



Diseño de una metodología para análisis de flujo en 2d de transporte utilizando dinámica de fluidos computacional

*Design of a methodology for 2d transport flow analysis using computational fluid
dynamics*

*Projeto de uma metodologia para análise de
fluxo de transporte 2d usando dinâmica de fluidos computacional*

Paul Marcelo Tacle-Humanante ^I
ptacle@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7850-6146>

Cristopher Tacle-Humanante ^{II}
itacle0711@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9528-7686>

Correspondencia: ptacle@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículos de investigación

***Recibido:** 30 de agosto de 2021 ***Aceptado:** 20 de septiembre de 2021 * **Publicado:** 07 de octubre de 2021

- I. Ingeniero, PhD en Ciencias, Docente de la Facultad de Recursos Naturales en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero Químico, Magíster en Química, Investigador independiente, Riobamba, Ecuador.

Resumen

La metodología CFD es un método numérico que consiste en dividir el sistema de interés en volúmenes pequeños, donde se resuelven de forma aproximada las ecuaciones generales del fluido. Esto permite obtener resultados en cada punto del sistema y evaluar más rápido, cualquier cambio en las condiciones de este. El objetivo de este trabajo de investigación es comprender el comportamiento del flujo en 2D (dos dimensiones) de un fluido a través de una tubería horizontal de transporte analizando la velocidad máxima, perfil de velocidades y presión, desarrollando un procedimiento para el análisis de fluidos. La dinámica de fluidos computacional (CFD), es un enfoque útil para resolver las ecuaciones que describen el movimiento de los fluidos, mediante métodos numéricos y técnicas computacionales; esta área de la mecánica proporciona los fundamentos de la hidráulica de tuberías e hidráulica de canales. Se utiliza el método de la dinámica de fluidos computacional (CFD) con el software Ansys 2020. Se exponen los resultados se determinó los perfiles de velocidad para un flujo laminar de $6,079 \times 10^{-4}$ m/s para fluido de trabajo agua líquida. Se emplearon cálculos mediante el uso del modelo simple del software. Esta simulación proporciona los valores de los contornos de presión, velocidad máxima dentro de la tubería y permite generar una metodología general para el análisis de flujos como herramienta para la academia e investigación.

Palabras clave: Fluidos; ANSYS fluent; presión; velocidad; flujo.

Abstract

The CFD methodology is a numerical method that consists of dividing the system of interest into small volumes, where the general equations of the fluid are approximately solved. This allows obtaining results at each point of the system and evaluating any change in the conditions of the system faster. The objective of this research work is to understand the behavior of the flow in 2D (two dimensions) of a fluid through a horizontal transport pipeline analyzing the maximum velocity, velocity profile and pressure, developing a procedure for the analysis of fluids. Computational fluid dynamics (CFD) is a useful approach to solve the equations that describe the movement of fluids, using numerical methods and computational techniques; This area of mechanics provides the fundamentals of pipeline hydraulics and channel hydraulics. The computational fluid dynamics (CFD) method is used with Ansys 2020 software. The results are shown, the velocity profiles were determined for a laminar flow of 6.079×10^{-4} m / s for liquid

water working fluid. Calculations were used using the simple software model. This simulation provides the values of the pressure contours, maximum velocity within the pipe and allows to generate a general methodology for the analysis of flows as a tool for academia and research.

Keywords: Fluids; ANSYS fluent; Pressure; speed; flow.

Resumo

A metodologia CFD é um método numérico que consiste em dividir o sistema de interesse em pequenos volumes, onde as equações gerais do fluido são aproximadamente resolvidas. Isso permite obter resultados em cada ponto do sistema e avaliar mais rapidamente qualquer mudança nas condições do sistema. O objetivo deste trabalho de pesquisa é compreender o comportamento do escoamento em 2D (duas dimensões) de um fluido através de um duto de transporte horizontal por meio da análise da velocidade máxima, perfil de velocidade e pressão, desenvolvendo um procedimento para a análise de fluidos. A dinâmica de fluidos computacional (CFD) é uma abordagem útil para resolver as equações que descrevem o movimento dos fluidos, usando métodos numéricos e técnicas computacionais; Esta área da mecânica fornece os fundamentos da hidráulica de dutos e hidráulica de canal. O método de dinâmica de fluidos computacional (CFD) é usado com o software Ansys 2020. Os resultados são mostrados, os perfis de velocidade foram determinados para um fluxo laminar de $6,079 \times 10^{-4}$ m / s para fluido de trabalho de água líquida. Os cálculos foram usados usando o modelo de software simples. Esta simulação fornece os valores dos contornos de pressão, velocidade máxima dentro da tubulação e permite gerar uma metodologia geral para a análise de escoamentos como ferramenta para academia e pesquisa.

