



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

DESARROLLO DE MATERIAL DIDACTICO PARA APOYAR EL  
CURSO DE FLUJO DE FLUIDOS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**JESUS RUBEN ALMONACI VICTORIA**



MEXICO, D. F.



**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA**

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



Jurado asignado:

Presidente	Alejandro Anaya Durand.
Vocal	Antonio Valiente Barderas.
Secretario	José Antonio Ortiz Ramírez.
1er. Suplente	Celestino Montiel Maldonado.
2º. Suplente	Martín Rivera Toledo.

Sitio donde se desarrolló el tema:

Departamento de Ingeniería Química, Conjunto E de la Facultad de Química,  
Ciudad Universitaria UNAM.

Asesor: Ing. José Antonio Ortiz Ramírez.

Sustentante: Jesús Rubén Almonaci Victoria.

---



A mis padres:  
Graciela Victoria y Rubén Almonaci

Y mis hermanas:  
Anabell y Tere

---



## ÍNDICE

<b>1.-Introducción</b> .....	3
<b>2.-Antecedentes</b> .....	7
2.1.-Situación actual.....	7
2.2.-Nuevo plan de estudio.....	8
2.3.-Necesidades del estudiante.....	8
2.4.-Necesidades del profesor.....	9
2.5.-Elaboración de software como material didáctico.....	10
2.5.1.-Material didáctico.....	10
2.5.2.-Organización del material didáctico.....	11
2.6.-Ventajas de la tecnología y del software.....	16
<b>3.-Delimitación del tema y objetivos</b> .....	21
3.1.-Delimitación del tema.....	21
3.2.-Objetivos.....	23
<b>4.-Estrategia para el desarrollo del material</b> .....	26
4.1.-Aprovechamiento del hardware y software existente para la elaboración del presente material.....	26
4.2.-Facilidad de manejo del material elaborado.....	35
4.3.-Impacto de gráficos ilustrativos hacia el usuario.....	36
4.4.-Selección, recolección y registro de la información de diferentes fuentes.....	39
4.5.-Planteamiento para satisfacer las necesidades de clase.....	41
<b>5.-Desarrollo y descripción del material elaborado</b> .....	44
5.1.-Programas en Visual Basic para Aplicaciones.....	44
5.2.-Páginas con formato Htm (Web).....	99
5.3.-Archivo de ayuda.....	105
5.4.-Unificación del material elaborado como un programa integral.....	106
5.5.-Instalación del programa integral.....	109
<b>6.-Ejemplos ilustrativos</b> .....	112
6.1.-Para comenzar con un programa.....	112
6.2.-Programas en Visual Basic para Aplicaciones.....	113
6.3.-Cómo utilizar el archivo de ayuda.....	152
<b>7.-Beneficios didácticos (resultados y conclusiones)</b> .....	155
7.1.-Beneficios al profesor.....	155
7.2.-Beneficios al usuario.....	157
7.3.-Discusión de resultados y conclusiones.....	159
<b>Apéndice</b> .....	161
<b>Bibliografía</b> .....	174



# CAPÍTULO 1

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Jesús Rubén  
Almonaci Victoria

FECHA: 26 Enero 2004

FIRMA: [Firma manuscrita]

# INTRODUCCIÓN

---



## 1.-INTRODUCCIÓN <sup>87</sup>

Los fluidos son sistemas de partículas que cuentan con una propiedad característica: no tienen una forma propia y se adaptan a la forma del recipiente que los contiene. Los gases y los líquidos son fluidos, pero existe una diferencia entre ellos: los líquidos tienen volumen propio, lo que no es así en el caso de los gases, que siempre ocupan todo el volumen que tienen a su disposición. Debido a que los fluidos tienen gran capacidad de fluir, cuando se realiza su estudio hay que distinguir entre dos tipos diferentes de estos sistemas: fluidos en movimiento, cuando existen movimientos globales como es el caso del agua circulando por una tubería o el vapor que sale por la válvula de seguridad, y fluidos en reposo en equilibrio, como ocurre con el agua de un pantano o con el aire atmosférico en un día tranquilo. También hay algunos comportamientos que se asemejan a los de los fluidos, como lo es la llamada *fluidización*: que es cuando un sólido (generalmente partículas, no necesariamente de un tamaño pequeño) tiene un comportamiento que se asemeja a un fluido.

Con la aparición e intervención de los fluidos en la vida cotidiana y más aún para un estudiante de ingeniería química en la vida industrial, el estudio, comprensión y diseño de flujo de fluidos es de gran importancia para dichos estudiantes, convirtiéndose en uno de los pilares fundamentales de la ingeniería química.

Hay muchas obras excelentes de hidráulica, fluidos, flujo de fluidos, etc. y de la misma forma hay excelentes profesores que hacen lo imposible para intentar representar e interpretar alguna idea haciendo un gráfico en el pizarrón o en su defecto con movimientos corporales. Sin embargo, no hay actualmente un material demostrativo y práctico que permita entender y aplicar las abstracciones de flujo de fluidos de una forma integral y de ésta manera facilitar la enseñanza para el profesor y el aprendizaje para el alumno.

Con esto, surge la necesidad de que con algún medio se puedan explicar de una forma más clara y demostrativamente los conceptos y aplicaciones de flujo de fluidos, así como también la necesidad del estudiante de entenderlos de una forma más sencilla e intuitivamente.

