



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Informe Final de Residencia Profesional

NOMBRE DEL PROYECTO:

Simulación de procesos en ingeniería química aplicada a flujo de fluidos.

NOMBRE DEL RESIDENTE:

Angel David Jiménez López

NO. CONTROL:

18270362

CARRERA:

INGENIERIA QUIMICA

NOMBRE DEL ASESOR:

Dr. Jorge Ciro Jiménez Ocaña



Tuxtla Gutiérrez,
Chiapas
Junio de 2023





AGRADECIMIENTOS

Dedico especialmente este trabajo a mi gran amigo (Jesús David Alba Arroyo), que fue quien siempre me animo en los peores momentos para seguir adelante con esta carrera

Al concluir esta etapa de mi vida y estar por finalizar la carrera agradecer a quien me acompañaron y me ayudaron en la carrera para seguir avanzando

Agradecer a mis amigos que conocí fuera de la universidad a lo largo de mi vida como universitario quien me dieron apoyo tanto moral y animándome en aquellos momentos donde quería dejar todo.

A mi hermano por el apoyo y mis padres que fueron quienes me apoyaron en cualquier cosa que necesitaba y siempre estar ahí.

Y un especial agradecimiento a mi asesor el Dr. Jorge Ciro Jiménez Ocaña por su apoyo, paciencia y por sus valiosas enseñanzas. Así como también a los ingenieros que me brindaron su conocimiento, consejo y apoyo a lo largo de esta carrera ya que forma parte de la base de mi vida profesional.

Agradezco a mis mascotas que a pesar de no entender lo que pasa siempre estuvieron

Muchas gracias a todos.



Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050,
Apartado Postal 599, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Tel. (961) 615 0461, 615 0138, 615 4808, ext. 303
correo: dep_tgutierrez@tecnm.mx
tuxtla.tecnm.mx



INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO.....	7
LOCALIZACIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
FUNDAMENTO TEÓRICO	11
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y APLICADAS	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	28





INTRODUCCIÓN

Este trabajo de residencia ayuda a la creación y desarrollo de un proyecto de “Construcción de simuladores orientados a ingeniería química”. El propósito de este proyecto es brindar una introducción a la comprensión, modelado y análisis de los procesos químicos, y sirve para ayudar a los estudiantes, que cursan materias claves del perfil de ingeniería química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Con ayuda de este proyecto desarrollado en EXCEL, que generalmente se maneja como simple hoja de cálculo, es una gran herramienta de programación orientada a la simulación. En este trabajo se desarrollaron simuladores aplicables al flujo de fluidos.

En primera instancia se presenta la justificación del proyecto. En seguida, se describen los objetivos a lograr con el desarrollo del proyecto; se hace la caracterización del área donde se desarrolló el proyecto; se presenta el planteamiento del problema, con los alcances y limitaciones del trabajo; como resultado de la investigación documental se construyó el marco teórico que fundamenta la importancia de la simulación para la profesión actualizada de la ingeniería química; se reportan los procedimientos y las actividades realizadas en este trabajo; se evalúan los simuladores desarrollados, para llegar a las conclusiones y recomendaciones pertinentes. Se concluye con bibliografías





JUSTIFICACIÓN

En varias escuelas de ingeniería química se tiene la idea preconcebida de que los alumnos deben aprender a simular los procesos de ingeniería química usando paquetes desarrollados por firmas reconocidas mundialmente, como ASPEN, CHEMCAD, entre otras, convirtiendo al alumno en capturador de condiciones de operación y observador de diferentes resultados para ellas.

Sin embargo, los resultados observados por nuestro asesor que trabaja en proyectos de simulación e imparte cursos de simulación de procesos ingenieriles y administrativos, es que la comprensión real y práctica se logra construyendo los programas de simulación con lenguajes complejos como FORTRAN y JAVA, o con aplicaciones tan amigables como EXCEL que tiene una lógica sencilla y una accesibilidad económica de bajo costo.

Resultando simuladores con la mayor elegancia y versatilidad que le pueden imprimir nuestras mentes juveniles; pero, lo más importante es que permite entender cómo se analiza un proceso, cómo se llega a su modelo matemático correspondiente y cómo se obtienen múltiples soluciones a través de procedimientos digitales. Esto justifica nuestro proyecto, aunado a la intención de apoyar a las materias de nuestra carrera para que resuelvan problemas con mayor fluidez y capacidad de análisis.





OBJETIVO GENERAL

Construir un simulador en EXCEL para desarrollar análisis de sensibilidad y verificar su validez en DWSIM

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Planteamiento del proceso de flujo de fluidos a simular: Del marco teórico desarrollado se selecciona un proceso a simular, determinando su importancia con respecto al programa académico de la materia de procesos de separación I.

Construcción del modelo matemático del proceso: Se construye el modelo matemático del proceso a simular, para elaborar su algoritmo de solución para la programación.

Análisis de sensibilidad: El simulador construido se somete a diferentes condiciones de operación, para que las respuestas determinen rangos de validez.

Verificación del simulador en DWSIM: En DWSIM se desarrolla la simulación del proceso que se ha elaborado en EXCEL para su verificación.





CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

Este proyecto se desarrolló en el Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Por lo que se describe el área de desarrollo del proyecto.

Historia del ITTG:

Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) y pertenece al sistema que conforma el Tecnológico Nacional de México. El Director del ITTG es el Ing. José Manuel Rosado Pérez.