Palavras-chave: Fluidos; ANSYS fluente; Pressão; Rapidez; fluxo.

Introducción

En la actualidad el uso de herramientas computacionales y su integración al análisis de los fluidos es de suma importancia, nos permite obtener y estimar diferentes variables como velocidades, temperaturas, presiones, en diferentes componentes. El perfil de velocidades en un flujo laminar tiene forma de parábola y la velocidad máxima se encuentra en el eje x, la velocidad del fluido conforme se aleja del eje hacia las paredes disminuye hasta tener un valor de cero. El área del conocimiento de la simulación numérica del flujo de un fluido, transferencia de calor, reacciones

químicas, combustión entre otros se analiza en la dinámica de fluidos computacional CFD (Computational Fluid Dynamics). El origen del CFD se dio al combinar dos disciplinas: mecánica de fluidos y cálculos numéricos. Las ecuaciones que gobiernan el flujo de un fluido están basadas en la mecánica de fluidos y su resolución se da por diferentes métodos numéricos. La ecuación de transporte de la variable de interés (Φ) es una de las ecuaciones más importantes resuelta por CFD, además las ecuaciones de conservación resueltas tienen cuatro términos: término de tiempo, término advectivo, término difusivo y término fuente. “Por ejemplo, para la ecuación de conservación de masa (o continuidad), la variable Φ es igual a 1, el coeficiente de difusión y la fuente son nulos”. (Scientific, 2016)

De esta manera (Scientific, 2016) menciona que el método de elementos finitos y el método de volúmenes finitos son considerados los métodos de discretización más divulgados. Con este tipo de métodos se cambia el dominio continuo por el dominio discreto, donde el dominio original es representado por un conjunto de volúmenes de control. La forma algebraica que representa a la ecuación de transporte de la variable de interés (Φ) es solucionada en cada volumen de control mediante un sistema de ecuaciones. Por lo general estas ecuaciones tienen una resolución más rápida y precisa con CFD así dando solución a diversos problemas de mecánica de fluidos.

En un sistema de tuberías el paso de un fluido radica en que los flujos quedan limitados principalmente por las superficies sólidas. En este tipo de sistemas de tuberías se puede tener dos tipos de flujos: laminar o turbulentos asociados al diámetro de las tuberías y velocidad del fluido, además el número del Reynolds que depende de la viscosidad, densidad, diámetro de la tubería y velocidad del flujo establecerá la naturaleza que tiene el flujo. (Ordoñez et al., 2018)

Es así que (Cruz Gavilan et al., 2020) realizó una revisión y análisis de CFD aplicados a la ingeniería, con énfasis en la ingeniería agrícola. Este análisis se centra en las aplicaciones fundamentales como la mejora en el diseño y estructura de fluidos para riego, equipos agrícolas brindando la posibilidad de valorar distintas opciones de diseño y simulación de procesos. “Las investigaciones realizadas pertenecen al campo de la ingeniería Agrícola, análisis teórico y elementos finitos de pérdidas de carga en un sistema de riego de pivote central, bombas centrífugas, efecto del viento en el flujo de aire de aspersores agrícolas y clima en invernaderos”.

Otros investigadores como (Lluguay, 2016) desarrolló un modelo basado en las ecuaciones de Navier – Stokes para simular los perfiles de velocidad de un flujo incomprensible teniendo en cuenta el principio de conservación de masa y cantidad de movimiento. Estas ecuaciones fueron

resueltas en base a simulación numérica por método de volúmenes finitos y la discretización del dominio por mallado no estructurado por método tetraédrico. Además, analizó el flujo de fluidos en tres tramos de las tuberías tomados del banco de pruebas. Finalmente realizó una validación de resultados mediante el software ANSYS CFX.

