



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2221>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Design of a methodology for flow analysis of a pipe for irrigation

Projeto de metodologia para análise de fluxo de tubulação condutora para irrigação

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

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

Correspondencia: ptacle@epoch.edu.ec

***Recibido:** 31 de agosto de 2021 ***Aceptado:** 30 de septiembre de 2021 *** Publicado:** 12 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

El objetivo de este trabajo de investigación es comprender el comportamiento del flujo del agua a través de una tubería de transporte para riego de doble entrada, analizando la velocidad, presión y temperatura. 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 de fluidos proporciona los fundamentos de la hidráulica de tuberías e hidráulica de canales. Se ha realizado un estudio del flujo a través de la tubería de 12 m para transporte de riego para calcular velocidades, presiones y temperaturas. Se emplearon cálculos mediante el uso del modelo K-épsilon del software. Esta simulación proporciona los valores de presión, velocidad máxima, presiones y temperaturas en la unión de los dos flujos de transporte dentro de la tubería. La velocidad de salida calculada es de 1,67 m/s, en tanto que la velocidad máxima se da en la convergencia de flujos y tiene un valor de 2,46 m/s, estos cálculos permite generar una metodología general para el análisis de flujos en tres dimensiones como herramienta para la academia e investigación.

Palabras claves: fluidos; ANSYS fluent; presión; velocidad; flujo.

Abstract

The objective of this research work is to understand the behavior of the water flow through a transport pipe for double entry irrigation, analyzing the speed, pressure and temperature. 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 fluid mechanics provides the fundamentals of pipeline hydraulics and channel hydraulics. A study of the flow through the 12 m pipe for irrigation transport has been carried out to calculate speeds, pressures and temperatures. Calculations were used using the software's K-epsilon model. This simulation provides the values of pressure, maximum velocity, pressures and temperatures at the junction of the two transport flows within the pipeline. The calculated outlet velocity is 1.67 m/s, while the maximum velocity occurs in the convergence of flows and has a value of 2.46 m/s; these calculations allow generating a general methodology for the analysis of flows in three dimensions as a tool for academia and research.

Keywords: fluids; ANSYS fluid; Pressure; speed; flow.

Resumo

O objetivo deste trabalho de pesquisa é compreender o comportamento do escoamento da água através de um duto de transporte para irrigação de dupla entrada, analisando a velocidade, pressão e temperatura. 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 dos fluidos fornece os fundamentos da hidráulica de dutos e hidráulica de canal. Foi realizado um estudo da vazão da tubulação de 12 m para transporte de irrigação para cálculo de velocidades, pressões e temperaturas. Os cálculos foram usados usando o modelo K-epsilon do software. Esta simulação fornece os valores de pressão, velocidade máxima, pressões e temperaturas na junção dos dois fluxos de transporte dentro da tubulação. A velocidade de saída calculada é de 1,67 m / s, enquanto a velocidade máxima ocorre na convergência dos fluxos e tem um valor de 2,46 m / s, esses cálculos permitem gerar uma metodologia geral para a análise de fluxos em três dimensões como ferramenta para academia e pesquisa.

Palavras-chave: fluidos; ANSYS fluent; Pressão; Rapidez; fluxo.

Introducción

El análisis de fluidos computacional es de suma importancia en la actualidad nos permite obtener y estimar diferentes variables como velocidades, temperaturas, presiones, en diferentes componentes, esto nos permite validar procesos e investigaciones, acortando el tiempo y ahorrando diversos recursos computacionales, físicos, económicos y otros.

Es así, que desde tiempos antiguos el ser humano ha usado la ingeniería para llevar agua a lugares donde iba a ser usada, por ese motivo se vio en la necesidad de construir sistemas de riego para cultivar plantas que eran primordiales para su subsistencia. Es así que su economía estaba basada primordialmente en la agricultura por lo que aprender las técnicas de distribución del agua en regiones donde la lluvia no regaba correctamente los cultivos era de vital importancia. (Ferreira, R., Sellés Van, G., & Sellés, I. 2019 citado en Rodríguez Ureña, 2020)

Un sistema de riego es de fundamental trascendencia en la agricultura puesto que mediante diferentes mecanismos se logra desviar o captar agua de un cuerpo acuífero con el propósito de aumentar el flujo de agua disponible para los cultivos agrícolas e incluso para intensificar el rendimiento de estos,

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

lo cual es fundamental para mantener una producción agrícola en épocas donde lluvias son inferiores a niveles normales o incluso en épocas de sequía.

