Universidad Autónoma Metropolitana

Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.
Nombre del Proyecto de Integración: Modelado del vaciado de un tanque mediante CFD.
Modalidad: Proyecto de investigación.
Versión: Primera.
Trimestre Lectivo: 22-P.

Datos del Alumno:
Nombre: Luis Roberto Flores Méndez.
Matricula: 2143031763.
Correo: al2143031763@azc.uam.mx

Firma: _____

Asesor interno: Dr. Jorge Ramírez Muñoz.
Departamento de adscripción:
Energía.
Categoría: Titular
Correo electrónico: jrm@azc.uam.mx

Firma del asesor: _____

Asesora externa: M.C.A. Alejandra Manuela Vengoechea Pimienta
Adscripción: Posgrado en Ingeniería de Procesos, UAM-Azcapotzalco.
Correo: al2193803362@azc.uam.mx

Firma del asesor: _____

Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México a 01 de Septiembre del 2022

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Luis Roberto Flores Méndez

M.C.A. Alejandra Manuela Vengoechea Pimienta

Dr. Jorge Ramírez Muñoz

1.- Introducción

La Dinámica de Fluidos por medio de Computadoras (CFD por sus siglas en inglés “Computacional Fluid Dynamics”) es una herramienta que, como su nombre lo indica, analiza sistemas relacionados con el flujo de fluidos por medio de simulaciones computacionales. Específicamente, se buscan soluciones numéricas de las ecuaciones diferenciales parciales que describen fenómenos físicos.

Esta metodología se enfoca en estudiar modelos que satisfacen la hipótesis del continuo (por debajo de este, se requiere la implementación de otros modelos de escala molecular), pasando por un amplio abanico de escalas que van desde micrómetros (escala local) hasta kilómetros (macro escalas).

Además, la CFD permite el análisis de una gran variedad de escalas temporales y fenómenos físicos donde el tiempo puede no ser un factor importante, es decir el caso de estados estacionarios, o en situaciones en las que, por el contrario, se observan cambios constantes en periodos que pueden medirse en segundos, minutos, horas o incluso años.

En particular, en el análisis de Flujos Laminares, la CFD resuelve aproximaciones de las ecuaciones de Navier-Stokes. Por supuesto, también se pueden resolver versiones promediadas de las ecuaciones anteriores para el estudio de flujos turbulentos usando ecuaciones promediadas espacialmente y temporalmente de Navier-Stokes.

El presente proyecto tiene como finalidad reproducir mediante CFD experimentos de vaciado de un tanque. El tanque se encuentra localizado en el laboratorio de termofluidos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

2.- Antecedentes

En hidrodinámica, la ley de Torricelli establece que la velocidad v del flujo (salida) del agua a través de un orificio en la parte lateral o en el fondo de un tanque lleno con agua hasta una altura (o profundidad) h es igual a la velocidad de un objeto (en este caso una gota de agua), que cae libremente desde una altura h; esto es, $\sqrt{2\mathrm{gh}}$, donde g es la aceleración de la gravedad. Esta última expresión se origina al igualar la energía cinética *mv²/2*, con la energía potencial, *mgh*, luego de despejar v.
Supongamos que un tanque lleno de agua se deja vaciar por un agujero, por la acción de la gravedad. Se desea determinar la profundidad, h, del agua que queda en el tanque (ver figura 1) en el momento t. Si el área transversal del agujero es Ao, y la velocidad del agua que sale del tanque es $\sqrt{2\mathrm{gh}}$, el volumen de agua que sale del tanque, por segundo, es $Ao\sqrt{2gh}$. Así, si V (t) representa al volumen del agua en el tanque en cualquier momento t [1].

$$\frac{dV}{dt} = -Ao\sqrt{2gh} \quad (1)$$

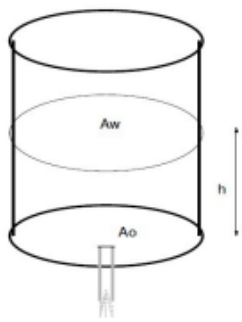

Figura 1: Diagrama Tanque cilíndrico. Ley de Toricelli

Si el tanque es tal que el volumen del agua en cualquier momento *t* se expresa como V(t) =Aw h, donde Aw es el área constante de la superficie superior del agua.

$$\frac{dV}{dt} = A_w \frac{dh}{dt} \qquad (2)$$

Al reemplazar está última en (1) se llega a

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{A_o}{A_w}\sqrt{2\mathrm{gh}} \quad (3)$$

Donde (3) es una ecuación diferencial por separación de variables, donde su solución es:

$$h = f(t) = \left[\sqrt{h_{max}} - \frac{A_o}{A_w}\sqrt{\frac{g}{2}}t\right]^2 \quad (4)$$

con hmax, como el máximo nivel de altura del agua que tiene el tanque para t = 0.