En la "Era de la Información" los jóvenes en las escuelas exigen una nueva forma de enseñar. El hábito de la lectura en la mayoría de los casos no existe, y ha sido sustituido por una cultura más visual: colores, formas y movimiento, son el alfabeto que mejor entienden las nuevas generaciones. En el contexto de un modelo sencillo de enseñanza-aprendizaje se considera importante manejar éste nuevo lenguaje, sin embargo no se está de acuerdo en que deba ser sustituido por el hábito de la lectura ya que éste permite desarrollar otras habilidades como lo pueden ser la reflexión, el análisis de ideas, pensamientos y conceptos fundamentales para su formación. La tecnología con su avance frenético, cada día nos da más herramientas para comunicarnos en este nuevo lenguaje, cada vez está más accesible tanto para los alumnos como para los profesores y es necesaria que estos últimos lo aprendan y lo apliquen a sus cursos, si es que quieren realmente ofrecer una mejor enseñanza.





Así pues, el software es un sistema abstracto de información que procesa y transforma conocimiento e información específica bajo la forma de instrucciones codificadas. Este proceso es lo que define al software como una actividad de transformación productiva de características similares a la actividad industrial. La naturaleza de la producción de software se explica en que su núcleo productivo consiste esencialmente en el procesamiento y transformación de materias primas intangibles: información y conocimiento, así como en el desarrollo de la investigación básica. Requiere la compatibilidad del mismo con el hardware el cual constituye su soporte material.

La producción de software es una actividad capital, intensiva e intangible ya que se basa fundamentalmente en recursos humanos altamente calificados. Cabe destacar que la importancia del capital intangible es una ventaja para países subdesarrollados que poseen una dotación relevante de recursos humanos, tal como ocurre con la India cuya producción y exportación de software crece aceleradamente.

La producción de software comprende dos grandes líneas: por un lado, el software de aplicaciones, que es demandado en forma creciente en todas las ramas de la actividad económica, y por otra parte, está el desarrollo de software de sistemas, que tiene por objeto controlar las operaciones de la computadora que no están ligadas directamente con los usuarios.

La importancia del producto de esta actividad, como insumo de todas las cadenas de valor de la economía, justifica la importancia de su encuadramiento como una actividad productiva de transformación. A ello se debe agregar que el insumo básico de la misma son los recursos humanos altamente disponibles en el país en cantidad y calidad. En este sentido las universidades han hecho foco en la formación de profesionales informáticos de excelencia desde hace algunos años, creando carreras específicas y promoviendo la investigación. Cabe señalar que la producción de software genera valor agregado como cualquier otra actividad productiva y constituye un producto de exportación a los mercados externos y por lo tanto una importante fuente potencial de generación de divisas, por lo cual resulta de interés estratégico y económico estimular esta actividad productiva.

De la misma forma que el software genera valor agregado como cualquier otra actividad productiva (la transformación y procesamiento de materias primas intangibles: información y conocimiento), también contribuye al desarrollo de la investigación básica, del incremento y apoyo a la difusión y transmisión de conocimientos. A consecuencia de esto, se refleja en el incremento del estudio de una cierta disciplina, en la generación de personas más preparadas y mayor oportunidad de incremento en la calidad de vida de éstas.

Por otra parte, hoy en día el uso de las computadoras personales se ha hecho tan común, cotidiano y necesario en la vida de un estudiante, que es difícil pensar que uno de la Facultad de Química de la UNAM no tenga acceso fácilmente a una PC. De ésta forma, el autor intenta en el presente trabajo; crear, recopilar, ordenar e integrar



material manipulable que ayude al usuario a comprender tanto el significado de las ideas, como las aplicaciones de éstas a situaciones del mundo real; en pocas palabras, generación de material didáctico para la asignatura de flujo de fluidos de la carrera de ingeniería química.

Por lo tanto, para la realización de ésta tesis, se desarrollaron programas didácticos unificados en un programa integral para la asignatura ya mencionada; los cuales se pueden manejar en cualquier PC que tenga Microsoft Office, sin necesidad de un programa especial para poderlos abrir, ó de mucho conocimiento en el manejo de la misma. *Podemos considerar como material didáctico cualquier medio o recurso que se usa en la enseñanza y aprendizaje de alguna disciplina.* En esta categoría se incluyen, por tanto, objetos muy diversos: desde manuales escolares -en su versión escrita, grabaciones en video, programas de ordenador, etc.- a los propios dedos de las manos, piedrecillas, calculadoras, etc.

Estos programas fueron realizados tomando como referencia tanto libros de flujo de fluidos, ingeniería química, artículos de revistas, páginas de Internet, así como la clase misma de flujo de fluidos. Los temas a desarrollar se tomaron del programa de la materia y son de diversos tipos, así que; estos programas realizan diferentes tareas: desde la consulta de una base de datos, hasta la especificación (por ejemplo: de compresores), pasando por el cálculo de propiedades de sustancias, determinación del régimen de flujo en una tubería, etc.

El material generado es de varios tipos y requiere de la utilización de una computadora personal, éste material puede ser; recursos textuales como páginas con formato Htm (Web), recursos gráficos como escaneos y gráficas elaboradas, material manipulable como programas (hechos por el autor y recopilados), material audiovisual, etc. Éste material está diseñado y estructurado de tal manera que el usuario pueda desplazarse en él de una forma sistemática, ordenada e intuitiva con el fin de que comprendan los conceptos, las ideas, los modelos matemáticos, etc. del área de flujo de fluidos.