Otro autor (Toapanta et al., 2018) investigó el comportamiento del flujo de agua a través de una contracción gradual para el cálculo de las pérdidas en los cambios de geometría debido al cambio transversal del área dando a notar la importancia del análisis del flujo a través de las tuberías, además determinó los perfiles de velocidad del flujo empleando cálculos del modelo K-épsilon. Así esta simulación proporciona valores de la velocidad y turbulencia cinética del fluido agua en varias secciones del sistema de tuberías.

A partir de lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento de un fluido de trabajo en 2D mediante la ayuda de un software de CFD para lograr simular el comportamiento, el cálculo de velocidad máxima, el perfil de velocidades, presiones a la entrada y salida de la tubería, como desarrollar un aporte de una metodología de análisis para fluidos en volúmenes finitos. En la actualidad, una alternativa muy práctica e importante es el análisis y estudio de fluidos a partir de simulaciones con el empleo de métodos numéricos computacionales.(Tacle-Humanante et al., 2019)

Materiales y métodos

La dinámica de fluidos computacional basa su método de solución en volúmenes finitos. Una importante propiedad es que los principios de conservación (masa, momento y energía), las mismas que son la base para la modelación de la mecánica del continuo, son respetadas por las ecuaciones discretas deducidas del método de volúmenes finitos.

Este trabajo se realiza con la ayuda de mecánica computacional de fluidos CFD, el sistema a ser analizado está formado por una tubería horizontal de diámetro 4 m y longitud 40 m, flujo laminar, en las que se conocen las condiciones de diseño.(Pérez Colas et al., 2020)

Condiciones Iniciales:

Se considera las siguientes condiciones, según se muestra en la tabla 1.(Cueva, 2021)

Tabla 1. Condiciones del problema

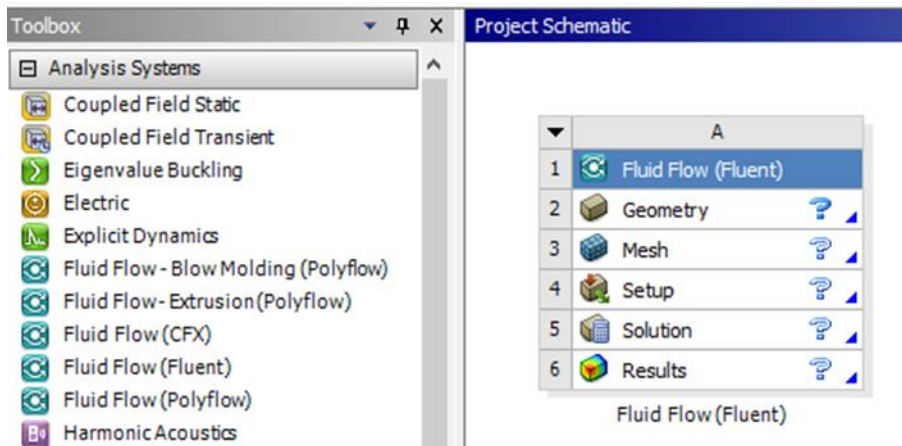
VARIABLES PARA ANALIZAR	
Fluido de trabajo	Agua Líquida
Flujo	Laminar
Diámetro tubería	4 m
Velocidad de entrada	0,0005 m/s

Procedimiento para uso y análisis en CFD:

Una vez determinadas las condiciones iniciales del problema a solucionar para un flujo en una tubería horizontal, mediante el análisis CFD, se debe seguir los siguientes pasos:

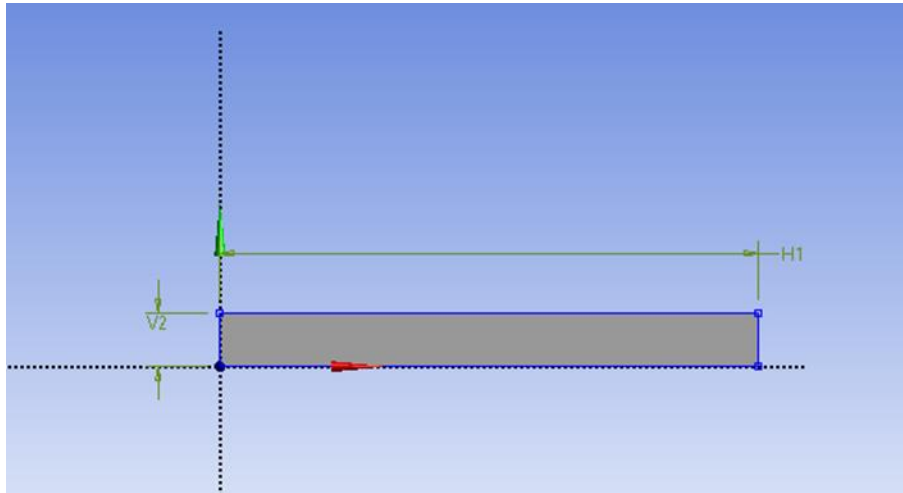
1. Abrir el programa Ansys Workbench
2. Seleccionar y abrir el módulo Fluid Flow (Fluent), como se muestra en la figura 1

