

Sistema automatizado para el diseño de sistemas hidráulicos por gravedad

Salvador Barragán González, Alfredo de la Mora Díaz, Javier Manzano Aguilar,
José Manuel Garibay Cisneros, Conrado Ochoa Alcántar

salvadors@ucol.mx, alfredo.delamora@ucol.mx, javiermanzanoaguilar@ucol.mx, jma-
nuel_garibay@ucol.mx, ochoa_conrado@hotmail.com

Paper received on 11/08/08, accepted on 10/09/08.

Resumen. Al realizar sistemas hidráulicos, los Ingenieros Mecánicos requieren calcular diámetros de las tuberías empleadas para la descarga de líquidos de un recipiente a otro, esto se realiza mediante calculadora y recurriendo a tablas para las diferentes tuberías. Esto propicia la incorporación de errores en su cálculo por falsas apreciaciones o el empleo inadecuado de métodos numéricos. Se diseñó un algoritmo y una interfaz amigable que proporcioné el diámetro óptimo para la distribución de fluidos entre dos depósitos con una diferencia de alturas entre sí. El usuario introduce valores de flujo requerido, viscosidad, densidad, longitud de tubo y tipo de accesorios que se usarán en la línea de traslado del fluido, la altura de cada uno de los depósitos y la distancia entre ellos. Este desarrollo se realizó en lenguaje C# y utilizando el método de Newton-Raphson para la obtención de la raíz que se utilizará para determinar el diámetro necesitado.

1 Introducción

Cuando se requiere poner a prueba los conocimientos adquiridos por los futuros Ingenieros Mecánicos en las asignaturas de mecánica de fluidos, los métodos tradicionales para la obtención de resultados pueden llegar a ser los más adecuados, pero a su vez pueden ser tardados debido a que se hace uso de un sistema analítico y tabulaciones de accesorios definidos.

En problemas didácticos de diseño de redes hidráulicas, es necesario usar métodos de aproximaciones sucesivas para obtener diámetros adecuados para el traslado de los fluidos dentro de la red. Al ser estos métodos tardados y susceptibles a malas interpretaciones por parte de la persona que lo realice, se ha considerado elaborar esta aplicación que dará certidumbre en los resultados obtenidos.

Tomando como base un sistema de ecuaciones para el traslado de fluido entre dos depósitos con diferencias de alturas, y desarrollando los cálculos mediante el método de Newton, obtenemos las medidas óptimas para dicha acción.

El software elaborado está diseñado de tal manera que los estudiantes tendrán la facilidad de utilizarlo sin problema alguno, ya que está desarrollado conforme a los temas vistos en el aula dentro de las materias afines.

© M. G. Medina Barrera, J. F. Ramírez Cruz, J. H. Sossa Azuela, (Eds.),
Advances in Intelligent and Information Technologies
Research in Computing Science XX, 2008, pp. 389-397



Se espera que los alumnos puedan aprovechar los beneficios que esta herramienta didáctica ofrece y que a los maestros los apoye en el refuerzo de la enseñanza de los métodos de cálculo de sistemas hidráulicos.

2 Descripción del Sistema

Actualmente el proceso de diseño de sistemas hidráulicos y específicamente el diseño de tuberías se lleva a cabo de forma manual, auxiliado por manuales y tablas. Todo lo anterior implica emplear un número de horas de trabajo considerables en el diseño de los mismos y además introducir errores por falsas apreciaciones. Ante la situación que se presenta, respecto a que no hay alguna herramienta para el desarrollo de sistemas hidráulicos como el propuesto en este trabajo, el implementar uno que de forma automática nos dé el diseño que requerimos, es altamente factible.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software que diseñe un sistema hidráulico para determinar las características de los componentes involucrados en el sistema.

2.1.1 Objetivos específicos

- Estandarizar los cálculos empleados en los diseños de sistemas hidráulicos.
- Proporcionar un ambiente visual para una mayor comprensión del diseño.
- Crear una base de datos de materiales disponibles en el mercado.
- Crear una base de datos de los diseños realizados.
- Realizar una interfaz agradable para el usuario.

2.2 Análisis del sistema

Dentro del ámbito para la obtención óptima de medidas en tuberías para un sistema hidráulico, se cuenta con software desarrollado con anterioridad, pero su particularidad es que responden a necesidades específicas. Partiendo de este punto, se desarrolla un sistema de cómputo didáctico conteniendo una interfaz amigable y fácil de utilizar dentro de la mecánica de fluidos.

El software para el Diseño de Sistemas Hidráulicos (DiSiHi), está desarrollado explícitamente para calcular el diámetro óptimo de tuberías que conectan depósitos, utilizando en presión entre ellos; proporciona las herramientas necesarias para que el estudiante obtenga los resultados correctos en corto tiempo. DiSiHi aporta una interfaz amigable, dotando al estudiante de una herramienta indispensable que hará sencilla la obtención de resultados en sus cálculos.