Es muy importante que exista la posibilidad real, de que en el momento que se aborda un conocimiento se pueda practicar sobre él; sin la necesidad de esperar a otra clase que puede ser la semana próxima a la clase en la cual se aprendió el contenido nuevo. De tal forma con el presente material el usuario puede reforzar, ejercitar o consultar cualquiera de los temas del curso de flujo de fluidos desde cualquier PC sin necesidad de estar en el aula.



# CAPÍTULO 2

## ANTECEDENTES

---



## 2.-ANTECEDENTES <sup>86,88-91</sup>

### 2.1.-Situación actual

Siempre que se hace referencia al tema de educación o se reflexiona acerca de la problemática que ésta ha vivido a lo largo de la historia y los momentos de crisis y transformación en que se ha visto inmersa, inmediatamente vienen a la mente preguntas como las siguientes: ¿Cómo estos han impactado en los planes de estudio, en los estudiantes, maestros, programas de curso?, ¿Cómo han afectado al proceso de enseñanza-aprendizaje?, ¿Cómo han impactado a la didáctica?, ¿Qué cambios se han tenido que realizar?, ¿Cómo se han enfrentado estos cambios? y ¿Para qué los cambios?. Preguntas que en muchos de los casos en eso se quedan, en preguntas que pocas veces nos esforzamos en buscar respuestas.

Este material trata precisamente de realizar una transformación del proceso enseñanza-aprendizaje, intentando obtener respuestas satisfactorias a las preguntas anteriormente planteadas. Se realizó para descubrir nuevas formas de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de procesos o estrategias didácticas, que propicien no sólo el aprendizaje de contenidos, sino además la estimulación de habilidad y actitudes que vengan a reforzar sus procesos formativos.

Cualquier profesor y/o estudiante de la Facultad de Química de la UNAM, se puede dar cuenta de que la vida en la misma suele ser muy de prisa. Por una parte, los profesores suelen aprovechar el tiempo al máximo para dar sus clases lo más completo posible y con esto, en algunas ocasiones, varios temas por clase. Por otra parte, los alumnos tratan de asimilar los temas vistos en una clase, multiplicados por el número de clases que tienen al día, más los trabajos, tareas, informes de prácticas, etc. Es por eso, que al autor del presente trabajo, se le ocurrió hacer una interfase de apoyo entre la clase y el alumno; que le ayude al alumno a reforzar, consultar, estudiar, etc. lo que el profesor le enseña en clase. Pero que no sólo sirva al alumno, sino también al profesor, ayudándole a dar más eficientemente su clase.

Hoy en día, la Facultad de Química de la UNAM cuenta con salas de cómputo muy bien equipadas y con total acceso a los profesores y estudiantes que lo soliciten. Por esta razón, al autor de este material se le ocurrió que la interfase que pueda existir entre la clase y el alumno, pueda ser un material de cómputo, programas, software, o en su defecto; simple y llanamente *material didáctico de apoyo*. Las especificaciones de este material podrían ser que sea fácilmente reproducible, manejable, atractivo hacia los estudiantes, ordenado, etc. lo necesario para que ayude tanto al profesor como al estudiante.



## 2.2.-Nuevo plan de estudio

Actualmente en la Facultad de Química de la UNAM, se está realizando una revisión de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Química. Dicha revisión influye directamente en la asignatura de *flujo de fluidos* de dicha carrera. Y se realizó, para hacer de un plan de estudios que tal vez ya no cumplía del todo con las necesidades y exigencias del mundo actual hacia el ingeniero químico, un plan de estudios lo más apegado a las necesidades presentes.

Además de sufrir modificaciones y cambios en los planes de estudio, también se modifica a través del tiempo la forma en que se puede proporcionar, buscar y encontrar información, y por consecuencia de esto, la forma de estudiar y de percibir las clases desde el punto de vista de los alumnos.

## 2.3.-Necesidades del estudiante

Una de las necesidades del estudiante del curso de flujo de fluidos y de cualquier otro curso, es el tener que hacer lo posible para entender y decodificar el mensaje que el profesor envíe y tratar de visualizar dicho mensaje con los elementos y experiencia que posea cada uno. De tal forma, una idea o concepto del profesor explicado a sus alumnos puede llegar a entenderse de una forma tan distinta en cada uno de los estudiantes como distintos somos los unos a los otros. De aquí la necesidad de tener un material por lo menos visual que muestre o ejemplifique los conceptos e ideas transmitidas, para que el alumno visualice de manera clara los conocimientos que se le están transmitiendo.

Otra de las grandes necesidades de los tiempos actuales es el tener que organizar, optimizar y hacer más eficiente el tiempo con respecto a las actividades que se realizan. Sabemos que un estudiante universitario tiene que dedicar gran parte de su tiempo a su carrera, y más aún los que tenemos relación con la carrera de ingeniería química de la Facultad de Química de la UNAM, sabemos que se tiene que dedicar tiempo completo. De ésta forma, se tiene que acudir a clases teóricas y/o prácticas (generalmente distribuidas durante gran parte del día), se tiene que realizar informes de las experiencias prácticas de las asignaturas que lo requieran, se tiene que realizar tareas e investigaciones de algunas materias que lo requieren, se tiene que realizar trabajos y/o proyectos finales; por mencionar algunas actividades. Lo anterior y más se tiene que distribuir y organizar en el transcurso de la semana y además intentar aprovechar el fin de semana para poderlo lograr; pero además de todo esto, se tiene que comer, dormir, ir al cine, hacer ejercicio, enterarse de lo que pasa en el mundo, etc. para tratar de llevar una vida más o menos equilibrada.