Figura 1. Modulo Fluid Flow (Fluent) de CFD



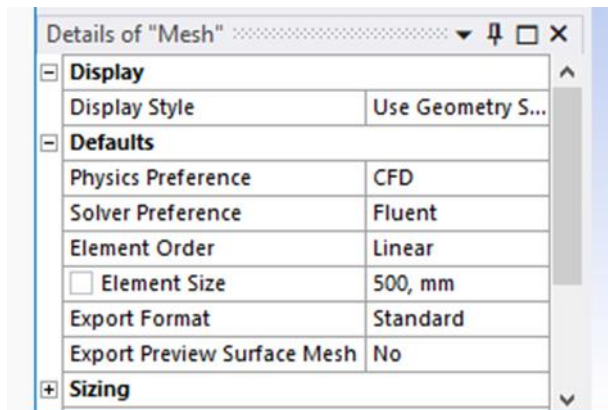
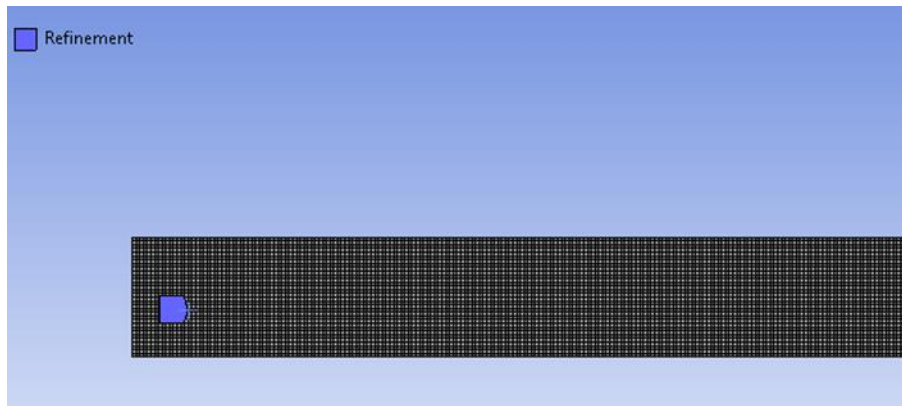
Luego dibujar la geometría en Designer Modeler, modelador propio del programa, (Tacle Humanante et al., 2019) se analiza una tubería horizontal que presenta las siguientes dimensiones: (4m de diámetro x 40 m de longitud), según se muestra en la figura 2

Figura 2. Modelado geométrico de la tubería



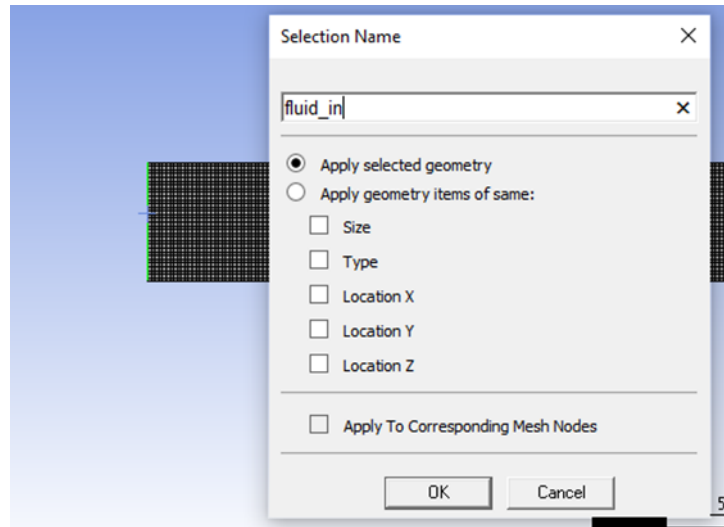
Como siguiente paso se configura y se genera la malla para un valor de convergencia de 500 mm, y un refinamiento de 3 mm. (ver figura 3.)