“La demanda hídrica para la agricultura, se refiere a la suma del volumen de agua requerido para riego por cada uno de los cultivos en una unidad de área durante todo su período de crecimiento. La demanda de agua para riego para un cultivo en particular es estimada a partir de la demanda de agua para cultivos de referencia, restada de la precipitación efectiva. En el año 2010 la demanda de agua para riego en el Ecuador fue de 13.045 hm³, y para el año 2025 esta demanda se estima en 16.796 hm³, es decir la demanda aumenta un 22.4% en 15 años”. (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2019)

La simulación de dinámica de fluidos computacional (Computational Fluid Dynamics - CFD) es un instrumento que ayuda a analizar el tipo de comportamiento que puede tener un fluido en diferentes entornos en los que se mueven. Este software usa diferentes modelos para analizar diferentes perfiles como presión, velocidad, temperatura, viscosidad de los fluidos en estudios teniendo presente los distintos modelos que tienden a ajustarse a un fluido determinado. En el campo de la investigación y desarrollo I&D este tipo de simulaciones ayudan a crear procesos dinámicos sin la necesidad de entrar a un laboratorio para realizar experimentaciones. (Galvis, 2018)

(Toapanta Ramos et al., 2018) da a comprender la conducta que presenta el flujo del agua a través de la contracción gradual de una tubería. Además, menciona que mediante CFD se logra un enfoque útil para solucionar las ecuaciones que representan a la dinámica de los fluidos. Pudo calcular las pérdidas debido al cambio transversal del área en una tubería mediante el estudio del flujo del fluido, es así como mediante esta simulación determinó valores de velocidad, presión y turbulencia cinética en diferentes secciones de la tubería donde el agua era el fluido.

Las líneas de energía de un fluido de agua deben ser definidas en un sistema de riego para evitar variantes de presión y velocidad que afectan en rendimiento del sistema. (Iñiguez-Covarrubias et al., 2015) ha estudiado diferentes aforadores Venturi con CFD para validar con observaciones de laboratorio. “La comparación de los resultados experimentales y mediante CFD fueron altamente satisfactorios para los valores de velocidad media (1.53 m s⁻¹), gasto (0.027 m³ s⁻¹) y presión en el manómetro diferencial (15 cm de Hg). Una vez validado el modelo, se simularon ocho escenarios de operación, con variación de gasto desde 0.005 m³ s⁻¹ hasta 0.040 m³ s⁻¹, lo cual simplificó el modelo de la relación gasto-pérdida de carga del Venturi”.

Las simulaciones numéricas en CFD mediante diferentes modelos y ecuaciones permiten predecir el flujo de un fluido. Es así que (Camargo et al., 2021) analizó los principales métodos en base a la

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

simulación numérica y ecuaciones básicas para predecir flujos, cálculo de malla y criterios de correlación de resultados. Además, menciona que estas aplicaciones que son descritas brevemente expresan que mediante CFD una modelación puede ser rápida, viable y precisa para el análisis de caudal, tuberías, conexiones y accesorios en el proceso de riego.

(Zanca et al., 2019) menciona que la CFD y sus herramientas gana notabilidad, admitiendo la predicción del comportamiento hidráulico de un fluido en diferentes situaciones. Además, mediante las herramientas CFD evaluó un sistema completo compuesto por tuberías y goteo el cual comparó con los resultados de los catálogos del fabricante demostrando que el modelado en CFD fue exitoso. De esta manera, el presente trabajo tiene como finalidad de analizar un fluido con dos entradas a diferentes temperaturas y su simulación CFD para evaluar las velocidades de entrada y salida, presiones y temperatura del fluido a lo largo de la tubería de transporte destinada para el proceso de riego, como generar un aporte de una metodología en tres dimensiones de análisis para fluidos en volúmenes finitos. (Tacle-Humanante et al., 2019).

Materiales y métodos

En La dinámica de fluidos computacional o CFD, es el área de conocimiento que trata sobre la simulación numérica de fluidos, transferencia de calor, reacciones químicas, combustión, Aero acústica. Las ecuaciones resueltas poseen cuatro términos el término de tiempo, el término advectivo, el término difusivo y el término fuente. Para representar diferentes ecuaciones de conservación se alteran sólo tres componentes de la ecuación: la variable Φ , el coeficiente de difusión Γ , y la fuente S (Equipe, 2016). El método de volúmenes finitos es el más utilizado en dinámica de fluidos el cual intercambia el dominio continuo por uno discreto, donde un conjunto de volúmenes de control es utilizado para representar el dominio original, según se muestra en la figura 1.

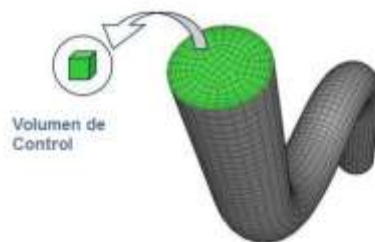
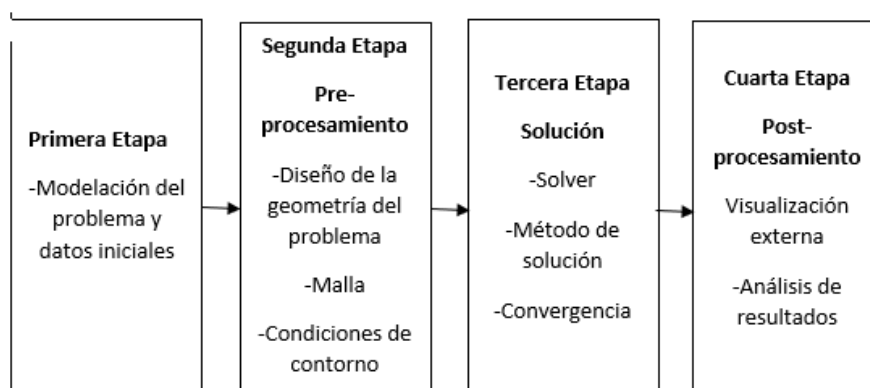