Con lo anterior, el autor (estudiante de la Facultad de Química) percibe la necesidad de que sería bueno que los estudiantes tengan un material práctico que les permita reforzar, consultar, ejercitar (por mencionar algo), los conocimientos adquiridos en el aula en algún "tiempo libre" que tuviesen. Es decir; que el alumno tenga un apoyo además de libros y sus notas de clase, para estudiar de una forma organizada, práctica y bien estructurada, teniendo para lograr esto, información permanente.

Repasando sobre las necesidades anteriores, surge la necesidad del estudiante de desarrollar la habilidad de aprender por sí mismo, o como comúnmente se llama, desarrollar el autoaprendizaje. Lo anterior es muy importante; ya que es común que cuando un estudiante consulta alguna fuente de información para estudiar un tema en específico, surgen términos, procedimientos, o hasta temas completos que el estudiante desconoce y que son necesarios para poder comprender el tema original. Así que; el estudiante tiene que buscar ese término, procedimiento o tema y entenderlo por sí mismo. De tal forma, que el material elaborado en el presente trabajo estimula el desarrollo del autoaprendizaje del usuario.

#### **2.4.-Necesidades del profesor**

*Se requieren herramientas de navegación (hablando de información en sistemas de cómputo) que soporten de manera más efectiva el aprendizaje por asociación. Un método que todo mundo conoce (pero que generalmente no se aplica) es el favorecer el proceso cuando se está aprendiendo algo, utilizando de alguna manera la asociación de lo que se aprende con conceptos, ideas, etc. ya aprendidos previamente. Es decir; tratar de asociar un nuevo concepto con uno aprendido con anterioridad, o asociarlo con un sonido, idea, representación gráfica, etc. con tal de que cuando queramos entenderla, recordarla o aplicarla, lo hagamos con mucha facilidad.*

Esta es una gran necesidad del profesor desde el punto de vista del autor de este material, puesto que le sería más fácil al profesor enseñar el funcionamiento de una bomba de desplazamiento positivo (por ejemplo), si se tiene un gráfico de este tipo de bomba con un corte longitudinal proyectado en la sala de cómputo, además de que cada alumno lo tenga en pantalla de la computadora personal de dicha sala. Dichos alumnos, seguirán la explicación del profesor tanto en la proyección del cañón en el salón, como en la pantalla enfrente de todos y cada uno de ellos. De esta forma, valiéndose de un gráfico descriptivo servirá para que el profesor pueda darse a entender mejor y al alumno para comprender mejor la explicación del profesor.

*Se trata de un curso teórico y práctico, en el cual se busca la simple acumulación de conocimiento como parte del actuar cotidiano del estudiante. A todos los profesores les gustaría que sus alumnos acumularan conocimiento y que estos los aplicaran cada vez que se requiera, y que además el aprendizaje fuera algo tan común y cotidiano en la*



vida del estudiante, que no sólo lo hiciera en la etapa de estudiante, sino durante toda la vida. Es por esto que uno de los fines del presente material, es que el usuario (estudiante o no) lo tenga como un material permanente, de fácil acceso y manejo, que invite al usuario a explorarlo. Y de esta forma, hacer de la apertura de este material como algo cotidiano, explorar un tema y después practicar con un programa.

*Es solamente una transferencia de información o conocimientos de un docente a un estudiante (procesador de información) apoyado en un material de trabajo.* Lo que se busca es mejorar la necesidad de transferir la información eficazmente (en este caso, del profesor al alumno) y para esto, apoyarse en un material de trabajo que no solamente el profesor lo pueda tener en la sala de cómputo de la escuela, sino que también el alumno pueda tenerlo en su casa (por ejemplo) para que lo utilice y pueda tener acceso a él sin problema alguno. Además de esta necesidad, surge otra; que para manejar este material de trabajo no se tenga que tener mucho conocimiento del manejo de una computadora personal, ni de software especializado, y que sea lógico, e intuitivo en cuanto a su estructura y contenido.

*Es un curso de enseñanza individualizada que se enfoca al proceso de enseñanza-aprendizaje, y al conocimiento y ritmo del estudiante.* El estudiar o el que te enseñe un profesor de una manera personalizada es mucho mejor que de una manera general. Es por esta necesidad que el presente material es para poder utilizarse de una manera individualizada. Pero además, el alumno puede ir avanzando en los temas de acuerdo a su conocimiento, tiempo, ritmo, etc. o tal vez para leer un poco sobre la siguiente clase del profesor y de esta forma a la hora de atender la clase, se comprenda con mayor facilidad, ya que se tendrían antecedentes de los diferentes temas previamente vistos.