Figura 3. Mallado del volumen del fluido



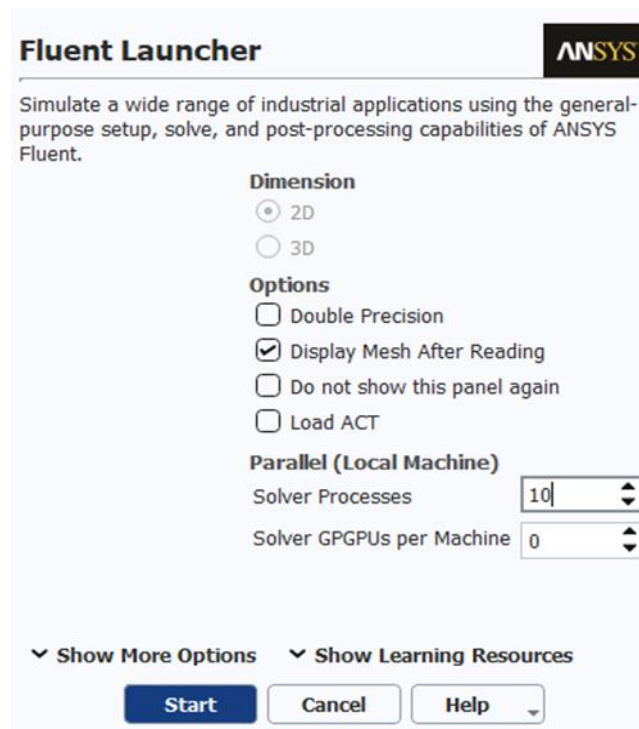
Se selecciona en la tubería horizontal las áreas de entrada, paredes y salida del flujo. (ver figura 4.).

Figura 4. Área de entrada del flujo



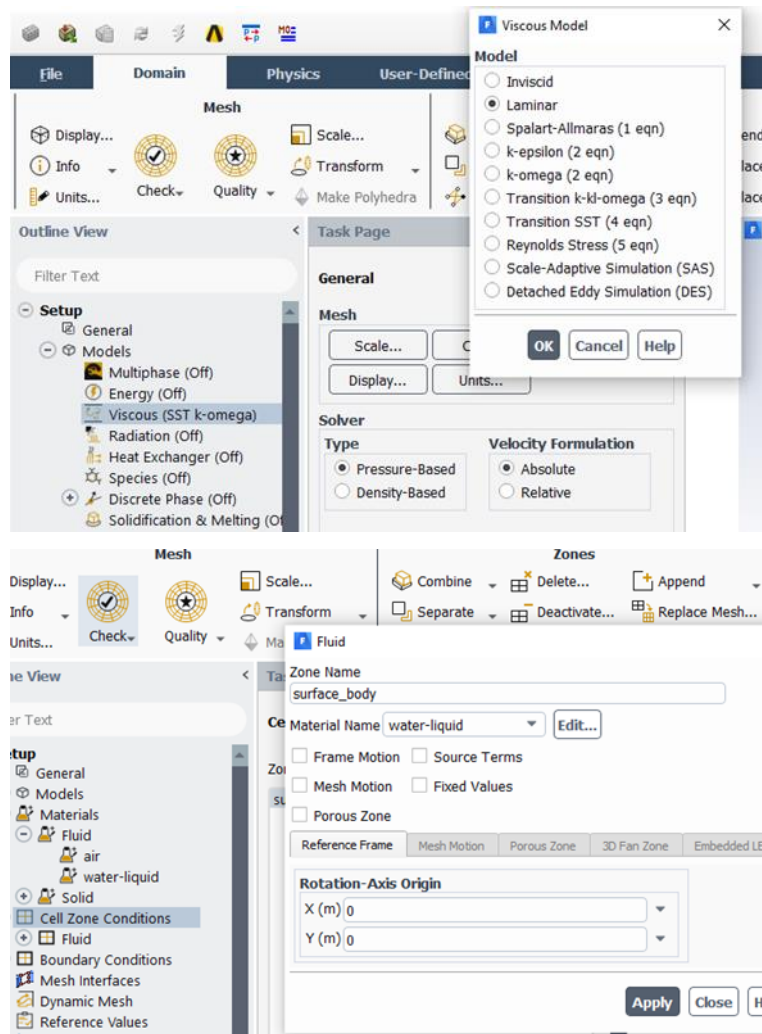
Ahora establecemos condiciones de entrada y parámetros mediante el solver de Ansys Fluent. (ver figura 5.)