Figura 1. Dominio discretizado en pequeños volúmenes

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

El método consiste en discretizar una región dividiéndola en pequeños volúmenes de control. Se resuelve en cada uno de ellos las ecuaciones de conservación discretizadas, es decir se resuelve una matriz algebraica en cada celda de forma iterativa., resolviéndose simultáneamente las ecuaciones de cantidad de movimiento y energía. Dividiendo el proceso en etapas tenemos las siguientes: Condiciones Iniciales y modelamiento del problema, pre-procesamiento, solución y post-procesamiento. (Ver figura 2.)

Figura 2. Modulo Fluid Flow (Fluent) de CFD



La presente investigación se realiza con la ayuda de mecánica computacional de fluidos CFD. El sistema (Pérez Colas et al., 2020) evaluado en tres dimensiones está constituido por una tubería de dos entradas, diámetro 152 mm y longitud 12 m, para agua a 20 °C en las que se conocen las condiciones de diseño; la otra entrada tubería de 152 mm de diámetro y 3 m de longitud.

Primera Etapa Condiciones Iniciales:

Se analiza para las siguientes condiciones, según se muestra en la tabla1.(Cueva, 2021)

Tabla 1. Condiciones del problema

Variables para analizar	
Fluido de trabajo	Agua Líquida
Flujo	Laminar
Diámetro tubería 1	152 mm
Longitud tubería 1	12 m

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Velocidad de entrada 1	0,5 m/s
Diámetro tubería 2	152 mm
Longitud tubería 2	3 m
Velocidad de entrada 2	1 m/s

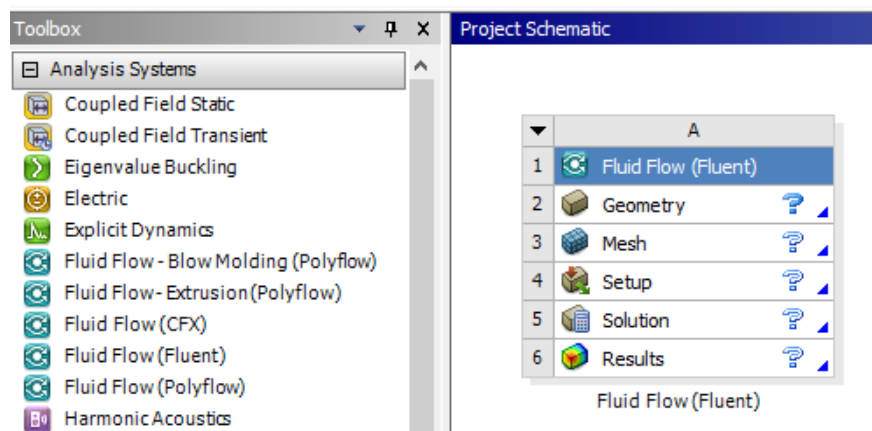
Segunda Etapa Pre-procesamiento:

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

Abrir el programa Ansys Workbench

Seleccionar y abrir el módulo Fluid Flow (Fluent), como se muestra en la figura 3

Figura 3. Modulo Fluid Flow (Fluent) de CFD



Luego dibujar la geometría de acuerdo a las especificaciones en un software Cad SolidWorks, (Tacle Humanante et al., 2019) se analiza una tubería con dos entradas, según muestra la figura 4.

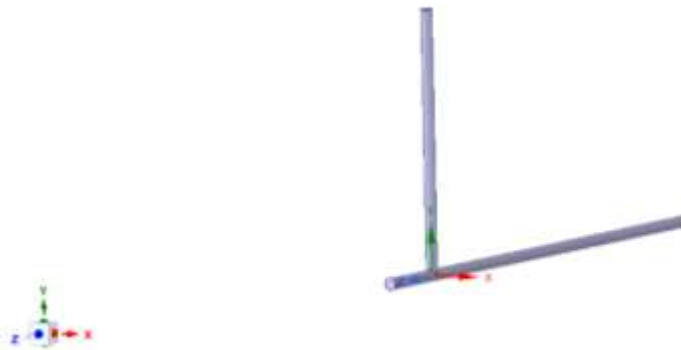
Figura 4. Modelado geométrico de la tubería en SolidWorks



Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

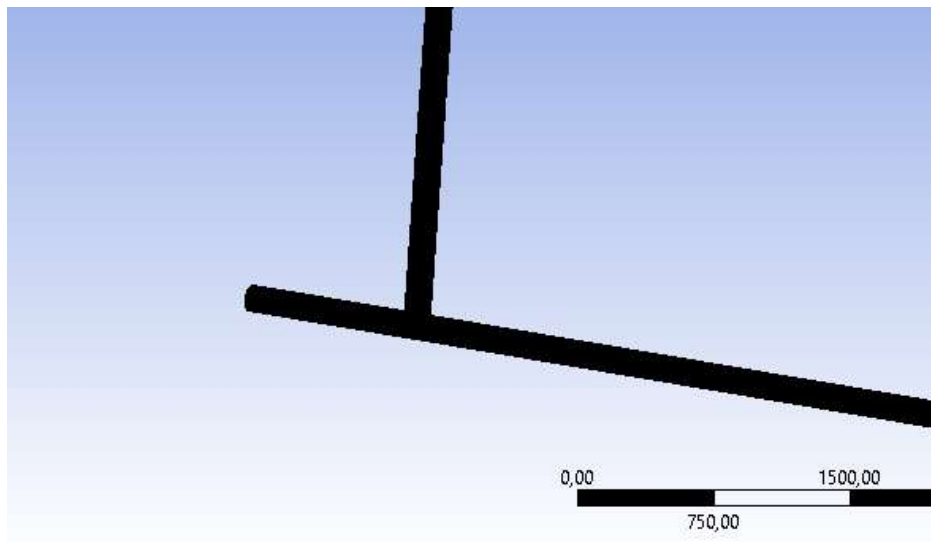
Ahora importamos la geometría generada de la tubería a ansys fluent. (Ver figura 5)

Figura 5. Modelado geométrico de la tubería en SolidWorks importado a ansys.

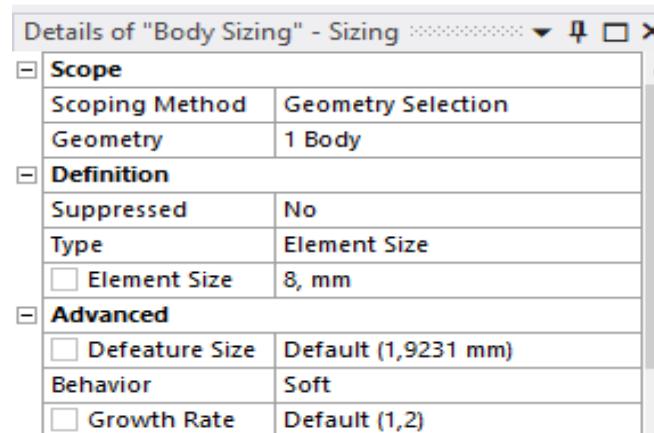


El siguiente paso, se configura y se genera la malla para un valor de convergencia de 8 mm, y un refinamiento de 0.05 mm. (Ver figura 6.)

Figura 6. Mallado del volumen del fluido

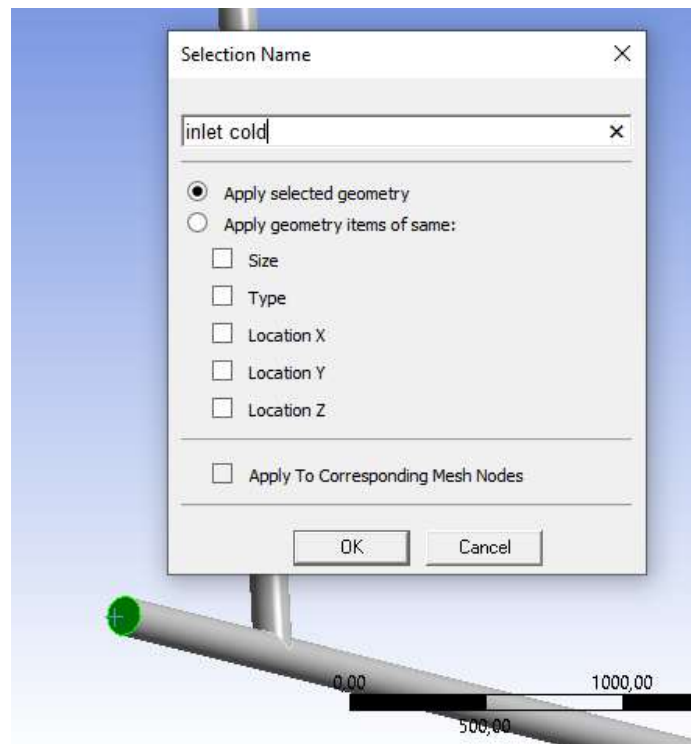


Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego



Se selecciona en la tubería las áreas de entrada, paredes y salida del flujo. (Ver figura 7.)

Figura 7. Área de entrada del flujo



Tercera Etapa Solución:

Ahora establecemos condiciones de entrada y parámetros mediante el solver de Ansys Fluent. (Ver figura 8.)