En la generación de cálculos para obtener el diámetro adecuado, se puede fallar en la generación de los resultados esperados, perdiendo tiempo de trabajo, el cual es indispensable para el estudiante. Mediante esta herramienta se podrá tener la certeza de la correcta elaboración del método, por lo que la incertidumbre de fallo será nula.

2.3 Diseño del sistema

Cuando hablamos de diseño, podemos pensar en una casa o edificio, en cosas comunes, pero cuando pensamos más a fondo y visualizamos un sistema hidráulico, podemos imaginarnos complejas estructuras inmensas. Y esa es la realidad en muchas ocasiones. Pero, entrando en materia de informática, debemos entender que, para poder generar un software para grandes complejos industriales como para pequeños sistemas hidráulicos hay que *analizar* qué es lo que se necesita. Una vez ubicados todos los requerimientos, y sabiendo que el desarrollo del sistema es viable, se debe de desarrollar una manera de abordar el problema.

El desarrollo del diseño nos va a generar, tanto la interfaz con el usuario como el desarrollo del modelo matemático, y esta parte es vital debido a que es la manera en que el usuario interactúa con el software y esto debe de ser de una manera *amigable* para hacer más fácil su uso.

El sistema elaborado tiene como meta el calcular y obtener el diámetro óptimo de las tuberías para usarse dependiendo de las necesidades. Una vez que se definió este punto, podemos abocarnos a tomar en cuenta cuáles son las *necesidades* específicas de los usuarios y de esta manera comenzamos la subdivisión de procesos, puesto que aún cuando tenemos un fin en específico, las necesidades y las condiciones pueden ser diferentes. En este trabajo se definen y diseñan dos módulos, los cuales comprenden las especificaciones necesarias como son el flujo, la viscosidad dinámica, densidad, entre otras; lo que marcará la particularidad entre ambos módulos es la presión. Determinaremos los diámetros con y sin presión.

2.4 Diseño del modelo matemático

2.4.1 Flujo de fluidos en tuberías. Un fluido, a diferencia de un sólido, cambia continuamente de forma cuando se aplica una fuerza sobre él, independientemente de la magnitud de esta. Un sólido tiende a quebrarse cuando se le aplica una fuerza que modifique su estructura. "Un fluido se puede definir como una sustancia que no resiste permanentemente a la distorsión" [1].

El fluido es un tipo de material capaz de ser continuo, que no tiene rigidez alguna y que, dependiendo de la fuerza aplicada, puede sufrir variaciones en su forma: tiene ciertas propiedades físicas que se deben de considerar para trasladarlo de un punto a otro. "Los fluidos pueden dividirse en líquidos y gases. Las diferencias esenciales entre líquidos y gases son (a) los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases son comprensibles, por lo que en muchas ocasiones hay que tratarlos como tales y (b) los líquidos ocupan un volumen definido y tienen superficies libres

mientras que una masa dada de gas se expansiona hasta ocupar todas las partes del recipiente que lo contenga" [2].

La viscosidad (μ) es la resistencia que opone un fluido a la deformación. Al estar un fluido en movimiento tiene diversas deformaciones independientemente de la tubería por la que fluye. Considerada en los líquidos, no es afectada considerablemente por los cambios de presión, pero sí, por el aumento de la temperatura.

La manera más común para transportar fluidos de un punto a otro es a través de tuberías. La tubería más usada es la de sección circular, por su mayor resistencia estructural y su mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior.

En condiciones normales, el fluido puede tener un comportamiento variado, si se toman en cuenta la velocidad, diámetro, el flujo y la viscosidad obtenemos al concepto del número de Reynolds (Re), el cual nos definirá que tipo de régimen de flujo tendremos.

"En los fluidos reales, la existencia de la viscosidad hace que aparezca una resistencia al movimiento entre dos capas contiguas de fluido, esta influencia dinámica de la viscosidad en el movimiento viene definida por el número de Reynolds" [4].

El número de Reynolds está dado por cuatro factores contenidos en un flujo dentro de una tubería, los cuales son: el diámetro de la tubería (d), la velocidad con que se traslada el fluido (V), la densidad del fluido (ρ) y el coeficiente de viscosidad (μ) calculado de la siguiente manera:

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

Si el resultado es mayor de 4.000 ($Re > 4000$) el flujo es turbulento. En pruebas realizadas se ha demostrado que cuando el número de Reynolds es 2,300, aproximadamente, se está en el punto de transición de flujo laminar a flujo turbulento.

"En condiciones experimentales cuidadosamente controladas, usando un tubo muy liso y permitiendo que el fluido en el tanque principal permanezca en reposo durante periodos largos antes de realizar la prueba, se encontró que el flujo laminar puede mantenerse para números de Reynolds hasta de 40.000" [5].