En la actualidad el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece ocho licenciaturas: Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Industrial, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Logística. Ofrece dos maestrías: Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Ofrece dos doctorados: Doctorado en Ciencias de los Alimentos y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería.

Además, el tecnológico proporciona educación a distancias, con dos carreras que son Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Industrial en 3 sedes diferentes que se encuentran en La Concordia, Siltepec y Acala.





Misión del ITTG:

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión del ITTG:

Ser una Institución de Excelencia en la Educación Superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica:

El departamento de ingeniería química y bioquímica está localizado en el edificio "H", ahí se realizan las actividades administrativas de ambas carreras, el Ingeniero Amín Rodríguez Meneses es el jefe del Departamento.

LOCALIZACIÓN

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicado en la carretera Panamericana kilómetro 1080, de la Delegación Terán, municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



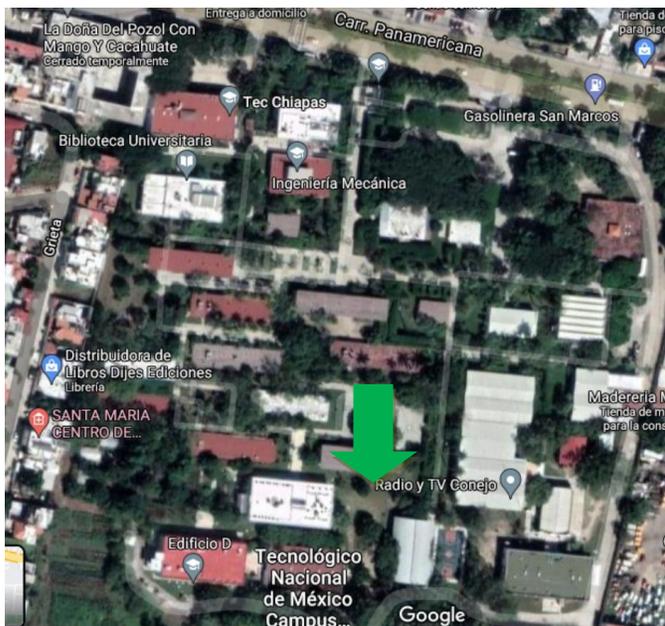
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050,
Apartado Postal 599, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Tel. (961) 615 0461, 615 0138, 615 4808, ext. 303
correo: dep_tgutierrez@tecnm.mx
tuxtla.tecnm.mx

LOCALIZACIÓN SATELITAL

Mapa del ITTG



Edificio G



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El programa de flujo de fluidos para ingeniería química caracteriza a esta asignatura de la siguiente manera: “Balance de momento calor y masa” es fundamento de otras asignaturas que permiten alcanzar competencias propias para su formación profesional, es una asignatura que permiten diseñar, modelar y optimizar procesos. Se toma en cuenta la importancia fundamental que tiene sobre un ingeniero el realizar sistemas de flujo para sistemas más complejos. El programa contempla sistemas para el flujo de fluidos en sistemas de bombas y tuberías.

ALCANCES Y LIMITACIONES

En este trabajo de residencia se construyeron simuladores, para sistema de fluidos se simulan bombas para el flujo; se simulan las potencias de las bombas y la resistencia que puede presentar los fluidos. Ambos simuladores se describen y evalúan en este reporte.

Sin embargo, para desarrollar otro prototipo, es conveniente tomar en cuenta las siguientes limitaciones:

- La falta de destreza en el manejo de EXCEL en los alumnos;
- Escasa habilidad lógica para construir los modelos matemáticos; y
- Falta de experiencia para desarrollar los algoritmos de programación.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Ingeniería química y simulación de procesos:

La ingeniería química es una disciplina que se enfoca en el diseño, la optimización y la operación de procesos químicos a escala industrial. La simulación de procesos desempeña un papel fundamental en esta disciplina, ya que permite modelar y predecir el comportamiento de los procesos antes de su implementación en la planta real. Mediante la simulación, se pueden evaluar diferentes variables y escenarios de operación, lo que facilita la toma de decisiones en el diseño y la optimización de los procesos químicos (Sinnott, Towler & Chemical Engineering Design, 2013).

Flujo de fluido en ingeniería química:

El flujo de fluido es un fenómeno ampliamente estudiado en la ingeniería química debido a que la mayoría de los procesos químicos implican el transporte de fluidos, ya sean líquidos o gases. Comprender los principios fundamentales del flujo de fluido es esencial para el diseño y la optimización de estos procesos. La ecuación de conservación de masa, la ecuación de conservación del momento y la ecuación de conservación de energía son fundamentales para describir el comportamiento del flujo de fluido en diferentes sistemas y equipos (Cengel & Cimbala, 2013).

TIPOS DE FLUJO

Fluidos Newtonianos:

- Los fluidos Newtonianos son aquellos cuyo comportamiento de flujo se rige por la Ley de Newton de la viscosidad, lo que significa que la tasa de deformación es directamente proporcional al esfuerzo cortante aplicado.
- Ejemplos comunes de fluidos Newtonianos son el agua, el aire y la mayoría de los líquidos y gases que se encuentran en condiciones normales de temperatura y presión. (White, 2016)

Fluidos No Newtonianos:

- Los fluidos No Newtonianos son aquellos cuyo comportamiento de flujo no se ajusta a la Ley de Newton de la viscosidad. La viscosidad de estos fluidos puede variar con la tasa de deformación o con el esfuerzo cortante aplicado.
- Ejemplos de fluidos No Newtonianos incluyen polímeros fundidos, suspensiones coloidales, pastas, geles y alimentos procesados. (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2007).