## **2.5.-Elaboración de software como material didáctico**

### **2.5.1.-Material didáctico**

Sabemos que la tecnología avanza a pasos agigantados y que es imposible estar al día y estando concientes de esto, se realizó el presente material. Afortunadamente los alumnos de la Facultad de Química, cada vez saben manejar más un ordenador, y como se mencionó anteriormente, cada vez hay más acceso de ordenadores a la comunidad de la Facultad. Además tenemos que tomar en cuenta que mucha de la información que se puede obtener hoy en día, es por medio de un ordenador.

Y como se mencionó anteriormente, podemos considerar como material didáctico cualquier medio o recurso que se usa en la enseñanza y aprendizaje de cualquier disciplina. En esta categoría se incluyen, por tanto, objetos muy diversos: desde manuales escolares -en su versión escrita, grabaciones en video, programas de



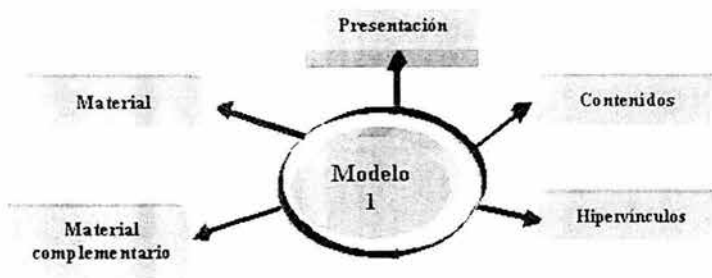
ordenador, etc.- a los propios dedos de las manos, piedrecillas, calculadoras, etc., es decir; todo aquello que pueda ayudar o servir para facilitar el aprendizaje.

### 2.5.2.-Organización del material didáctico

Un material didáctico puede estar organizado de la siguiente manera (de hecho es la manera en que se organiza el presente material didáctico): la asignatura tiene un número determinado de módulos, que responden a los grandes núcleos o centros de interés de la materia que los estudiantes han de completar para alcanzar los objetivos docentes. Entendiendo por módulos didácticos las unidades básicas que desarrollan y guían el aprendizaje de una parte concreta y coherente de una asignatura, en otras palabras, lo que conocemos como unidades o capítulos.

Una vez que el profesor ha elaborado cada uno de los módulos de su asignatura (en este caso, fue gracias a la revisión del plan de estudio), se reconvierte ese material pensado para ser material impreso y/u oral en material didáctico para un ordenador. Para ello se utiliza dos modelos de estructuración de los contenidos o de la información de los módulos, utilizando uno u otro modelo dependiendo de la utilidad o finalidad para el que se elabora. Los modelos que se trabajan son: una *estructuración de contenidos de forma ramificada*, y una *estructuración de contenidos en mapas conceptuales*.

#### Modelo 1: Estructuración de contenidos ramificada



En los módulos que siguen el primer modelo se diferencian cinco partes fundamentales, tres de ellas, la presentación, los contenidos del módulo, los hipervínculos y el material forman parte de cada uno de los módulos que componen la asignatura, mientras que el material complementario (gráficas, tablas, visualizaciones, programas, etc.), puede ser compartido por todos ellos.





Se puede acceder a cada una de estas partes a partir de un menú (contenido) que siempre estará en pantalla. A los materiales (material complementario) se accede tanto desde fuera de los módulos, ya que entendemos que los materiales complementarios pueden ser específicos de cada módulo como pueden ser compartidos por todos o algunos de ellos, ó dentro de cada uno de ellos tal vez en forma de hipervinculos.

En la presentación se quiere dar una visión global del módulo. Ubicar el módulo en la globalidad de la asignatura y relacionarlo con el resto. Orientar al alumno sobre los contenidos. Dar recomendaciones sobre la manera de estudiar el módulo; dichas recomendaciones, también pueden estar dentro del material.

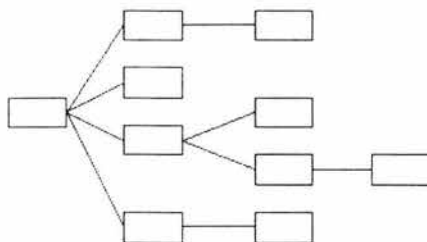
Los contenidos son elaborados por los profesores, expertos en la materia (en este caso, en la revisión del nuevo plan de estudio). La información que contienen será la que los profesores crean necesaria y mínima para alcanzar los objetivos propuestos. Estos son estructurados en pequeños nodos (o subtemas) de información a partir de un nodo base. El alumno desde el menú de contenidos que se encuentra en el menú principal de cada tema general (o módulo) accederá al índice de contenidos (subtemas) a partir del cual puede empezar a navegar por el tema que prefiera.

### **Estructura del contenido del módulo**

Para estructurar el contenido partimos del material elaborado por los profesores. Hay que tener en cuenta que este ha sido elaborado pensando que sean materiales impresos y/u orales y por tanto estructurados en forma de temas, apartados y subapartados y con una secuencia lineal bien determinada.

A la hora de adaptar estos materiales impresos a materiales hipertextuales (material para un ordenador, en el cual se puede "brincar" de un tema a otro sin tener una secuencia lineal), respetamos la división de temas así como la de apartados y subapartados. De esta forma, estructuramos los contenidos de cada tema como partes independientes aunque siempre estableciendo relaciones entre ellos. Esta estructura supone una ordenación jerárquica de la información o contenidos, lo que permitirá una mejor orientación por parte del usuario y una división conceptual del contenido informativo de un documento. Estructuramos el contenido de estos en pequeños bloques de información o nodos interrelacionados de forma asociativa. Cada nodo debe tener sentido por si solo y en relación al resto.