Hay un elemento en el sistema que por su naturaleza, es indispensable mencionarlo: el coeficiente k . "El coeficiente de resistencia k , en teoría es una constante para todas las medidas de un cierto diseño o línea de válvulas y accesorios, si todas las medidas fueran geoméricamente similares. Sin embargo, la similitud geométrica es difícil que ocurra: si lo fuera, es porque el diseño de válvulas y accesorios se rige por costos de fabricación, normas, resistencia estructural y otras consideraciones" [3]. Para cada coeficiente de resistencia k está asignado un factor de fricción (f_T) y este se define dependiendo el diámetro utilizado. Existe una tabulación para determinar el f_T para tuberías de acero, como se muestra en las en la Tablas 1 y 2

Tabla 1. Factor de fricción (f_T).

Dímetro mm	15	20	25	32	40	50	65.80	100
Nominal pulg	1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
Factor de fricción (f_T)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Tabla 2. Factor de fricción (f_T).

Dímetro mm	125	150	200,250	300-400	450-600
Nominal pulg	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
Factor de fricción (f_T)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

2.4.2 Desarrollo matemático. Partiendo de ecuaciones básicas se determinó las ecuaciones que necesita este sistema para desarrollarse. Las dos ecuaciones resultantes serán resueltas mediante el método de Newton.

A continuación se muestran las dos ecuaciones usadas en los módulos de programación.

Sin presión:

$$\frac{(Z_1 - Z_2) g \pi^2}{8 Q^2} d^5 - (k + 1) d - \lambda L = 0$$

Con presión:

$$\left[\left(\frac{P_1 - P_2}{\rho g} \right) + (Z_1 - Z_2) \right] \frac{8 \pi^2}{8 Q^2} d^5 - (k + 1) d - \lambda L = 0$$

2.5 Diseño del software

2.5.1 Plataforma .NET. Para el desarrollo del sistema se eligió la plataforma Microsoft.NET usando el lenguaje Visual C# (C Sharp), vinculado con una base de datos hecha en Microsoft Office. La razón por la cual se ha optado por desarrollar el proyecto en esta plataforma es la gran potencialidad de la misma. ".NET ha sido desarrollado sobre el principio de servicios Web y Microsoft está creando la infraestructura para permitir esta evolución hacia los servicios Web, a través de cada pieza de la plataforma .NET" [10]. C# es actualmente junto con Java uno de los lenguajes más populares en Internet, además de ser una herramienta muy potente para el desarrollo de aplicaciones de propósito general.

Para el cálculo del método numérico utilizaremos un entorno de solución de ecuaciones llamado Mathcad, aplicación que está orientada a solucionar cálculos de ingeniería, la cual proporciona la verificación y la validación de los cálculos realizados.

2.6 Diseño de Sistemas Hidráulicos (DiSiHi)

La interfaz gráfica cuenta con dos módulos de cálculo para la obtención de los diámetros: se cuenta con las opciones de calcular diámetros con presión y sin presión; el usuario introduce los valores de entrada a la interfaz gráfica y nos generará una aproximación al diámetro necesario. Se cuenta con una base de datos donde se tienen todos los diámetros de tuberías de acero al carbón de cédula 40 existentes en el mercado.

A continuación se muestran unos ejemplos de pantallas y el diagrama de flujo general del sistema

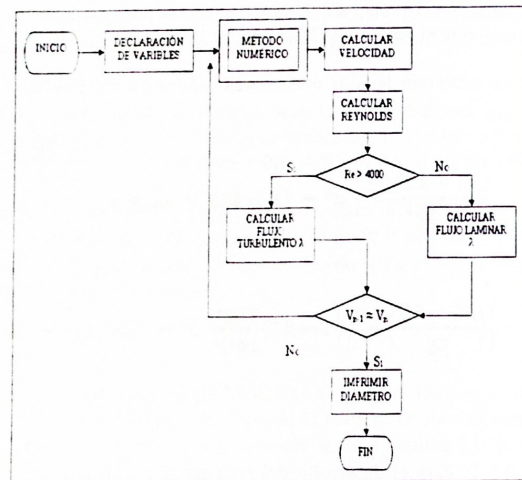


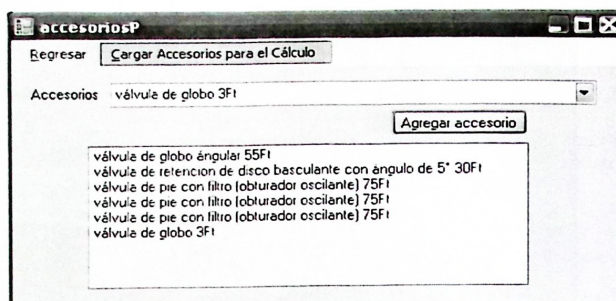
Diagrama de flujo general.