Figura 5. Solver de ansys fluent



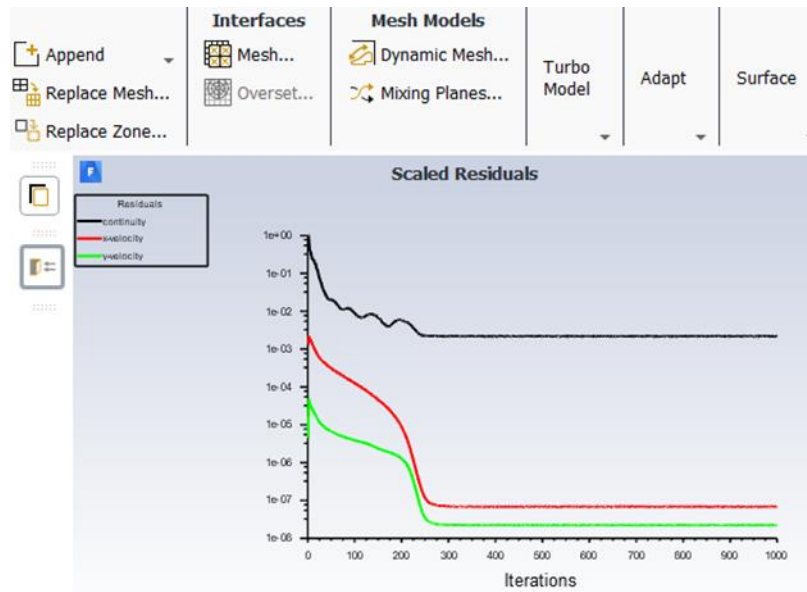
Se selecciona un modelo de análisis laminar y como fluido de trabajo agua líquida. (ver figura 6.)

Figura 6. Modelo de análisis



Luego se selecciona un numero de iteraciones para convergencia y se inicia el cálculo. (ver figura 7.)

Figura 7. Iteraciones para calcular

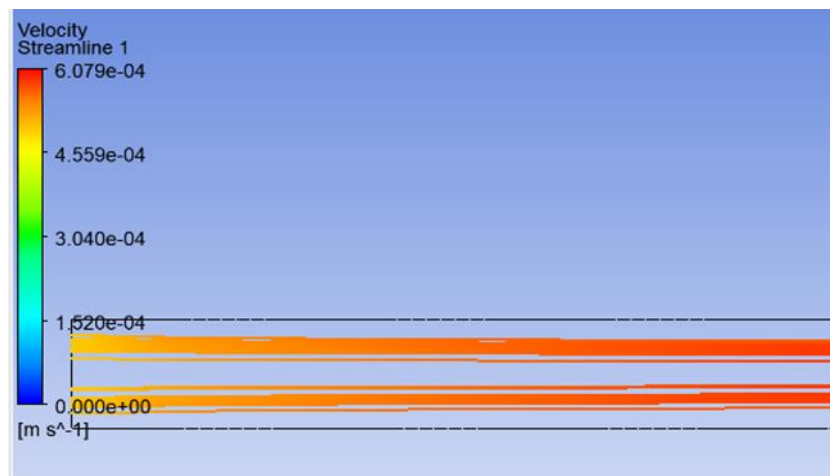


El proceso de análisis es similar a otros trabajos reportados en la literatura científica como (Toapanta et al., 2018) donde se analiza problemas de flujos incompresible con densidad constante e isoterma.

