

INSTALACIONES Y MÁQUINAS DE FLUIDOS

GUION DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1º curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial

PRÁCTICA 5: TURBINAS – TURBINA HÉLICE

Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos

Autores

Igor Peñalva

Concepción Olondo

Urko Izquierdo

CONTENIDOS

1.	Procedimiento experimental: realización de la práctica	1
2.	Resultados.....	3
3.	Conclusiones.....	3
4.	Datos para la realización de la práctica.....	4

1. Procedimiento experimental: realización de la práctica

Para realizar la práctica se debe seguir el siguiente procedimiento:

- A. Accionamiento de las bombas tal y como se especifica en la Figura 2 del Tema 5, y apertura progresiva de la válvula hasta llegar a abrirla completamente. A modo de referencia, el valor del caudal medido por el medidor electrónico debería superar los 190 L/min cuando la apertura de los álabes directrices es del 100 %, y la presión a la entrada de la turbina de 14 m C. A.
- B. Se realizarán mediciones para tres grados diferentes en el distribuidor de la turbina: 100 %, 75 % y 50 % de apertura del distribuidor. Para cada uno de ellos, trabajará con un salto constante de 14 m C. A.
- C. Trabajando con un determinado grado de apertura de distribuidor, se regulará el caudal para conseguir la presión de 14 m C. A. deseada a la entrada de la turbina. Se establecerán 8 diferentes velocidades de giro de la turbina variando el par resistente (ejerciendo mayor fricción con la cinta) al variar el grado de apriete de la palanca superior (Figura 3 del Tema 5). De este modo, se obtienen determinadas relaciones del par mecánico $C_m = C_m(N)$, potencia mecánica $P_m = P_m(N)$ y rendimiento $\eta = \eta(N)$ respecto de la velocidad de giro N de la turbina. Cada vez que se varía la velocidad de giro, los valores de la presión a la entrada de la turbina y el caudal deberían de permanecer constantes. A continuación se describe cómo se mide o calcula cada una de las variables físicas que se acaban de mencionar:

I. Salto neto

El salto neto (H_n) en m C. A. se calcula a través de la medición de la presión de entrada, en m C. A. y la diferencia de cota entre la entrada y la salida de la turbina, correspondiente a 0,72 m.

II. Potencia hidráulica

La potencia hidráulica es la potencia puesta a disposición de la turbina. Depende, principalmente, del caudal que entra a la turbina y del salto neto: $P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n$

III. Par mecánico

El par mecánico transmitido por el rodete al disco se calcula midiendo la fuerza tangencial aplicada al disco multiplicada por el radio del disco ($r = 0,03 \text{ m}$). La fuerza tangencial se calcula como la diferencia entre las lecturas en N del Dinamómetro 2, D_2 , y Dinamómetro 1, D_1 , (Figura 3 del Tema 5). Por tanto, el par resistente C_r aplicado al disco será:

$$C_r = (F_{D2} - F_{D1}) \cdot r$$

A la velocidad de giro correspondiente, el C_r será igual al par motor C_m transmitido por el rodete al disco, $C_r = C_m$.

IV. Velocidad de giro

Se medirá directamente con un tacómetro óptico que proporciona mediciones directas de la velocidad angular N en r.p.m.

V. Potencia mecánica

Si la velocidad de giro del conjunto rodete-disco en r.p.m. es N , la potencia mecánica (P_m) será:

$$P_m = C_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot N / 60$$

VI. Rendimiento

Se calculará como el balance entre potencia hidráulica (P_h) puesta a disposición de la turbina y potencia mecánica (P_m) transmitida por el rodete.

$$\eta_{turbina} = P_m \cdot P_h^{-1}$$

- D. Para cada uno de los tres grados del distribuidor (100 %, 75 % y 50 % de apertura), se medirán 8 combinaciones de velocidad de giro (N , en r.p.m.) y fuerza ($F_{D2} - F_{D1}$, en g), y para cada combinación se deberá de medir también el caudal de entrada, y la presión a la entrada y salida, según la Tabla 1. Se deberán de definir los extremos: el par máximo a velocidad de giro nula y la velocidad máxima (o también denominada velocidad de embalamiento, N_{emb}) obtenida sin fricción del freno. Asimismo se intentará concentrar las medidas cerca de la velocidad media dentro del rango, es decir $N_{emb}/2$, para definir correctamente los máximos de potencia y rendimiento. La recogida de las medidas experimentales se puede realizar en una tabla como la que se muestra a continuación.

Tabla 1: Datos experimentales de medida.