Fluidos Bifásicos:

- Los fluidos bifásicos son sistemas que contienen dos fases inmiscibles, como líquido-líquido, gas-líquido o gas-sólido.
- Estos sistemas son de particular importancia en la ingeniería química debido a su presencia en operaciones como la extracción líquido-líquido, la absorción de gases y la fluidización de sólidos. (Hetsroni, Mosyak, Pogrebnyak, & Yarin, 2004).

Fluidos Supercríticos:

- Los fluidos supercríticos son sustancias que se encuentran a temperaturas y presiones por encima de su punto crítico. En estas condiciones, los fluidos exhiben propiedades intermedias entre los líquidos y los gases.
- Los fluidos supercríticos, como el dióxido de carbono supercrítico, se utilizan en diversos procesos químicos, como la extracción, la síntesis de materiales y la separación de componentes. (Kiran, & Debenedetti, 2012).

Fluidos Reológicos:

- Los fluidos reológicos son aquellos que exhiben un comportamiento viscoso complejo y no lineal. Sus propiedades reológicas, como la viscosidad aparente, el módulo de almacenamiento y el módulo de pérdida, dependen del esfuerzo aplicado y de la tasa de deformación.
- Estos fluidos tienen aplicaciones en una amplia gama de industrias, desde la industria alimentaria hasta la farmacéutica y la petroquímica. (Barnes, Hutton, & Walters, 1989).

La viscosidad

Una propiedad fundamental de los fluidos que describe su resistencia interna al flujo. En la ingeniería química, la viscosidad es de gran importancia para el diseño y la operación de diversos procesos, ya que influye en la eficiencia del transporte de materia y energía

Definición y unidades de viscosidad:

La viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido al flujo y está relacionada con las fuerzas de fricción interna en el fluido. Se puede describir como la propiedad de un fluido que determina su capacidad para fluir en respuesta a un esfuerzo aplicado. La viscosidad se expresa en unidades de poise o pascal-segundo (Pa·s). (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2007).

Viscosidad cinemática:

La viscosidad cinemática es una propiedad adicional que se calcula dividiendo la viscosidad absoluta del fluido por su densidad. Representa la resistencia interna del fluido al flujo en relación con su masa. Se expresa en unidades de centistokes (cSt) o metro cuadrado por segundo (m^2/s). (Welty, Wicks, Wilson, & Rorrer, 2018).

Medición de la viscosidad:

Existen varios métodos para medir la viscosidad de los fluidos, incluyendo viscosímetros capilares, viscosímetros rotacionales, reómetros y viscosímetros de caída de bola. Cada método tiene sus ventajas y se utiliza según las características del fluido y los requisitos de medición. (Douglas, 2011)

Dependencia de la viscosidad con la temperatura:

La viscosidad de muchos fluidos varía con la temperatura. En general, la viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura. Esta relación se puede describir mediante modelos como la ley de Arrhenius o mediante correlaciones experimentales. (Cengel, & Cimbala, 2013).

Numero de Reynolds

El número de Reynolds es un parámetro adimensional utilizado en la mecánica de fluidos para caracterizar el flujo de un fluido alrededor de un objeto o dentro de un conducto. Es ampliamente utilizado en la ingeniería química para describir y predecir el comportamiento del flujo en diferentes procesos y equipos. El número de Reynolds se define como la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas en el fluido, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$$

Donde:

- Re es el número de Reynolds.
- ρ es la densidad del fluido.
- V es la velocidad característica del flujo.
- L es una longitud característica del objeto o conducto.
- μ es la viscosidad dinámica del fluido.

El número de Reynolds se utiliza para clasificar el flujo en tres regímenes diferentes:

Flujo laminar ($Re < 2000$):

En el flujo laminar, las fuerzas viscosas dominan sobre las fuerzas inerciales y el flujo es suave y ordenado, con capas de fluido que se deslizan unas sobre otras. Este tipo de flujo se caracteriza por ser estable y predecible.

Flujo de transición ($2000 < Re < 4000$):

El flujo de transición ocurre en un rango de números de Reynolds en el que el flujo puede ser tanto laminar como turbulento. Es una región de transición en la que el flujo puede volverse inestable y presentar fluctuaciones.

Flujo turbulento ($Re > 4000$):

En el flujo turbulento, las fuerzas inerciales dominan sobre las fuerzas viscosas y el flujo es caótico, con remolinos y vórtices. Este tipo de flujo es caracterizado por ser no lineal, altamente energético y difícil de predecir. (Munson, Young, Okiishi, & Huebsch, (2013) y White, (2016).

Calculo de la potencia de una bomba de agua

El cálculo de la potencia requerida para una bomba de agua es fundamental para dimensionar correctamente el equipo y garantizar su funcionamiento eficiente. La potencia de una bomba se refiere a la energía requerida para transferir un caudal determinado de líquido a una cierta altura o presión.

Cálculo de la potencia de una bomba de agua:

La potencia de una bomba de agua se calcula utilizando la siguiente fórmula general:

$$\text{Potencia} = \frac{QH\rho g}{\eta}$$

Donde:

Potencia es la potencia requerida por la bomba (en vatios o HP).