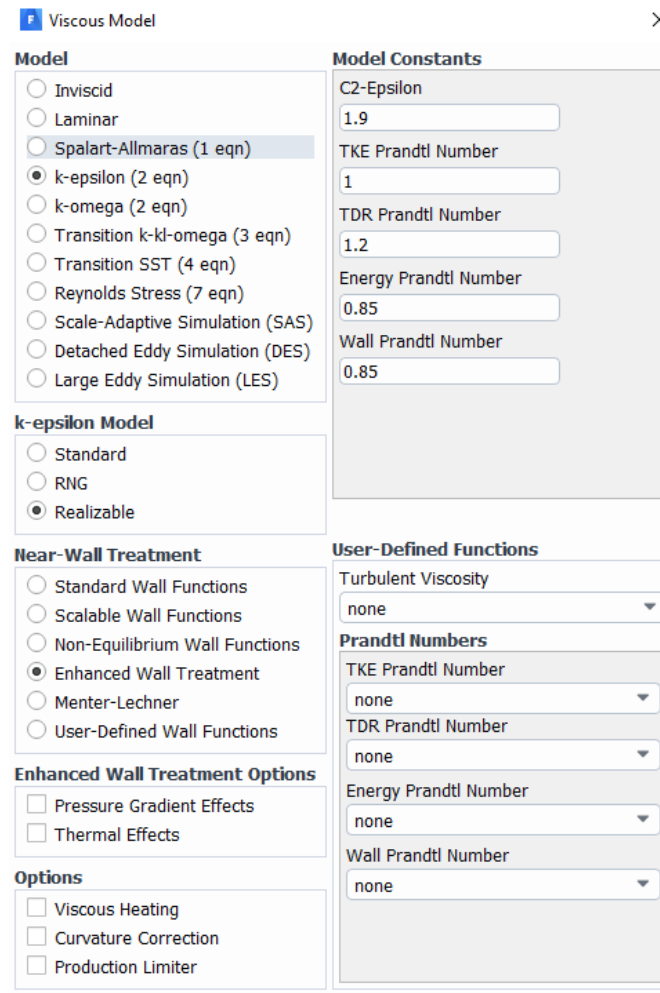
Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Figura 8. Solver de ansys fluent



Se selecciona un modelo de k-epsilon y como fluido de trabajo agua líquida. (Ver figura 9.)

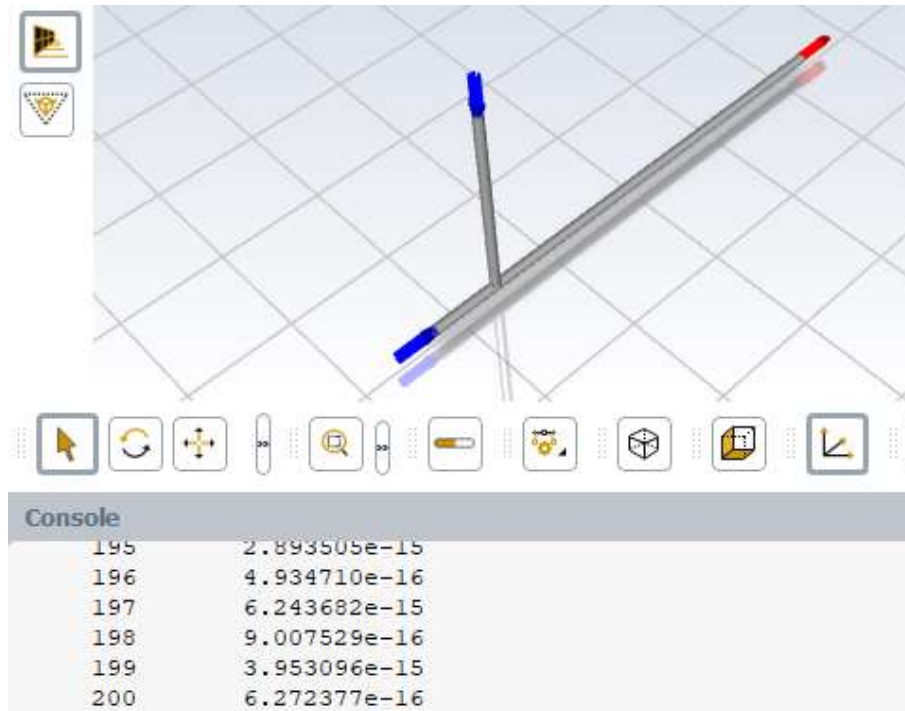
Figura 9. Modelo de análisis



Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Luego se selecciona un número de iteraciones para convergencia y se inicia el cálculo. (Ver figura 10.)

Figura 10. Iteraciones para calcular



El análisis de este trabajo 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.