P5 : Turbinas: Turbina hélice	Datos	Caudal	P_{in}	P_{out}	N	F_{D2}	F_{D1}
	Unidades	(L/min)	(m C. A.)	(m C. A.)	(r.p.m.)	(g)	(g)
Posición distribuidor (% apertura)	Qi				$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
					$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$
					$N_i =$	$F_{D2i} =$	$F_{D1i} =$

2. Resultados

A partir de los datos experimentales se debe calcular el caudal, Q (m^3/s), el salto neto, H_n (m C. A.), la potencia hidráulica, P_h (W), el par, C_m (N·m), la potencia mecánica, P_m (W) y el rendimiento (%), para cada una de las velocidades de giro medidas así como para cada una de las posiciones de inyector. Con ello, se deberá de construir una tabla de resultados en el fichero de trabajo u hoja EXCEL. Esta tabla mostrará los datos experimentales en los cuales se basan los resultados experimentales obtenidos. Con los resultados de dicha tabla, se elaborarán las siguientes gráficas:

- **Gráfica 1:** Variación de la potencia hidráulica en función de la velocidad de giro para cada una de las tres posiciones del distribuidor.
- **Gráfica 2:** Variación del par en función de la velocidad de giro para cada una de las tres posiciones del distribuidor.
- **Gráfica 3:** Variación de la potencia mecánica en función de la velocidad de giro para cada una de las tres posiciones del distribuidor.
- **Gráfica 4:** Variación del rendimiento en función de la velocidad de giro para cada una de las tres posiciones del distribuidor.
- **Gráfica 5:** Variación de la presión a la salida del rodete en función de la velocidad de giro de la turbina.

Todas las curvas deben estar ajustadas al polinomio del grado que les corresponda, la regresión debe de visualizarse y la ecuación correspondiente también. Todas las gráficas deben tener un título y ejes titulados con las unidades correspondientes. Estas gráficas se presentarán en el informe y deberá de ser posible conocer la procedencia de los datos utilizados en la representación de las mismas.

3. Conclusiones

En el propio fichero Excel el alumno deberá explicar la forma de las tendencias de los resultados obtenidos y detectar los parámetros relevantes a la hora de diseñar y seleccionar una turbina para que su rendimiento sea el máximo.

4. Datos para la realización de la práctica

% apertura del distribuidor = 100%

Presión entrada [m C.A.]	14
Q [L/min]	192
Q [m³/s]	0,0032
distancia eje [m] =	0,03
H tubo aspiración [m] =	0,725

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [m C.A.]	P _{out} [m C.A. ó cm Hg]
1	4930	0	0	14,0	2,1
2	4380	400	125	14,0	2,0
3	3900	700	200	14,0	1,8
4	3350	1000	325	14,0	1,5
5	2950	1300	450	14,0	1,2
6	2650	1600	600	14,0	1,0
7	1900	1900	650	14,0	0,6
8	1250	2200	725	14,0	0,2
9	550	2500	800	14,0	0,1
10	0	2875	1125	14,0	-2,0

% apertura del distribuidor = 75%

Presión entrada [m C.A.]	14
Q [L/min]	133
Q [m ³ /s]	0,0022
distancia eje [m] =	0,03
H tubo aspiración [m] =	0,725

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [m C.A.]	P _{out} [m C.A. ó cm Hg]
1	3900	0	0	14,0	1,2
2	3800	300	0	14,0	1,1
3	3400	550	100	14,0	1,0
4	3100	700	175	14,0	0,9
5	2750	900	250	14,0	0,8
6	2450	1100	325	14,0	0,6
7	2100	1300	400	14,0	0,3
8	1500	1500	450	14,0	0,1
9	1050	1700	525	14,0	0,0
10	0	1900	675	14,0	-1,0

% apertura del distribuidor = 50%

Presión entrada [m C.A.]	14,0
Q [L/min]	111,0
Q [m ³ /s]	0,00185
distancia eje [m] =	0,03
H tubo aspiración [m] =	0,725

Nº medida	N [rpm]	F ₁ [g]	F ₂ [g]	P _{in} [m C.A.]	P _{out} [m C.A. ó cm Hg]
1	3500	0	0	14,0	0,8
2	3200	400	0	14,0	0,7
3	2900	500	50	14,0	0,6
4	2750	600	100	14,0	0,5
5	2580	700	150	14,0	0,4
6	2400	800	175	14,0	0,3
7	2050	1000	250	14,0	0,2
8	1620	1200	350	14,0	0,1
9	1350	1300	375	14,0	0,0
10	1150	1400	400	14,0	-1,0