Q es el caudal volumétrico (en m^3/s o L/s).

H es la altura de elevación o presión total (en metros o Pa).

ρ es la densidad del líquido (en kg/m^3).

g es la aceleración debido a la gravedad (aproximadamente $9.81 m/s^2$).

η es la eficiencia de la bomba (un valor entre 0 y 1).

(Karassik, Messina, Cooper, & Heald, 2007).

Consideraciones adicionales:

Además de la fórmula mencionada, es importante considerar otros factores al calcular la potencia de una bomba de agua, como las pérdidas de carga en el sistema de tuberías, la viscosidad del líquido y las condiciones de operación.

Estos factores pueden requerir ecuaciones y métodos más avanzados para una estimación precisa de la potencia requerida. (Bloch, 2007).

Selección y diseño de bombas de agua:

El cálculo de la potencia de una bomba de agua es esencial para la selección y diseño adecuados del equipo. La potencia necesaria para una aplicación específica depende de diversos factores, como la capacidad de flujo requerida, la altura de elevación, la eficiencia deseada y las características del sistema de tuberías. Los métodos y herramientas para el cálculo y selección de bombas pueden variar según las necesidades y especificaciones del proyecto. (Karassik, Messina, Cooper, & Heald, 2007).

La Rugosidad

Una propiedad importante en el estudio de los flujos de fluidos en la ingeniería química. Se refiere a las irregularidades o asperezas presentes en la superficie de un conducto o un objeto, y juega un papel crucial en la determinación de las características del flujo, como la pérdida de carga y la transferencia de calor.

Definición de rugosidad:

La rugosidad se refiere a las irregularidades o protuberancias presentes en una superficie sólida, que afectan la interacción del fluido con dicha superficie. La rugosidad se cuantifica en términos de la altura promedio de las irregularidades o el tamaño característico de las mismas. (Munson, B. R., Young, Okiishi, Huebsch, 2013).

Importancia de la rugosidad en la ingeniería química:

La rugosidad de una superficie puede afectar el flujo de fluidos en términos de resistencia al flujo, distribución de velocidades, pérdida de carga y transferencia de calor. La presencia de rugosidad puede aumentar la resistencia al flujo y provocar turbulencia, lo que influye en el diseño y la eficiencia de los equipos y procesos en la ingeniería química. (Welty, Wicks, Wilson, & Rorrer, 2018).

Parámetro de rugosidad:

El parámetro de rugosidad es una medida cuantitativa de la rugosidad de una superficie. Se utiliza para describir las características de la superficie rugosa, como la altura de las irregularidades y la distribución de tamaños. Entre los parámetros de rugosidad más comunes se encuentran la rugosidad R_a (rugosidad media aritmética) y la rugosidad R_z (altura máxima de la rugosidad). (Douglas, 2011).

Influencia de la rugosidad en la pérdida de carga:

La rugosidad de una superficie tiene un impacto significativo en la pérdida de carga en un flujo de fluido. Las irregularidades aumentan la resistencia al flujo y, por lo tanto, incrementan la pérdida de carga en comparación con una superficie lisa. Esto se tiene en cuenta al diseñar conductos y seleccionar materiales en sistemas de tuberías. (Cengel, & Cimbala, 2013).



Flujo Ideal

El fluido ideal es un concepto teórico utilizado en la ingeniería química y la mecánica de fluidos para simplificar el análisis y la comprensión de los flujos de fluidos. Aunque los fluidos reales no cumplen todas las características del fluido ideal, este modelo se utiliza ampliamente para describir y analizar los comportamientos básicos de los fluidos en diversos procesos.

Definición de fluido ideal:

Un fluido ideal es un modelo simplificado que se utiliza para describir el comportamiento de un fluido incompresible y no viscoso. Se considera que un fluido ideal no tiene viscosidad interna y sigue las leyes básicas de la mecánica de fluidos, como la ley de conservación de la masa y la ley de conservación del momento. (Munson, Young, Okiishi, & Huebsch, 2013).

Características del fluido ideal:

- El fluido ideal se caracteriza por las siguientes propiedades:
- No tiene viscosidad: El fluido ideal no experimenta fuerzas de fricción interna y no se producen pérdidas de energía debido a la viscosidad.
- Es incompresible: La densidad del fluido ideal se considera constante en todas las condiciones.
- Sigue las leyes básicas de la mecánica de fluidos: El fluido ideal sigue la ley de conservación de la masa y la ley de conservación del momento. (Çengel, & Cimbala, 2013).

Aplicaciones del modelo de fluido ideal:

El modelo de fluido ideal se utiliza ampliamente en la ingeniería química para el análisis y diseño de sistemas de tuberías, el cálculo de pérdidas de carga, la determinación de caudales y velocidades, y la predicción de comportamientos básicos de fluidos en equipos y procesos. (Welty, Wicks, Wilson, & Rorrer, 2018).



El teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli es un principio fundamental en la mecánica de fluidos que describe el comportamiento del flujo de un fluido incompresible. Es ampliamente utilizado en la ingeniería química para analizar y predecir el flujo de fluidos en diferentes procesos y equipos.