Se parte de un nodo base (ó subtema) al cual quedan subordinados el resto de nodos, estableciendo una jerarquía, ordenándolos según la importancia del contenido ó de la secuencia que se necesita para poder comprender el contenido de los siguientes nodos. Se relacionan los nodos a través de su contenido, y se establecen relaciones desde el nodo más amplio a los más específicos. La organización de estos, se puede comprender mejor con el siguiente diagrama:



A pesar de querer darle una estructura hipertextual, damos al contenido la secuencia lineal que los profesores habían determinado a la hora de elaborar el material. Pero también damos al alumno la posibilidad de que pueda pasar de una información a otra sin la necesidad de tener que pasar por todas las pantallas. Palabras enlaces o nexos permiten acceder a una determinada información documental ya sea a través del documento que la contiene o a través de cualquier documento que la refiera. Este tipo de referencias pueden ser unidireccionales o reciprocas. Las referencias unidireccionales se producen cuando una información documental hace referencia a otra, pero la relación inversa no se produce. Las relaciones reciprocas se producen cuando hay una relación bidireccional entre dos nodos o puntos de información. En cualquier caso ambas relaciones deben ser multidireccionales, es decir, un nodo origen puede tener varios nodos de destino.

Una vez estructurado el contenido elaboramos el mapa representativo de este, en el cual, incluimos todos los conceptos que hacen referencia a cada uno de los nodos que forman el tema. El alumno puede consultar al mapa desde cualquier página sirviéndole para que tenga una visión del desarrollo del contenido, y que pueda situarse, ver por donde ha pasado y acceder desde él a cualquier parte del contenido del tema.

Estos mapas también pueden ser utilizados como documentos de trabajo para aquellos que elaboramos el material, y a parte de representar la estructura básica, en ellos se establecen las relaciones entre los diferentes bloques de información.

*En este modelo los alumnos tienen tres maneras de navegar por los contenidos:*

1. Flechas itinerarios ó itinerario secuencial: es la más recomendable para aquellos que entran en el módulo por primera vez, ya que al menos pasarán por toda la información del módulo o al menos la información más básica, o la que el profesor cree más relevante.
2. Mapa o esquema del contenido: pueden acceder a cualquier parte del tema.
3. Palabras enlaces, iconos o imágenes: se utiliza para aquellos que ya tienen cierta destreza o tal vez quienes ya conozcan los contenidos del módulo y que sólo les interese consultar unas páginas determinadas. Con este tipo de navegación podrán



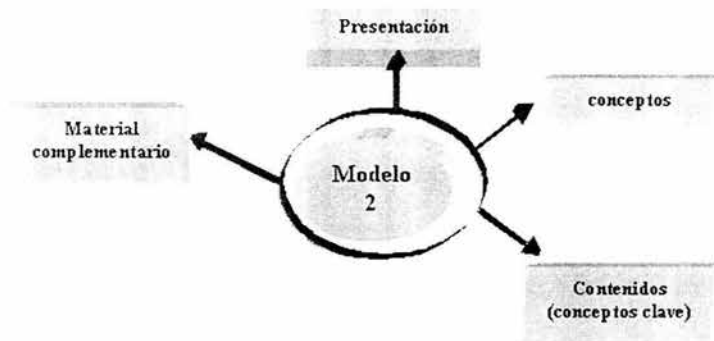
acceder a información complementaria del tema, ya sean contenidos que amplíen el módulo como documentos anexos.

Por otra parte podemos diferenciar varios tipos de enlaces y nexos dentro de cada documento, pantalla, o bloque de información:

- Flechas hacia delante y hacia atrás: enlazan con el documento anterior y posterior, no en cuanto a los documentos visitados, sino en relación al contenido y su secuencialidad. Vale la pena comentar que se puede enlazar con los documentos desde el punto de vista de los documentos visitados; esto es, con las flechas del mismo navegador utilizado.

- Iconos: los iconos o botones siempre serán los mismos, y el efecto visual asociado a cada uno, con la intención de habituar al alumno y hacerle interiorizar sus funciones. El icono que el alumno siempre encontrará en todas las páginas es el que le permitirá enlazar con el mapa de navegación del contenido, en el cual se representan todos los nodos existentes y su jerarquía. Desde él, el alumno puede acceder a cualquiera de los nodos y saber por qué pantallas ha pasado.

Modelo 2: Estructuración de contenidos en mapas conceptuales.



El segundo modelo es muy similar al primero, este se compone de una presentación, del contenido (como conceptos clave), de conceptos y de material complementario. Aquí no tendría mucho sentido debido a la diferencia fundamental de ambos modelos, la forma de estructurar la información.

Como hemos explicado anteriormente los contenidos del primer modelo son estructurados de forma ramificada, estableciendo una jerarquía entre los diferentes



nodos de información. En este segundo modelo los contenidos son estructurados en base a sus conceptos. Es decir, las pantallas se componen de conceptos que pueden ser a la vez complementarios y/o inclusivos del anterior. Así como en el primer modelo el alumno parte de un índice de contenidos, en este se parte de un mapa conceptual en el cual se representan casi todos los conceptos a estudiar o al menos los más importantes y determinando cuales son los conceptos más relevantes.

