocer mediante un vacuómetro-manómetro tipo Bourdon ubicado a la entrada de la turbina. Mediante este vacuómetro-manómetro se podrá medir la presión a la entrada y a la salida del rodete. El agua, una vez que sale por el tubo de aspiración, regresa al depósito del banco hidráulico en circuito cerrado. En la Figura 1 se muestran las partes fundamentales de las que consta la turbina.

Antes de comenzar a trabajar con la turbina, es necesario verificar que el equipo está nivelado. En caso de no ser así, habrá que ajustar las patas regulables del mismo (Figura 2).



Figura 2: Sistema de nivelado de la turbina e interruptores para el accionamiento de las bombas.

El banco hidráulico posee dos bombas y es muy importante el modo de accionarlas (Figura 2); primero se debe de accionar el interruptor superior (el cual no tendrá efecto aparente hasta que se accione el inferior) y a continuación el inferior (que acciona el sistema completo). Con las bombas del banco hidráulico en marcha, abrimos poco a poco la válvula de regulación, observando cómo la turbina comienza a girar.

Con el freno de fricción se puede regular la carga de la turbina consiguiendo frenarla. El cálculo del par ejercido al realizar esa acción lo podremos realizar tomando la medida de fuerza que proporciona el dinamómetro. Para realizar esta operación adecuadamente, se deben de aflojar los dinamómetros hasta ajustarlos a cero con la turbina parada, pudiendo utilizar para ello las piezas roscadas que posee cada dinamómetro. Con la turbina en funcionamiento, apretamos las tuercas moleteadas superiores frenando la turbina hasta la velocidad deseada. En este punto leemos la fuerza ejercida, resultado de la diferencia de las lecturas de los dinamómetros.

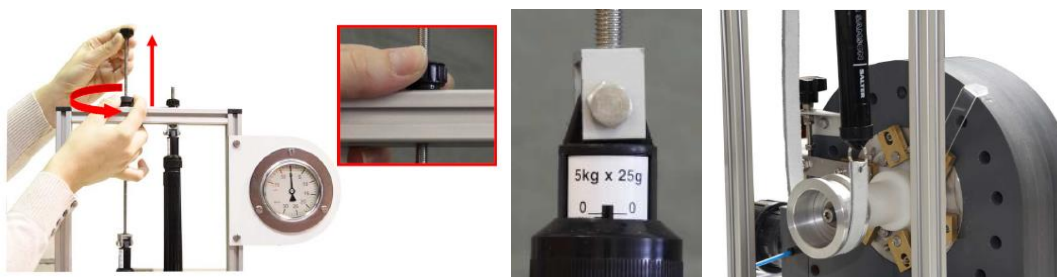


Figura 3: Dinamómetro y detalle de la tuerca moleteada. Detalle de la medida del dinamómetro. Freno de la turbina.

Además, esta turbina ofrece la posibilidad de modificar la dirección de los álabes directrices, de manera que se pueda regular el caudal de entrada con el sistema de regulación manual que posee la propia turbina (ver Figura 4). Mediante la ruleta indicada en la primera imagen de la

Figura 4 se pueden cerrar o abrir progresivamente dichos álabes. El grado de apertura se observa en el indicador instalado para tal fin, que se muestra en la imagen central. La apertura o cierre de los álabes puede también observarse de manera visual en la propia turbina.



Figura 4: Modo de regulación de los álabes directrices de la turbina.

La toma de presión se puede realizar en dos puntos: a la entrada y a la salida de la turbina. En función de la presión que queramos medir giramos la válvula a la derecha (toma de presión a la entrada de la turbina), o a la izquierda (toma de presión después del rodete). Se debe de tener especial cuidado con las unidades especificadas en el vacuómetro-manómetro Bourdon, ya que la medida de presión puede ser negativa y en cm Hg o positiva y en m C. A.

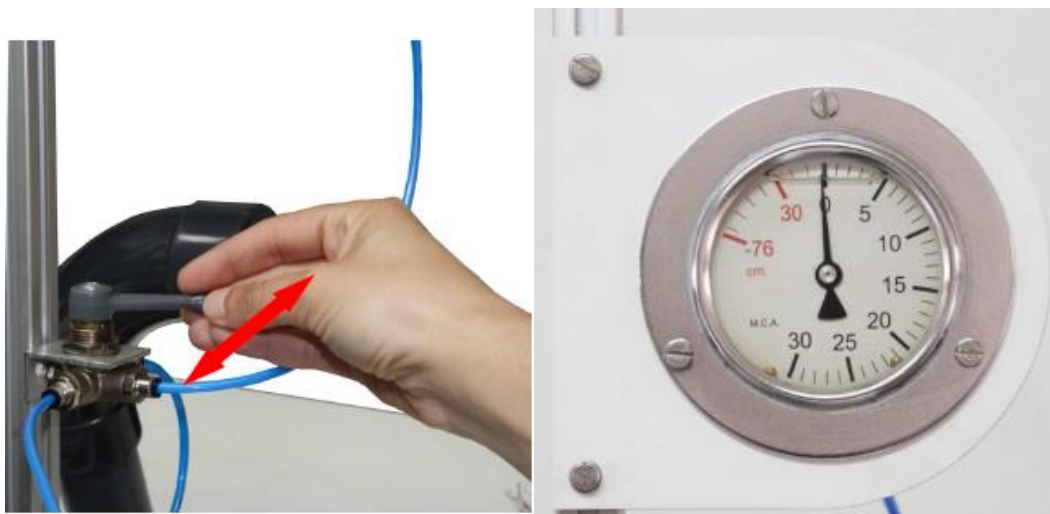


Figura 5: Modo de actuación para la toma de presión deseada y detalle del vacuómetro-manómetro Bourdon.