Resultados y discusión

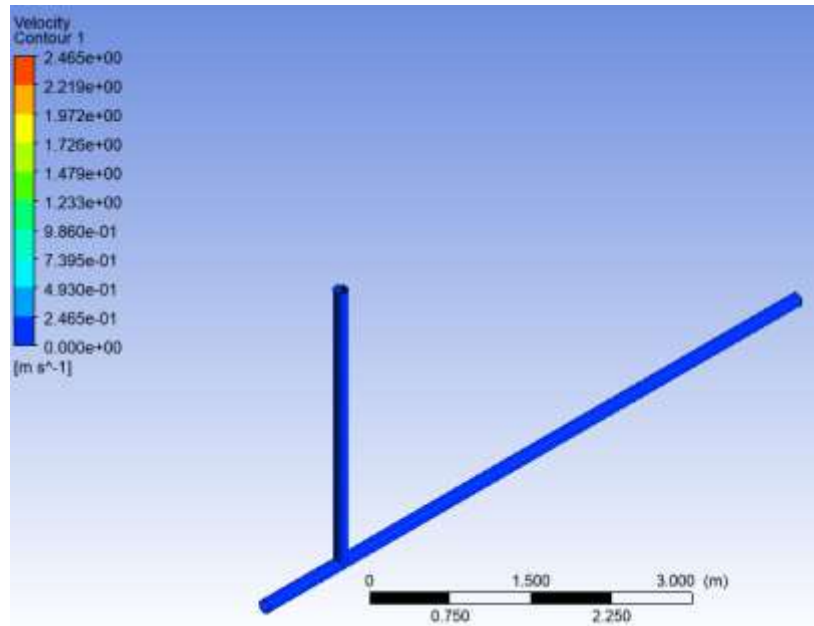
Cuarta Etapa Post-procesamiento:

Se inicia la simulación de un fluido de trabajo (agua líquida) para dos entradas. La velocidad de entrada a la tubería 1 es de 0,5 m/s a 20°C y de 1 m/s. a 30 °C para la segunda tubería.

En la siguiente figura 11 se puede observar las velocidades del fluido en las paredes que tiene un valor de 0 m/s, debido al rozamiento.

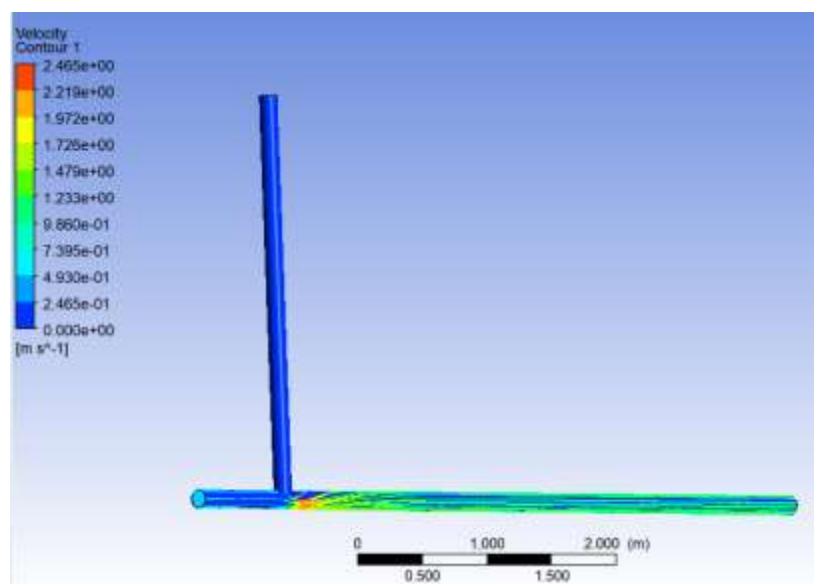
Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Figura 11. Velocidades en las paredes de la tubería



Mediante este análisis CFD para fluidos en la figura 12 se observa líneas de velocidades donde el comportamiento de la velocidad del fluido es máximo en la línea media del eje hacia el centro, la velocidad máxima que se obtiene es de 2,46 m/s, debido a que se debe vencer la presión para que exista movimiento.