En los mapas conceptuales los conceptos están dispuestos por orden de jerarquía pero no desde el punto de vista de importancia, sino desde el punto de vista de comprensión de los conceptos. Los conceptos más comprensivos ocupan los lugares superiores de la estructura gráfica. En ella se representan la relación de los conceptos en forma coherente, siguiendo el modelo de lo general a lo específico, en donde las ideas más generales o inclusivas ocupen la parte superior de la estructura y las más específicas en la parte inferior.

Así como en el primer modelo se establecía un recorrido lineal propuesto por el programa de la materia, en este no se cree necesario ni útil, ya que se trata de conceptos independientes pero a la vez incluidos y relacionados con el resto o con parte del resto de conceptos. Pero para que el alumno no se sienta desorientado hay que dejar claro con que conceptos se relaciona el que está consultando (por ejemplo con un índice esquemático siempre visible en la pantalla), y que siempre tenga la opción para volver al mapa conceptual principal o del que ha partido para poder ubicarse y relacionar todo aquello que ya ha visitado.

Lo que se ha hecho hasta ahora es adaptar unos contenidos que previamente han sido elaborados y pensados para que su soporte fuera el papel y/o la clase misma, en material para un ordenador. Es importante que el primer paso para elaborarlos y mejorarlos, es desarrollar los contenidos pensando en el formato con el que se presentarán.

De esta forma se está rompiendo la tradicional estructura lineal con la que hasta ahora se ha presentado la información (por ejemplo; la clase en un aula). En el primer modelo hemos hablado de una estructura ramificada, aunque teniendo presente la secuencialidad lineal con la que en un principio el creador del contenido lo elaboró; en el segundo modelo se estructura la información por conceptos, partiendo de un mapa conceptual. Siempre se utilizará uno u otro modelo en función a la finalidad al cual irá destinado el material a elaborar.

Está claro que es el diseñador o estructurador de la información quien ofrece al usuario una serie de interconexiones entre los bloques o nodos de información (un sistema de interactividad y de navegación), pero es el usuario quien construye sus propios conocimientos o los amplía eligiendo aquellos que más le interesan o en función del interés, la curiosidad, la experiencia o la necesidad.

La utilización de estructuras no-lineales de contenido que en determinados niveles representa una de sus cualidades más potentes, en otras situaciones puede suponer



su mayor desventaja: la desorientación del usuario. Puede ocurrir que los usuarios se sientan incapaces de diferenciar entre niveles de importancia de los datos, de averiguar cómo hacer las conexiones necesarias y de cómo establecer la localización en una estructura no-lineal. Pero, para disminuir lo anterior, se pensó en crear un mapa de la totalidad del contenido del material, para que el usuario pueda acceder a él en el momento que desee.

Está claro que lo que se pretende es adaptar unos contenidos de las materias docentes a un tipo de soporte diferente del papel o de la clase misma. Preguntándonos siempre si el medio que utilizamos es el adecuado para alcanzar la finalidad que nos proponemos, y en qué situación se utilizarán esos materiales.

La calidad del material dependerá de la relación entre el desarrollo del material y las funciones que previamente se le hayan asignado. También dependerá de las funciones que deban cumplir (motivadora, portadora de contenidos, estructurante, etc.). Para ello se evaluará el material de manera conjunta, teniendo en cuenta todo aquello que haga más atractivo el material y más agradable y placentero su trabajo con ello, todo aquello que garantice un desarrollo serio y correcto de los contenidos, el diseño didáctico, etc. El objetivo de cualquier buen material para un ordenador no es el de sólo transmitir información y mucho menos transmitir sólo conocimientos, sino que las posibilidades tecnológicas permiten que los contenidos remitan a distintas fuentes, incluyan lecturas que se abran a múltiples posibilidades de reflexión, además que estimulan la investigación, elaboran conclusiones individuales, etc.

## **2.6.-Ventajas de la tecnología y del software**

*Los siguientes comentarios están dirigidos de manera general hacia las ventajas de la tecnología, software, espacios virtuales, multimedia, etc.*

Una de las grandes ventajas de la tecnología de hoy en día y del software en especial es que puede explotarse la simulación como un potencial creativo y educativo. No sólo desde el punto de vista de un o una serie de cálculos, sino desde el punto de vista del aprendizaje de conceptos, modelos, experiencias, etc. que el usuario puede acceder a éstos tantas veces desee como a su propio ritmo.

El aprendizaje a través de las simulaciones (aunque los programas hechos en este material son muy sencillos, no dejan de ser pequeñas simulaciones) es, sin duda, uno de los grandes potenciales educativos de la virtualidad. En las empresas se han realizado ya diversas experiencias en éste sentido. Se trata de crear ambientes, de reproducir situaciones, en las que los personajes, los estudiantes, deben tomar decisiones e implicarse en lo que sucede, en definitiva aprender. No cabe duda que



esta forma de actuar estimula la creatividad en los participantes y ayuda a prepararse para la vida real, aunque sea a través de espacios ficticios, no reales.

La organización (institución formativa) debe poner las posibilidades de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación al servicio del estudiante, es decir, al proceso de aprendizaje. La tecnología será un medio, un valor añadido, pero no una finalidad en si misma. Los entornos virtuales de aprendizaje deben ser el principal espacio de comunicación entre la comunidad virtual que forma la organización o institución de formación. Estos espacios deben permitir la relación de los estudiantes entre ellos, de los estudiantes con los profesores y de los profesores entre si, así como de cualquier miembro de la comunidad con la organización y viceversa.