Definición del teorema de Bernoulli:

El teorema de Bernoulli establece que, en un flujo de fluido incompresible, en ausencia de fuerzas externas como la gravedad, la presión estática, la velocidad del fluido y la altura del fluido están relacionadas. (Munson, Young, Okiishi, & Huebsch, 2013). Esta relación se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$P + Pgh + \frac{1}{2}\rho V^2 = \text{constante}$$

Donde:

P es la presión estática del fluido.

ρ es la densidad del fluido.

V es la velocidad del fluido.

g es la aceleración debida a la gravedad.

h es la altura del fluido con respecto a una referencia.

Aplicaciones del teorema de Bernoulli en ingeniería química:

El teorema de Bernoulli se aplica en diversos aspectos de la ingeniería química, como el diseño de sistemas de tuberías, la selección de bombas y ventiladores, la determinación de la velocidad de fluidos en equipos de procesamiento y la evaluación de la eficiencia de intercambiadores de calor. (Welty, Wicks, Wilson, & Rorrer, 2018).

Limitaciones y consideraciones del teorema de Bernoulli:

Es importante tener en cuenta que el teorema de Bernoulli es válido solo para flujos incompresibles, es decir, aquellos en los que la densidad del fluido no

cambia significativamente. Además, el teorema de Bernoulli no tiene en cuenta otros fenómenos como la viscosidad y la fricción, por lo que en algunos casos puede ser necesario utilizar modelos más complejos. (Çengel, & Cimbala, 2013).

Simulación de flujo de fluido:

La simulación de flujo de fluido se basa en la resolución numérica de las ecuaciones de conservación de masa, momento y energía. Los métodos más comunes utilizados en la simulación de flujo de fluido son el método de volúmenes finitos y el método de elementos finitos. Estos métodos dividen el dominio de estudio en una malla o rejilla, y luego resuelven las ecuaciones de flujo en cada punto de la malla. Esto permite obtener perfiles de velocidad, distribuciones de presión y otras variables de interés en el flujo de fluido (Patankar, 1980).

Software de simulación de procesos:

En la industria química, existen diversos softwares de simulación de procesos ampliamente utilizados. Estas herramientas proporcionan capacidades avanzadas para modelar y simular el flujo de fluido, así como otros aspectos relevantes de los procesos químicos, como la termodinámica y la cinética química. Algunos de los softwares más utilizados son Aspen Plus, HYSYS, COMSOL y ANSYS Fluent. Estos programas permiten a los ingenieros químicos construir modelos de procesos detallados, establecer condiciones de operación, simular el comportamiento del flujo de fluido y evaluar el desempeño del proceso en términos de eficiencia, seguridad y rentabilidad (Luyben, 2019).

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Procedimiento:

1. Análisis del proceso de flujo de fluidos y ecuaciones derivadas de la asignatura de balance de momento calor y masa;
2. Se elabora un simulador para calcular la potencia de bombas en sistemas de flujo de fluidos y procesos donde se descarguen o transporte algún fluido;
3. Desarrollo de la investigación documental para el marco teórico y para la construcción de los simuladores;

Para construir el simulador para el flujo de fluidos:

4. Construcción del modelo matemático a partir de las ecuaciones recabadas en la investigación, definiendo funciones y variables para definir los datos de entrada y los valores de salida;
5. Definición de las propiedades de los fluidos;
6. Ajustando datos experimentales para poder calcular las propiedades de los fluidos;
7. Elaboración del algoritmo para el cálculo en función del modelo matemático;
8. Tomando como base el algoritmo se desarrollan todos los módulos del simulador, se integran y se correlacionan.

Actividades realizadas:

Simulador de flujo de fluidos		
Fluido a bombear:		Temperatura:
Agua		25 °C
Material de la tubería:		
Acero inoxidable		
parametr	valor	unidades
D nom.	1	pulg
Di	0.0266	m
ε (rugosidad)	0.000002	
Tipo de codos utilizados:	Codo estándar	Codo estándar
Número de codos utilizados:	4	0
Tipo de válvulas utilizadas:	Válvula de cheque	Válvula de cheque
Número de válvulas utilizadas:	1	0

parametro	Valor	Unidades
P ₂ (presión 2)=	1	atm
Z ₂ (altura 2)=	6	m
Vol ₂ (volumen 2)=	5	m ³
t (tiempo)=	1800	s
L (longitud)=	30	m
g (gravedad)=	9.81	m/s ²
n (eficiencia de la bomba)=	75%	
μ (viscosidad)=	0.000975	kg/ m*s
ρ (densidad)=	996.7475	kg/m3
Potencia de la bomba requerido (hp)		1.92471481

