

PRÁCTICA N°6: IMPACTO DE CHORRO

INTRODUCCIÓN

El estudio de las fuerzas ejercidas por los fluidos en movimiento es necesario para el diseño de bombas, turbinas, hélices, entre otros. En algunos casos, la ecuación fundamental de la energía no es suficiente para todos los problemas que se presentan y por tanto es conveniente analizarlos por medio de los principios de cantidad de movimiento y volumen de control. La práctica de impacto de chorro proporciona una idea de cómo la energía que lleva consigo un fluido puede ser aprovechada para realizar un trabajo.

OBJETIVOS

- ✓ Determinar las fuerzas de reacción producidas por el cambio de movimiento durante de flujo en un fluido.
- ✓ Comprender los conceptos básicos de la cantidad de movimiento.

MARCO TEÓRICO

Leyes de Newton y conservación de cantidad de movimiento:

Las leyes de Newton relacionan los movimientos de los cuerpos y las fuerzas que actúan sobre ellos. La segunda ley expresa que la aceleración que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza que se ejerce sobre él, e inversamente proporcional a su masa, siendo:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \rightarrow \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \quad \text{Ecuación 1}$$

La cantidad de movimiento del cuerpo o el momento lineal, se define como el producto de la masa por la velocidad. Por lo tanto, la segunda ley de Newton se puede enunciar como: *La razón de cambio de la cantidad de movimiento de un cuerpo es igual a la fuerza neta que actúa sobre él.* La conservación de la cantidad de movimiento, se da entonces cuando la fuerza neta sobre el cuerpo es cero.

Volumen de control:

Un volumen de control es un espacio arbitrario que se instituye con el objeto de estudio (Figura 1). El volumen de control está delimitado por una superficie de control (SC). A su vez, la entrada y salida de masa a través de la SC, depende de la velocidad del flujo relativa a la superficie de control y, por ende, resulta esencial determinar si el volumen de control se mantiene en reposo durante el flujo o si está en movimiento.

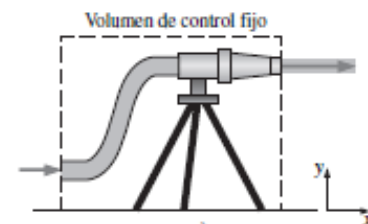


Figura 1. Volumen de control fijo.¹

¹ Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Skarina, S. F. (2006). Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones (Vol. 1). McGraw-Hill.

Impacto de chorro:

Cuando un chorro de agua impacta una placa, ocurre un cambio de dirección del chorro en un ángulo β (Figura 2). Si se desprecia la fricción entre el chorro y la placa, se tiene que la magnitud de la velocidad por la superficie de la placa V_2 , es proporcional a la velocidad de entrada V_1 . Aplicando las ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento en un volumen de control se obtiene:

$$\sum Fy = \sum_{Sal} (\rho V_1 A_1) - \sum_{Ent} (\rho V_2 A_2) \quad \text{Ecuación 2}$$

Debido a que el agua no se acumula en el volumen de control se puede asumir que el caudal (Q) es el mismo en ambos puntos:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Por lo que la fuerza teórica de impacto (Fy) aplicada sobre la placa estará dada por la ecuación 4:

$$Fy = \rho Q V_1 (\cos \theta + 1) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde $\theta = 180^\circ - \beta$ y $\rho = \text{densidad del líquido}$.

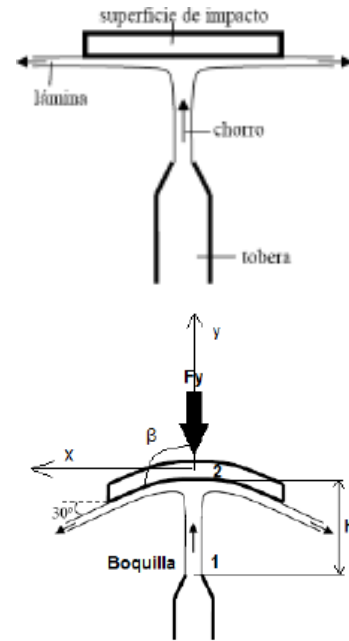


Figura 2. Balance de energía chorro.²

TEMAS DE CONSULTA

- ✓ Cantidad de movimiento.
- ✓ Teorema de Bernoulli.
- ✓ Teorema de conservación de la masa.
- ✓ Fuerzas debidas a fluidos en movimiento.

EQUIPOS:

- ✓ F1-10 Banco Hidráulico.
- ✓ F1-16 Aparato de Impacto de un chorro (Figura 3).
- ✓ Cronómetro.



Figura 3. F1-16 Equipo de Impacto de chorro³

² Ingeniería Mecánica (2014). Impacto de un chorro y turbina Pelton. Laboratorio de mecánica de fluidos. Universidad Industrial de Santander.