Resultados y discusión

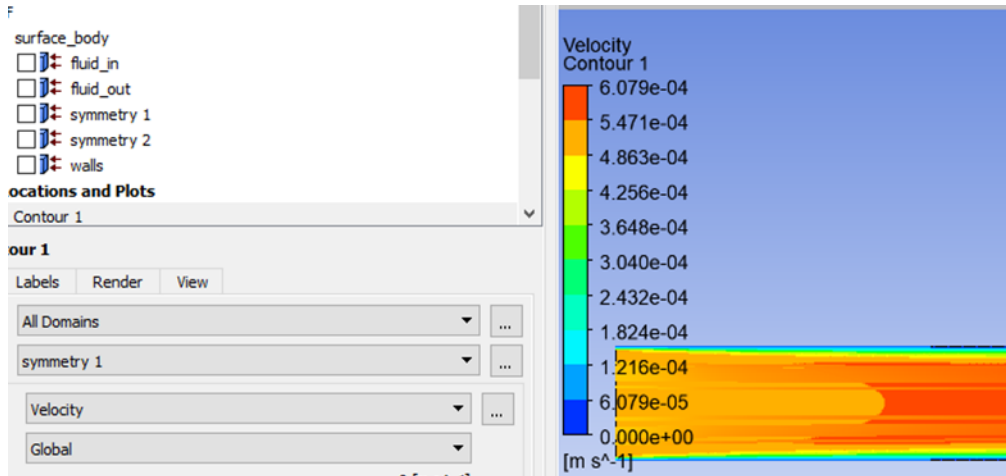
Se inicia la simulación de un fluido de trabajo (agua líquida) con el modelo laminar. La velocidad de entrada a la tubería es de 5×10^{-4} m/s. En la siguiente figura 8 se puede observar la velocidad máxima del fluido que tiene un valor de $6,079 \times 10^{-4}$ m/s.

Figura 8. Velocidad máxima del flujo



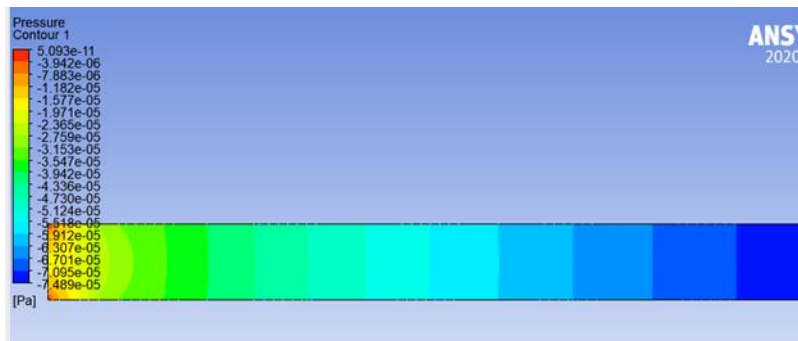
Mediante este análisis CFD para fluidos en la figura 9 se observa el perfil de velocidades en forma de parábola donde el comportamiento de la velocidad del fluido es máximo en la línea media del eje hacia el centro, se determinó que la velocidad aumenta de 1,2% mas que la velocidad inicial, debido a que se debe vencer la presión para que exista movimiento. En los contornos de la tubería se observa velocidades del flujo bajos debido al rozamiento.

Figura 9. Perfil de Velocidades



Luego analizamos la presión en el fluido real, es ligeramente mayor entre la entrada y salida de esta, con un valor de $5,09 \times 10^{-11}$ Pa, debido a que se debe vencer las fuerzas de resistencia para generar movimiento, por lo que en la realidad la presión no es constante. (ver figura 10.).

Figura 10. Cambios de presiones en el flujo



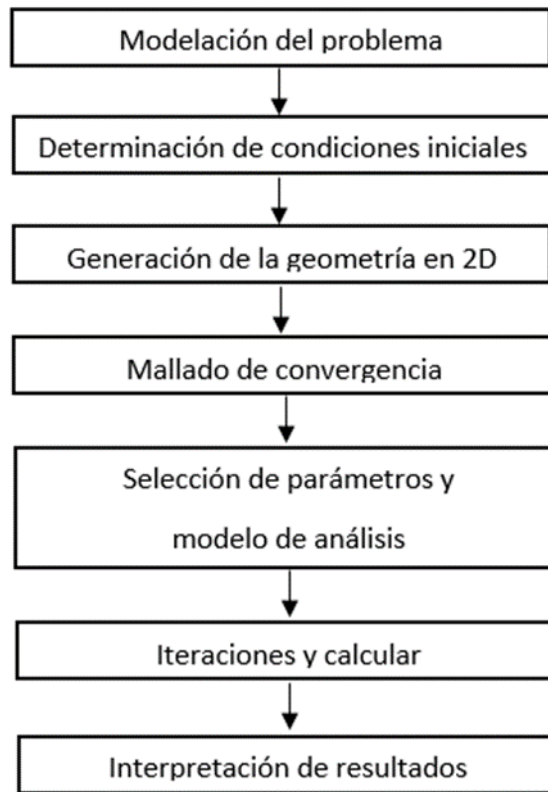
El análisis de este trabajo como los resultados son similares a los presentados por (Toapanta et al., 2018) donde se recalca que en un flujo laminar la velocidad máxima ocurre en el centro del perfil