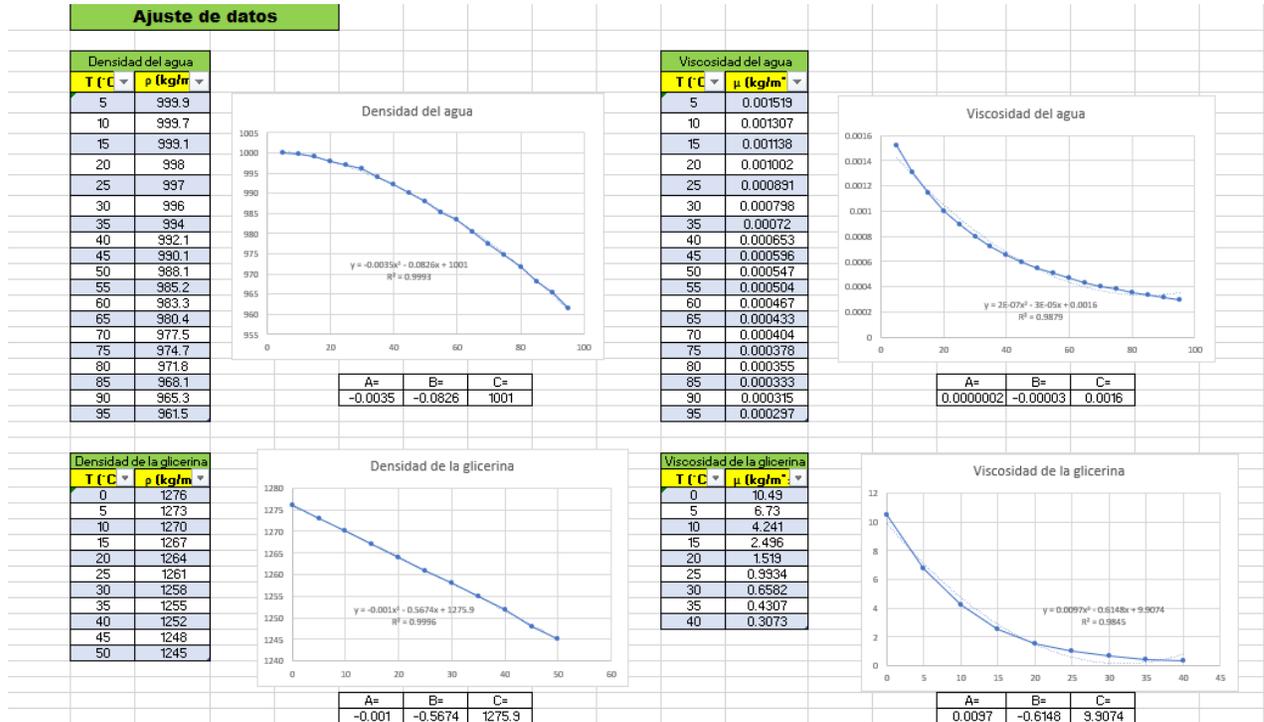
Punto 1		
P ₁ (presión 1)=	1	atm
Z ₁ (altura 1)=	0	m
Vol ₁ (volumen 1)=	5	m ³

Altura que baja el nivel de la cisterna		
L=	0.015	m
t=	1800	s
V _r =	8.33333E-06	m/s

El desarrollo de simulador para el flujo de fluido donde se levanta el fluido de una cisterna a un tinaco elevado en EXCEL, donde se consideran tanto las propiedades del fluido como los materiales usados ya sea tubos, codos, accesorios y la bomba.

Modelo matemático	
Ecuación flujo volumétrico	Ecuación de SE Haaland
$Q = \frac{Vol}{T}$	$f = \left\{ -1.8 \log \left[\left(\frac{\epsilon/Di}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \right\}^{-2}$
Velocidad	Ecuación de Bernoulli
$v_2 = \frac{Q}{A_T} \quad A_T = \frac{\pi D_i^2}{4}$	$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + Z_1 + H = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 + H_f$
Numero de Reynolds	Ecuación de Bernoulli despejada
$Re = \frac{Di v_2 \rho}{\mu}$	$H_p = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \left[1 + f \frac{L}{Di} + \sum K \right]$
Potencia de la bomba	
$P = \frac{H_p Q \rho g}{746 n}$	

Las ecuaciones usadas para el desarrollo del modelo matemático son: la ecuación de flujo volumétrico, que es la que nos ayuda para el cálculo de flujo. Ecuación para el cálculo de la velocidad, nos sirve ya que en otras ecuaciones requiere el parámetro de velocidad para los cálculos. Ecuación de número de Reynolds forma parte esencial del simulador ya que con eso nos sirve para el cálculo de la potencia de la bomba. La ecuación de Bernoulli nos sirve en el cual se calculan los caballos de fuerza requeridos para mover el fluido y por último la Ecuación de potencia de una bomba en la cual nos sirve cuantos caballos de fuerza necesita la bomba para mover el líquido debido a que las bombas tienen una eficiencia de potencia. Estas son las ecuaciones necesarias para el desarrollo del simulador

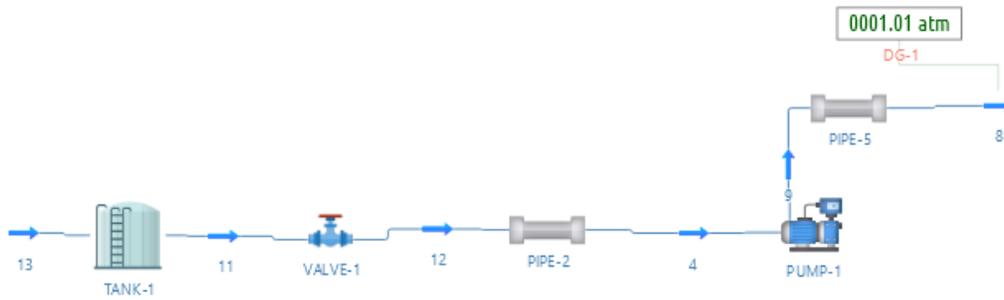


Usando una base de datos se obtienen datos de los fluidos con los que se trabajan ya que con eso podremos determinar su densidad y viscosidad a distintas temperaturas. Con ayuda de Word se le saca una ecuación cubica a la recta formada por datos experimentales y a partir de ella se obtiene los datos necesarios para determinar la densidad y viscosidad.