³ Armfield Ltd. Teorema de Bernoulli - <http://discoverarmfield.com/es/products/view/f1-15/demostracion-teorema-bernoulli>

ACTIVIDAD

Determinar las fuerzas ejercidas por un chorro que impacta diferentes superficies sólidas produciendo deflexiones en el flujo, con el fin de estudiar las reacciones producidas en la cantidad de movimiento durante el flujo de un fluido.

Procedimiento:

- 1) Desatornillar las tres tuercas ubicadas en la tapa del equipo F1-16 y retirarlas del cilindro transparente. Atornillar uno de los cinco objetivos. Reconocer su geometría y ángulo de deflexión (30°, 60°, 90°, 120° y 180°).
- 2) Tapar el cilindro atornillando las roscas y nivelar el equipo F1-16. Ajustar los soportes observando el nivel de burbuja en la tapa de este.
- 3) Sin ubicar pesas sobre la bandeja, ajustar el nivel de referencia de forma que esté alineado con la marca indicada en la bandeja.
- 4) Ubicar una masa sobre la bandeja y registrar su peso en la Tabla 1.
- 5) Abrir la válvula del banco hidráulico F1-10 hasta que se alcance el equilibrio estático, verificando que el nivel de referencia esté nuevamente alineado con la marca en la bandeja.
- 6) Cerrar la válvula de descarga y medir el caudal en el tanque volumétrico del banco F1-10, contabilizando el tiempo que tarda en coleccionar determinado volumen. Realizar esta medición tres veces.
- 7) Repetir el procedimiento desde el paso 5 al 6, para dos masas más.
- 8) Repetir el procedimiento desde el paso 1 al 7, para todos los objetivos.

ANÁLISIS DE DATOS

1. Calcular el caudal en m³/s a partir de las mediciones de volumen y tiempo tomadas durante la práctica. Promediar los tres caudales y obtener Q_i [m³/s] para cada una de las masas y objetivos.
2. Para cada una de las masas y objetivos, calcular la velocidad de fluido que sale de la boquilla siguiendo la ecuación: $V[\frac{m}{s}] = \frac{Qt}{A}$ donde A es el área de la boquilla de diámetro 0.008 m.
3. Calcular la fuerza de reacción F_y [N] con la Ecuación 4. Donde $\theta = 180 - \beta$ y ρ es la densidad del agua en kg/m³.
4. Calcular la pendiente tanto experimental como teórica de la siguiente manera:

$$Pendiente\ Experimental = \frac{wg}{V^2} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Pendiente\ Teórica = \rho A (\cos \theta + 1) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$w = Masa\ de\ pesa$

$g = Aceleración\ de\ gravedad$

$V = Velocidad\ del\ fluido$

$\rho = Densidad\ del\ líquido$

$A = Área\ de\ la\ boquilla$

$\theta = Ángulo\ de\ desviación$

5. Registrar los resultados en la tabla que se muestra a continuación

Ángulo Objetivo β	Masa agregada w [kg]	Caudal Q_t [m ³ /s]	Velocidad V [m/s]	Velocidad ² V^2 [m/s] ²	Fuerza F_y [N]	Pendiente Experimental	Pendiente Teórica
30°							
60°							
90°							
120°							
180°							

6. Realizar una gráfica donde se muestre la interacción entre la velocidad al cuadrado y la masa aplicada (V^2 vs w g).

Preguntas

- Calcule un error aproximado entre los resultados teóricos y experimentales ¿Cuáles pueden ser las causas de estas diferencias?
- ¿Qué aplicaciones se pueden obtener a partir del principio estudiado?
- ¿Qué objetivo necesita menos caudal para levantar los pesos? ¿Por qué?

BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ Y.A Cengel y J. M. Cimbala, Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones, 5° ed., Nueva York: McGrawHill, 2006.
- ✓ F. M. White, Fluid Mechanics, 5° Ed., Nueva York McGrawHill, 2006.
- ✓ Impacto de un chorro - Manual de Instrucciones F1-16. Issue 8., Noviembre 2016.
- ✓ Ingeniería Mecánica (2014). Impacto de un chorro y turbina Pelton. Laboratorio de mecánica de fluidos. Universidad Industrial de Santander.

TABLAS DE DATOS

PRÁCTICA N°6: IMPACTO DE CHORRO

AUXILIAR _____

FECHA: _____

GRUPO: _____ SUBGRUPO: _____

NOTA: _____

NOMBRES	CÓDIGO

ACTIVIDAD A

Diámetro de la boquilla de salida = 0.008 [m]

Objetivo 30°						
Masa Agregada [g]	Caudal					
	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]
Objetivo 60°						
Masa Agregada [g]	Caudal					
	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]
Objetivo 90°						
Masa Agregada [g]	Caudal					
	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]
Objetivo 120°						
Masa Agregada [g]	Caudal					
	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]
Objetivo 180°						
Masa Agregada [g]	Caudal					
	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]	Δ Volumen [L]	t [s]