A continuación se detallan las características principales de ciertos componentes de la instalación:

Diámetros interiores:

- Tubería de suministro $\varnothing_{\text{exterior}} = 50 \text{ mm}$, $\varnothing_{\text{interior}} = 45 \text{ mm}$
- Tubería de salida $\varnothing_{\text{exterior}} = 70 \text{ mm}$, $\varnothing_{\text{interior}} = 59 \text{ mm}$

Vacuómetro-Manómetro:

- Tipo Bourdon con glicerina de -76 cm Hg a 25 m C. A.

Dinamómetro:

- 2x dinamómetro 5 kg x 25 g

Características de la turbina:

- Tipo: hélice
- Número de álabes del rodete: 6
- Ángulo de los álabes del rodete.
 - Ángulo medio (entrada/salida): $41^{\circ}/26^{\circ}$
 - Álabes guía: 6 (ajustables de 0 a 100%)
 - Potencia máxima en el eje aproximada: 30 W

3. Bibliografía

Bibliografía clásica de mecánica de fluidos

- Streeter, Victor L., Wylie, E. Benjamin, et al. *Mecánica de los Fluidos*. McGraw-Hill, 2000. ISBN: 958-600-987-4.
- White, Frank M. *Mecánica de Fluidos*. McGraw-Hill, 2003. ISBN: 84-481-4076-1.
- Crespo, Antonio. *Mecánica de Fluidos*. Thomson Editores Spain Paraninfo S. A., 2006. ISBN: 84-9732-292-4.
- Mataix, Claudio. *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Ediciones del Castillo S. A., 1986. ISBN: 84-219-0175-3.
- Fox, Robert W. and McDonald, Alan T. *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. McGraw-Hill, 2005. ISBN: 970-10-0669-0.
- Douglas, John F. *Problemas resueltos de Mecánica de Fluidos Vol I y Vol II*. Ed. Bellisco, 1991. ISBN: 84-85198-50-6.
- Gerhart, Philip M., Gross, Richard J., et al. *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. Ed. Wilmington-Delaware, 1995. ISBN: 0-201-60105-2.
- Pastor, Justo. *Mecánica de Fluidos Tomo I y Tomo II*. Ed. Estudios Grafor, 1972. Depósito legal BI-1016-1972.
- Giles, Randal V., R.V., Evett, Jack B., et al. *Mecánica de fluidos e Hidráulica*, 1998. ISBN: 84-481-1898-7.
- Mott, Robert L. *Mecánica de Fluidos Aplicada*. 4^o edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996. ISBN: 968-880-542-4.

Bibliografía de bombas y turbinas

- Agüera Soriano, José. *Mecánica de Fluidos Incompresibles y Turbomáquinas Hidráulicas*. 5^a Edición Actualizada. Ed. Ciencia 3, S.L., 2002. ISBN: 84-95391-01-05.
- Mataix, Claudio. *Turbomáquinas Hidráulicas. Turbinas Hidráulicas, Bombas y Ventiladores*. 2^a Edición revisada y corregida. Ed. Amábar S.L., 2009. ISBN: 978-84-8468-252-3.
- Larreategui, Andoni. *Elementos de Máquinas Hidráulicas*. Edición de 2007. Sección de publicaciones de la E.T.S.I. de Bilbao, 2007.
- Almandoz B., Xabier, Mongelos O., M^a Belén, et al. *Apuntes de Máquinas Hidráulicas*. 2^a Edición. Sección de publicaciones de la EUP, 2007. ISBN: 978-84-690-5856-5.
- Pastor, Justo. *Máquinas Hidráulicas y de Fluidos*. Sección de publicaciones de la E.T.S.I. de Bilbao, 1972.

Bibliografía de centrales hidroeléctricas

- L. Cuesta, Diego and Vallarino, Eugenio. *Aprovechamientos hidroeléctricos*. 2ª Edición. Ed. Ibergarceta Publicaciones S.L., 2014. ISBN: 978-84-1622-808-9.
- Zoppetti, Gaudencio. *Centrales Hidroeléctricas*. 5ª Edición. Ed. Calypso S.A., 1982. ISBN: 968-6085-55-6.
- *Centrales Hidroeléctricas*. Ed. Paraninfo S.A., 1994. ISBN: 84-283-2069-1 e ISBN-84-283-2070-5.

Bibliografía de turbinas

- Cuesta Diego, Luis and Vallarino, Eugenio. *Aprovechamientos hidroeléctricos*. Ed. Ibergarceta Publicaciones S.L., 2015. ISBN: 978-84-1622-808-9.
- Zoppetti, Gaudencio. *Centrales hidroeléctricas*. Ed. G. Gili S.A. (1982). ISBN: 968-6085-55-6.