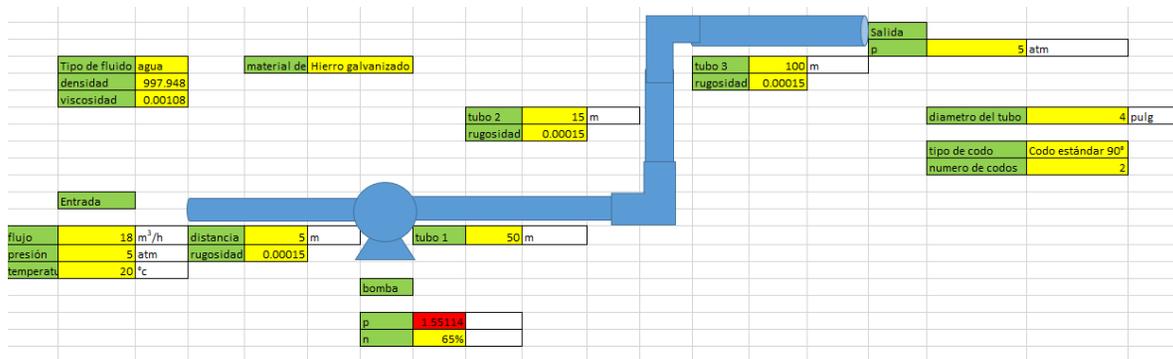
Cálculos

Cálculo del área transversal de la tubería.	At=	0.00055572	m ²
Cálculo del flujo volumétrico.	Q=	0.00277778	m ³ /s
Cálculo de la velocidad de descarga.	V ₂ =	4.9985535	m/s
Cálculo del numero de Reynolds.	Re=	135927.247	
Cálculo del factor de fricción.	f=	0.01713197	
Cálculo de la cabeza de la bomba.	Hp=	39.6474097	
Cálculo de la potencia de la bomba.	P=	1.92471481	hp

En esta parte se aprecian los cálculos hechos en base a agua que esta a 25 grados a una presión de 1 atm



una comprobación en el DWSIM



Simulador para el ajuste de la potencia de una bomba para que el flujo salga constante desarrollado en EXCEL.

Usando el mismo modelo matemático que el simulador anterior para el desarrollo de este

Modelo matemático	
Ecuación flujo volumétrico	Ecuación de SE Haaland
$Q = \frac{Vol}{T}$	$f = \left\{ -1.8 \log \left[\left(\frac{\epsilon/Di}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \right\}^{-2}$
Velocidad	Ecuación de Bernoulli
$v_2 = \frac{Q}{A_T} \quad A_T = \frac{\pi D_i^2}{4}$	$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + Z_1 + H = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + Z_2 + H_f$
Numero de Reynolds	Ecuación de Bernoulli despejada
$Re = \frac{Di v_2 \rho}{\mu}$	$H_p = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \left[1 + f \frac{L}{Di} + \sum K \right]$
Potencia de la bomba	
$P = \frac{H_p Q \rho g}{746 n}$	

Cálculos para este simulador

calculos	
Area	0.008219439
Velocidad	0.60831404
Numero de reynolds	57502.61965
Coeficiente de fricción	0.340405991
Perdida total	21.36502958
Perdida de carga	36.36887477
Potencia	1.551141143

Base de datos usados en ambos simuladores

Fluido seleccionado	A	B	C	ρ (kg/m ³)
agua	-0.0035	-0.0826	1001	997.948

Fluido seleccionado	A	B	C	μ (kg/m ² s)
agua	0.0000002	-0.00003	0.0016	0.00108

Densidad	A	B	C	ρ (kg/m ³)
Agua	-0.0035	-0.0826	1001	999.278
Glicerina	-0.001	-0.5674	1275.9	1264.532

Viscosidad	A	B	C	μ (kg/m ² s)
Agua	0.0000002	-0.00003	0.0016	0.00108
Glicerina	0.0097	-0.6148	9.9074	1.4914