Es de anotar que esta es una aplicación expuesta en textos de Ecuaciones Diferenciales como lo menciona [2].

Los tanques de almacenamiento tienen como función hidráulica suministrar agua para consumo humano con las presiones de servicio adecuadas, y en la cantidad necesaria que compense las variaciones de la demanda.
Además, deben contar con un volumen de respaldo para suministrar agua en casos de emergencia como incendios, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento [3].
Para estudiar los patrones de flujo y la distribución de tiempos de retención de un líquido existen diferentes métodos que van desde los empíricos y experimentales hasta los modelos a escala física o matemática.
Uno de los más empleados es el estudio de trazadores y actualmente con el desarrollo de las técnicas computacionales se recurre a soluciones numéricas que pueden ser obtenidas a través de la denominada dinámica computacional de fluidos (CFD en inglés) para realizar aproximaciones numéricas de las ecuaciones de Navier-Stockes [4].

3.- Justificación

Las instalaciones de almacenamiento, conocidas como tanques, torres, cisternas o reservorios, por un lado, brindan almacenamiento para el agua tratada antes de su distribución para fines domésticos y de consumo, y por otro, equilibran las fluctuaciones en la cantidad y calidad del agua.

Esto se hace almacenando agua durante los momentos en que hay poca demanda, por ejemplo, por la noche, y asegurándose de que haya suficiente agua para los momentos de mayor demanda, es decir, cuando muchas personas necesitan agua al mismo tiempo.

No solamente los podemos entrar con un fin doméstico también en el ámbito industrial o comercial podemos ver como en las plantas de producción de hidrocarburos y de las industrias procesadoras a diario tienen muchas y variadas labores, como el vaciado de tanques, es por ello que es muy importante saber y poder predecir el tiempo en el que se demora en vaciarse total o parcialmente el contenido de un tanque.

Se deseo modelar el vaciado de un tanque, que es llenado completamente de un líquido, en este caso es agua y así poder observar el comportamiento hidráulico de este.

SULZER CONFIDENTIAL

4.- Objetivos

Objetivo general

Reproducir mediante CFD el comportamiento hidráulico de un tanque de almacenamiento de agua usado para estudios experimentales de tiempos de vaciado, evaluando numéricamente los perfiles de velocidad, rugosidad y presiones.

Objetivos particulares

-Evaluar numéricamente los perfiles de velocidad y de presión.
-Determinar numéricamente el coeficiente de descarga de la boquilla.
-Determinar numéricamente el tiempo de vaciado del tanque.
-Comparar los resultados numéricos con las mediciones experimentales de vaciado del tanque.

5.- Metodología

1.- Elaboración de cronograma de actividades.
2.- Realizar mediciones en el laboratorio.
3.- Realizar comparativa de resultados y realizar más pruebas de ser necesario.
4.- Realizar cálculos para el modelado.
5.- Construir el modelo y la malla computacional.
6.- Realizar un análisis de independencia de malla.
7.- Redactar el reporte final de Proyecto de Integración
8.- Entregar del reporte final

6.- Normatividad

No se requiere

7.- Cronograma de actividades

UEA para la que se solicita autorización:

✓	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I
	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II
	Introducción al trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica I

N°	Actividades del trimestre 22-P	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Elaboración de cronograma de actividades.	X											
2	Realizar mediciones en el laboratorio.	X	X										
3	Realizar comparativa de resultados y realizar más pruebas de ser necesario		X	X									
4	Realizar cálculos para el modelado.			X	X								
5	Realizar el modelado de la malla.				X	X							
6	Realizar simulación con la malla independiente.						X	X	X				
7	Redactar el reporte final de Proyecto de Integración	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Entregar del reporte final												X

Realizar comparativa de resultados y realizar más pruebas de ser necesario.

8.- Entregables

Reporte final

Independencia de malla

9.- Referencias bibliográficas

[1] Luis Fernando Plaza Galvez, 2017, "Mathematical Modeling for emptying tanks", Unidad Central del Valle del Cauca, Tuluá, Valle, Colombia.
[2] D. G. Zill, Ecuaciones diferenciales con problemas de valores en la frontera, Thomson Learning, 5a edición, México D.F., p. 16, (2002).
[3] R. E. Mau et al., "Explicit Mathematical Models of distribution Storage Water Quality," J Hydraul Eng, vol. 121, no. 10, pp. 699-709, 1995.
[4] S. Abdulnaser, 2009, "Computational Fluid Dynamics".

10.- Terminología

CFD (Computational Fluid Dynamics)

11.- Infraestructura

Laboratorio de Termofluidos UAM Azcapotzalco

12.- Asesoría complementaria

M.C.A. Alejandra Manuela Vengoechea Pimienta
Adscripción: Posgrado en Ingeniería de Procesos, UAM-Azcapotzalco.
Correo: al2193803362@azc.uam.mx

13.- Publicación o difusión de los resultados

No se requiere