de velocidades y la presión varía ligeramente para generar movimiento venciendo las fuerzas de resistencia.

Metodología para análisis de un flujo en 2D

A partir de los procedimientos anteriores, se desarrolla la siguiente metodología para análisis de un fluido. (ver figura 11).

Figura 11. Metodología para análisis de fluidos



Conclusiones

En función del objetivo de este trabajo de investigación se plantea las siguientes conclusiones:

- Se ejecuto la simulación numérica para el análisis de flujo en 2D en una tubería, con 4 m de diámetro, modelado geométricamente con Designer Modeler. La modelación se ejecuto para un fluido con velocidad de entrada de 5×10^{-4} m/s.
- La velocidad máxima se da en el centro de la tubería con un valor para el caso de estudio de $6,079 \times 10^{-4}$ m/s.
- La presión en el flujo laminar real varía ligeramente y su valor es $5,09 \times 10^{-11}$ Pa, debido a que se necesita generar movimiento.

- En cuanto al perfil de velocidades del flujo laminar se determino que la velocidad aumenta en un 1,2% mas que la velocidad inicial.
- Se desarrollo un procedimiento y metodología para analizar fluidos en 2D, mediante CFD, como herramienta académica y de investigación.

Referencias

1. Cruz Gavilan, Y., Valdés Hernández, P. A., Laffita Leyva, A., Gómez Águila, M. V., Chuairey, C. M., Cruz Gavilan, Y., Valdés Hernández, P. A., Laffita Leyva, A., Gómez Águila, M. V., & Chuairey, C. M. (2020). Dinámica de Fluido Computacional: Revisión y análisis de las aplicaciones en la ingeniería. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542020000400009&lng=es&nrm=iso&tlng=en
2. Cueva, I. (2021). Simulación de flujo en una tubería en ANSYS Fluent. https://www.youtube.com/watch?v=IzhGf-Y_bz8
3. Lluquay, K. (2016). Desarrollar un modelo CFD para el análisis del comportamiento del fluido en tuberías del banco de pérdidas de turbomaquinaria hidráulica y laboratorio. 98.
4. Ordoñez, M., Aquino, M., Pozo, E., & Orozco, L. (2018). Modelización CFD para determinar el comportamiento del fluido en tuberías de PVC. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.434-446>
5. Pérez Colas, M., Nápoles García, M. F., & de la Cruz Aragoneses, M. de L. (2020). ESTUDIO DEL EFECTO DEL CALENTAMIENTO Y EL ENFRIAMIENTO DE LA BOTELLA DURANTE LA PASTEURIZACIÓN DE LA CERVEZA. *Centro azúcar*, 47, 32-41.
6. Scientific. (2016). Dinámica de Fluidos Computacional o CFD: Entienda que es. ESSS. <https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>
7. Tacle Humanante, P. M., Moya Rodríguez, J. L., & Marty Delgado, J. R. (2019). MODIFICACIONES DE LA MATRIZ DE CONTRADICCIONES PARA EL DISEÑO DE ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DIENTES RECTOS DE MATERIAL PLÁSTICO. *Centro azúcar*, 46, 86-96.

8. Tacle-Humanante, P. M., Moya-Rodríguez, J. L., & Marty-Delgado, J. R. (2019). El índice de Robustez como parámetro para evaluar el comportamiento de las transmisiones por engranajes cilíndricos de dientes rectos. *Ingeniería Mecánica*, 22, 57-66.
9. Toapanta, L. F., Peñafiel, G. A. B., Vivas, L. E. C., & Sarzosa, W. Q. (2018). Análisis numérico de los perfiles de velocidad de un flujo de agua a través de una tubería con reducción gradual.

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)