Tamaño de la tubería	Diametro nom. (pulg)	Diametro int. (m)
4	4	0.1023

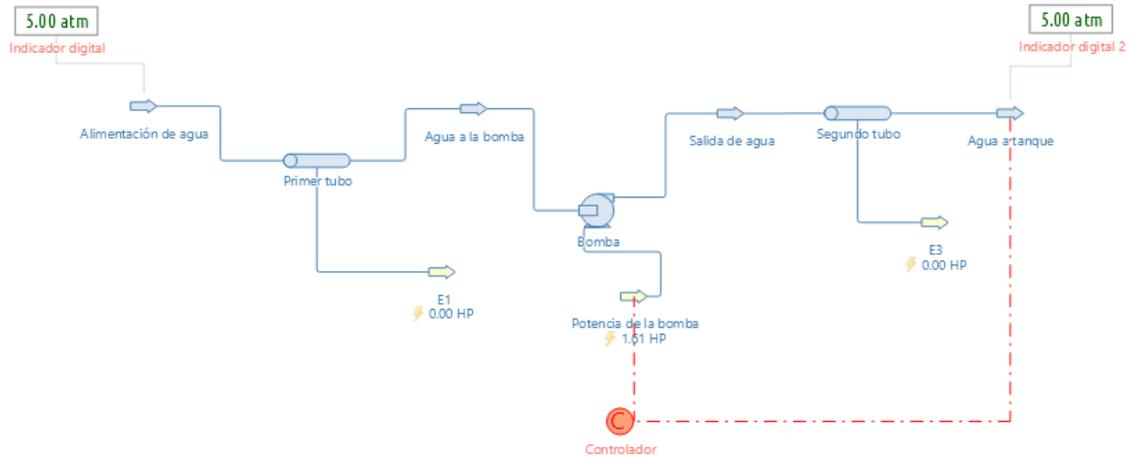
Tuberías	
Diametro nom. (pu)	Diametro int. (m)
1/8	0.0068
1/4	0.0092
3/8	0.0125
1/2	0.0158
3/4	0.0209
1	0.0266
1 1/4	0.0351
1 1/2	0.0409
2	0.0525
2 1/2	0.0627
3	0.0779
3 1/2	0.0901
4	0.1023
5	0.1282
6	0.1541
8	0.2027
10	0.2545

Material de tubería	Material seleccionado	Rugosidad absoluta
Hierro galvanizado	Hierro galvanizado	0.00015

Material	E (mm)	E (m)
Acero inoxidable	0.002	0.000002
Cobre	0.0015	0.0000015
Hierro galvanizado	0.15	0.00015

Accesorios	Ka	Tipo de codos utilizados:	Codo estándar 90°	Ka	Codo estándar 90°	Ka
Válvula de globo	10		0	0.9	0	0.9
Válvula de ángulo	5	Número de codos utilizados:	2	1.8	0	0
Válvula de cheque	2.5					
Válvula de compuerta	0.19					
Tee estándar	1.8					
Codo en U	2.2					
Codo estándar 90°	0.9					
Codo de radio medio	0.75					
Codo de radio largo	0.6					
Suma de Ka utilizada:			18			

Simulador para el ajuste de la potencia de una bomba para que el flujo salga constante desarrollado en DWSIM.





EVALUACIÓN DE LOS SIMULADORES DESARROLLADOS

La evaluación de los simuladores se desarrolla en el flujo de los fluidos y la potencia de la bomba y con ello saber aproximadamente lo datos que se arrojan y con ello saber si funcionaria el sistema

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es factible construir simuladores para ingeniería química usando EXCEL y DWSIM. El desarrollo de un simulador obliga a internarse en el área de su aplicación. Las actividades que se realizan para la construcción son amenas y motivantes.

Es recomendable analizar muchas construcciones de simuladores con Excel que presenta Youtube; pero es necesario validarlo con las investigaciones en ingeniería química, porque muchos son contruidos por alumnos como tareas que les fueron asignadas y a veces no han sido calificadas.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y APLICADAS

Competencias desarrolladas

Responsabilidad

Búsqueda y análisis de información

Identificación y solución de problemas

Planificación del tiempo

Aplicación de conocimiento

Uso de las Tic's





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Sinnott, R. K., Towler, G., & Chemical Engineering Design, & Towler, G. (2013). Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design. Butterworth-Heinemann.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2013). Fluid mechanics: fundamentals and applications. McGraw-Hill Education.
- Patankar, S. V. (1980). Numerical heat transfer and fluid flow. CRC Press.
- Luyben, W. L. (2019). Process modeling, simulation, and control for chemical engineers. McGraw-Hill Education.
- White, F. M. (2016). Fluid Mechanics (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2007). Transport Phenomena (2nd ed.). Wiley.
- Hetsroni, G., Mosyak, A., Pogrebnyak, E., & Yarin, L. P. (2004). Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery. Wiley.
- Kiran, E., & Debenedetti, P. G. (Eds.). (2012). Supercritical Fluids: Fundamentals and Applications. Springer.
- Barnes, H. A., Hutton, J. F., & Walters, K. (1989). An Introduction to Rheology. Elsevier.
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2013). Fundamentals of Fluid Mechanics (7th ed.). Wiley.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2007). Transport Phenomena (2nd ed.). Wiley.
- Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., & Rorrer, G. L. (2018). Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer (6th ed.). Wiley.





- Douglas, J. M. (2011). Conceptos y modelos de ingeniería de transporte. Limusa.
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2007). Pump Handbook (4th ed.). McGraw-Hill Professional.
- Bloch, H. P. (2007). Pump User's Handbook: Life Extension (4th ed.). Fairmont Press.
- TORREGROSA LÓPEZ, JUAN IGNACIO. CONCEPTOS BÁSICOS DE SIMULACIÓN DE PROCESOS. INGENIERÍA QUÍMICA Y NUCLEAR, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Sifuentes, V. H. M. (2000). *Simulación de procesos en Ingeniería Química*. Plaza y Valdes.
- Vicenta, M. A., & Ángel, M. V. (2013). Operaciones unitarias y reactores químicos. Editorial UNED.
- Gutiérrez, A. J. (2010). Diseño de procesos en ingeniería química. Reverte.
- Couper, J. R., Penney, W. R., & Fair, J. R., PhD. (2012). Chemical Process Equipment: Selection and Design. Elsevier.



Anexos

Simulador para subir un fluido



simulador para subir un fluido

Simulador de cálculo de potencia de una bomba



simulador de calculo de potencia de una bomba