Pantalla principal

Pantalla inicial

Accesorios disponibles



Obtención del valor de los accesorios

3 Resultados experimentales

Se ha sometido al software a problemas tipo, dando resultados satisfactorios. Podemos apreciar que el error causado por el método numérico utilizado para la solución es del orden de los diezmilésimos y el tiempo de ejecución es de pocos minutos: esto comparado con lo que se empleaba para resolver un problema de este tipo de la forma tradicional (1 hora aprox.). Lo anterior nos indica la utilidad del DiSiHi, ahora el siguiente paso es incorporarlo al aula, ya que ello no fue posible, porque coincidió la finalización del periodo escolar con la conclusión del software. Pero podemos afirmar que su impacto va a ser inmediato dado que la interfaz diseñada es sencilla y fácil de navegar, ello influirá en la actitud de los alumnos hacia el software.

4 Conclusiones y trabajo futuro

Los requerimientos planteados inicialmente fueron cumplidos en su totalidad y tiempo, con resultados óptimos y con la seguridad de que este no termina aquí. Las innovaciones que se pueden agregar al software DiSiHi son muchas, dentro de la misma línea de la mecánica de fluidos. Los aportes futuros serán determinantes para la proyección de este trabajo, ya que se podrá tener un abanico de posibilidades hacia donde crecerlo.

Hay muchas aplicaciones que pueden desarrollarse como en la determinación del diámetro de un sistema de bombeo, así como obtener la potencia de la bomba, sistemas con varios depósitos, entre muchos otros cálculos que son comunes en la vida diaria del profesionista que trabaja en esta área. Una de las herramientas útiles en toda área es el uso de gráficas que nos den una idea del comportamiento del sistema.

y esta es una de las mejoras que se pueden hacer en un futuro a este trabajo, tratando siempre de tener los mejores resultados y que puedan ser interpretados con mayor facilidad y que esto se traduzca en hacer eficiente el trabajo.

Al iniciar el proyecto se propuso que este sería una primera etapa de un trabajo interdisciplinario que tuviera un enfoque eminentemente didáctico, en el transcurso de su desarrollo nos hemos percatado que se puede ofrecer con unas pequeñas modificaciones a la industria, por lo que nuestro siguiente paso es desarrollarlo para su uso industrial.

Referencias

1. Arnaiz Franco Carmen y Díaz Ojeda Emilio. Open CourseWare, Operaciones básicas / Tema 3. Flujo de Fluidos. Conceptos Generales. <http://ocwus.us.es/ocwus/arquitectura-e-ingenieria-operaciones-basicas/contenidos1/tema3/index.htm>. Fecha de la última consulta 05 de junio de 2008.
2. V. Giles Ranald. "Mecánica de los fluidos e hidráulica", 2ª ed., Ed. McGraw Hill
3. División de Ingeniería de CRANE, 1989. "Flujo de fluidos", 1ª ed., Ed. McGraw Hill
4. Dávila Baz J.A. y Pajón Permuy J. Mecánica Aplicada. Teoría básica para el diseño y cálculo de tuberías, elementos de máquinas y elementos a presión. <http://www.mineriaenlinea.com/publicaciones/enviados/mecanicaaplicadaconanexos.pdf>. Fecha de la última consulta 03 de junio de 2008.
5. H. Shames, Irving, 1995, "Mecánica de Fluidos", 3ª ed., Ed. McGraw Hill
6. Ceballos, Fco. Javier, 2006, "Enciclopedia de Microsoft Visual C#". 1ª ed., Ed. Alfaomega-RaMa.
7. Gómez Rinesi Juan Fernando. HEMODINÁMICA (PARTE I). http://med.unne.edu.ar/revista/revista97/hemodinamia_1.pdf. Fecha de la última consulta 03 de junio de 2008.
8. Mejía Garcés Francisco Jaime. Clasificación del flujo como laminar o turbulento. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/indexh.html>. Fecha de la última consulta 04 de junio de 2008.
9. C. Chapra, Steven y P. Canale, Raymond, 2003, "Métodos numéricos para ingenieros", 4ª ed., Ed. McGraw Hill.
10. Jorge García Sosa. Mecánica de fluidos: antecedentes y actualidad. <http://www.ingenieria.uady.mx/fluidos/estudio/notas/historia%20y%20actualidad.pdf>. Fecha de la última consulta 18 de junio de 2008.
11. Ander-Egg Ezequiel, 1997, "Técnicas de Investigación Social," 8ª ed., Ed. El Ateneo, pp. 43-45.
12. A. Seen, James, 2003, "Análisis y Diseño de Sistemas de Información", 2ª ed., Ed. McGraw-Hill, pp.19.
13. E. Kendall Kenneth E. y Kendall Julie L., "Análisis y diseño de sistemas", 6ª ed., Ed. Prentice Hall.