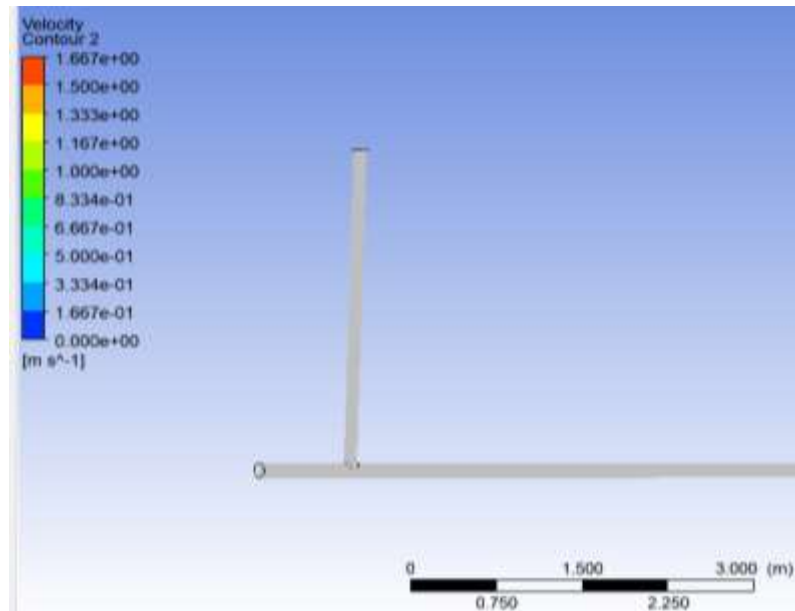
Figura 12. Líneas de Velocidades



Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

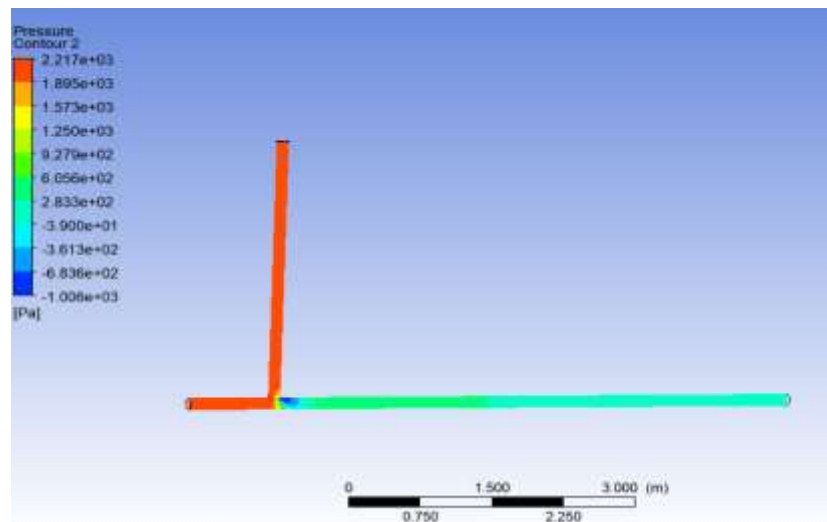
La velocidad a la salida de la tubería es de 1,67 m/s, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Velocidad a la salida



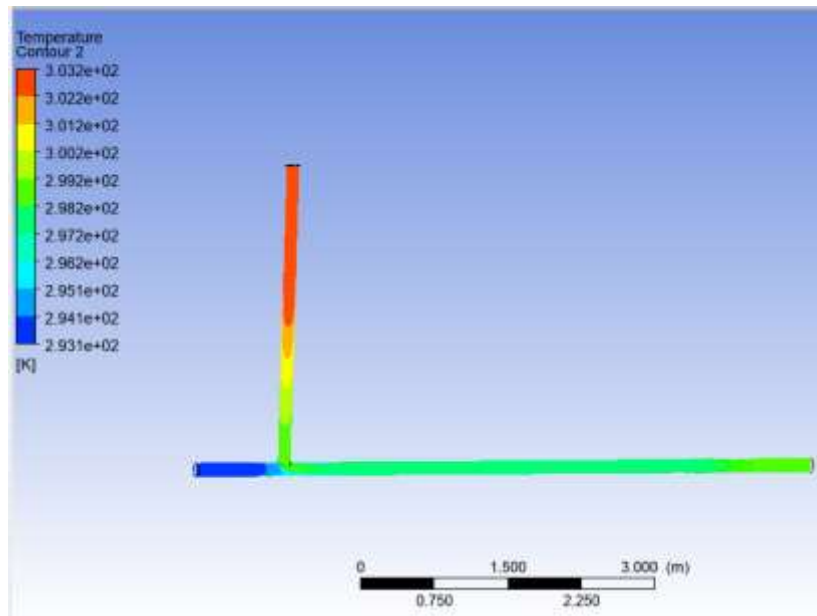
Luego analizamos la presión de salida en el fluido real, es mayor entre la entrada y salida de esta, con un valor de $2,217 \times 10^{+03}$ Pa, debido a que se debe vencer las fuerzas de resistencia para generar movimiento. (Ver figura 14.)

Figura 14. Cambios de presiones en el flujo



Luego analizamos la temperatura a la salida, y se puede observar que disminuye con un valor de $2,98 \times 10+02$ K, debido a la mezcla de los dos fluidos de transporte. (Ver figura 15.)

Figura 15. Cambios de temperatura



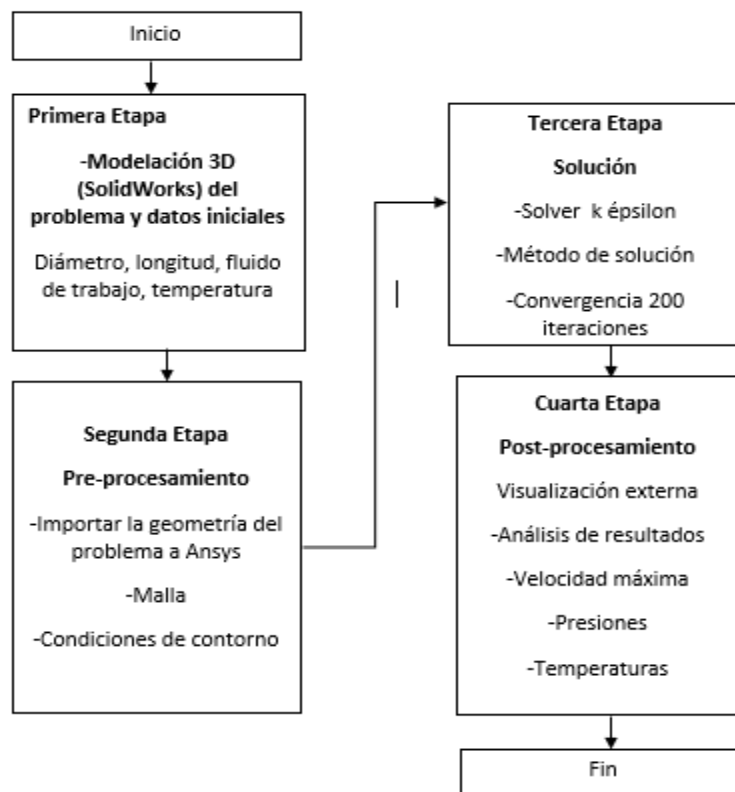
El análisis de esta investigación como los resultados son similares a los presentados por (Toapanta et al., 2018) donde se recalca que en un flujo la velocidad máxima ocurre en el centro del perfil de velocidades y la presión varía para generar movimiento venciendo las fuerzas de resistencia, donde más presión y velocidades se producen es en la unión de los flujos.

Metodología para análisis de un flujo en 3D para tubería de dos entradas.

A partir de los procedimientos anteriores, se desarrolla la siguiente metodología para análisis de una tubería de transporte para riego de dos entradas en tres dimensiones (ver figura 16).

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

Figura 16. Metodología para análisis de fluidos en tres dimensiones



Conclusiones

La Se plantean las siguientes conclusiones:

- Se ejecutó la simulación numérica para el análisis de flujo en 3D en una tubería para transporte de agua para riego con dos entradas, con 152 mm de diámetro. La modelación se ejecutó para un fluido con velocidad de entrada de 0,5 m/s.
- La velocidad máxima se da en el centro de la tubería y en la unión de los flujos con un valor de 2,46 m/s. La velocidad a la salida luego de recorrer 11 m, es de 1,67 m/s.
- La presión en el flujo varía en la unión y su valor es $6,84 \times 10+02$ P.a., debido a que se necesita generar movimiento.
- La temperatura disminuye con un valor de $2,98 \times 10+02$ K, debido a la mezcla de los dos fluidos de transporte.
- Se desarrolló un procedimiento y metodología para analizar fluidos en 3D, mediante CFD, como herramienta académica y de investigación.

Referencias

1. Camargo, A. P. de, Muniz, G. L., Cano, N. D., Ait-Mouheb, N., Tomas, S., Pereira, D. J. de S., Lavanholi, R., Frizzone, J. A., & Molle, B. (2021). Applications of computational fluid dynamics in irrigation engineering. *Revista Ciência Agronômica*, 51. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200097>
2. Cueva, I. (2021). Simulación de flujo en una tubería en ANSYS Fluent. https://www.youtube.com/watch?v=IzhGf-Y_bz8
3. Equipe, E. (2016). Dinámica de Fluidos Computacional: ¿que es? <https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>
4. Galvis, A. (2018). Modelamiento y simulación de la formación de hielo en tuberías usando CFD. 28.
5. Iñiguez-Covarrubias, M., Flores-Velazquez, J., Ojeda-Bustamante, W., Díaz-Delgado, C., & Mercado-Escalante, R. (2015). Comparación de resultados experimentales de un Venturi con simulación de dinámica de fluidos computacional. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(4), 141-152.
6. Perez 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 Azucar*, 47, 32-41.
7. Rodríguez Ureña, B. (2020). Sistema de riego y captación de agua para la producción agrícola. <http://www.agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/470-sistema-de-riego-y-captacion-de-agua-para-la-produccion-agricola>
8. Subsecretaría de Riego y Drenaje. (2019). PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE 2019—2027. 160.
9. 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 Azucar*, 46, 86-96.
10. 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.

Diseño de una metodología para análisis de flujo de una tubería de conducción para riego

11. Toapanta Ramos, L. F., Bohórquez Peñafiel, G. A., Caiza Vivas, L. E., Sarzosa, W. Q., Toapanta Ramos, L. F., Bohórquez Peñafiel, G. A., Caiza Vivas, L. E., & Sarzosa, W. Q. (2018). Análisis numérico de los perfiles de velocidad de un flujo de agua a través de una tubería con reducción gradual. *Enfoque UTE*, 9(3), 80-92. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n3.290>
12. Zanca, R. B., Silva, F. das G. B. da, Sant 'Anna, D. O., Silva, A. T. Y. L., Nova, H. F. V., Santos, I. F. dos, & Reis, J. A. T. dos. (2019). Modeling and hydraulic performance evaluation of a dripper device coupled to a branched water distribution network. *Revista Ambiente & Água*, 14. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2340>

©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/>).