Los entornos virtuales de aprendizaje es el lugar en el que se encuentran las materias de estudio, así como los materiales de aprendizaje. Los estudiantes, los profesores, etc. forman todos parte de la comunidad. Cada materia de formación debe disponer de una serie de posibilidades de trabajo: debates, foros, mensajes electrónicos, actividades, enlaces, etc. Los materiales de aprendizaje, como ya hemos observado, deberán permitir la interacción y la construcción colectiva del conocimiento.

La educación en la virtualidad necesita de una estructura particular; al igual que cualquier otra organización educativa, las organizaciones educativas virtuales deben gestionar tanto los procesos que afectan a los estudiantes (gestión académica) como los que afectan a la docencia (gestión docente). Pero la forma de hacerlo será diferente. Además, las organizaciones deberán gestionar también la producción o edición de materiales educativos.

La gestión de las organizaciones educativas virtuales deberá actuar en función de los siguientes parámetros:

a) No presencialidad. La organización virtual actuará en el ámbito de la asincronía, es decir de la no-coincidencia en el espacio ni en el tiempo. Esto condiciona, sin duda, su modelo organizativo y es una de las grandes ventajas.

b) Globalidad. Los procesos de gestión deben actuar de forma general en el marco de la organización. Los procesos deben ser coherentes entre si y de esta forma garantizar la cohesión organizativa de toda la universidad u organización. No se gestiona únicamente desde una perspectiva (estudiante, profesor, organización, etc.) si no que la organización virtual permite y favorece los procesos de gestión global, desde todas las perspectivas. Un mismo proceso organizativo puede –debe– ser afrontado desde diversas perspectivas según quienes sean sus usuarios, pero el resultado será siempre un proceso global.

*Es muy habitual inundar las pantallas de texto como si de páginas se tratara. La rápida evolución de las nuevas tecnologías ha abierto un amplio abanico de*



posibilidades para solucionar esta deficiencia tan comúnmente practicada. La digitalización de la información ha permitido que esta se haga más compartible, manejable en partes y transportable, que pueda ser presentada de numerosas maneras, textual, sonora, imagen estética o en movimiento, etc. y que se pueda acceder a ella a través de soportes y espacios de comunicación como la pantalla y así, a través de nexos o enlaces, establecer una interactividad entre ellas. De esta manera el receptor decide, totalmente o en parte, lo que va a recibir o leer en función de sus intereses o inquietudes.

Hace tan sólo unos pocos años era bastante improbable imaginar una situación en el mundo de la educación como en la que nos encontramos ahora. A menudo la tecnología al servicio de la educación ha sido vista por parte de muchas personas como un peligro, ahora sabemos que esa no es la intención del uso de la tecnología en la educación, sino que pretende la complementariedad con los métodos de aprendizaje y de docencia. Pero es verdad que todavía quedan ciertos temores entre los que se ve peligrar el papel del docente como el centro de todo proceso de aprendizaje, sin darse cuenta de que su papel como el de la tecnología, es el de facilitador, el de guía, el de medio al servicio del aprendizaje del alumno.

En los últimos años hemos asistido a un cambio importante en el mundo de la tecnología, concretamente en el de la tecnología de la información y de la comunicación, que está revolucionando la sociedad y lógicamente también el mundo de la educación. Nos referimos al fenómeno Internet. Internet que de por sí es un ámbito en el que predomina la información y la comunicación; entra de lleno en el espacio de la formación. Los espacios de virtualidad, es decir, el marco en el que las personas se comunican o se informan sin necesidad de coincidir ni en el espacio ni en el tiempo, van ganando terreno cada vez más ya sea como complemento a los espacios físicos de relación o incluso como sustituto en casos de necesidad. Los grupos de trabajo asincrónicos en empresas multinacionales, los centros de documentación accesibles las 24 horas del día y los 365 días del año, así como la comunicación directa entre personas en cualquier momento y desde cualquier lugar donde podamos acceder a una línea telefónica, es ya una realidad presente en nuestra vida cotidiana.

Los *campus virtuales* son la plasmación concreta del intento de situar en el marco de la virtualidad un espacio real que todos conocemos: un campus universitario. Bajo la premisa de poder hacer lo mismo en un espacio virtual que en uno físico los campus virtuales intentan dar a los alumnos el máximo de facilidades para acceder a la docencia, a la organización de la misma –aulas, matrícula, etc.– y a los demás espacios complementarios como la biblioteca, los servicios universitarios, etc.

La virtualidad no es una página Web bidireccional. La virtualidad es un espacio de creación compartido que, entre otras cosas, se puede concretar en un campus virtual. Educación y virtualidad se complementan en la medida en que la educación puede gozar de las posibilidades de creatividad de la virtualidad para mejorar o diversificar sus procesos y acciones encaminados a la enseñanza y al aprendizaje, mientras que la



virtualidad como sistema; se beneficia de la metodología de trabajo educativo y de comunicación, necesaria en aquellos casos habituales en los que la finalidad de la relación en la red sobrepasa la de la búsqueda de información.

Existen caminos diversos para llegar al mismo punto final: la educación de la persona. En la virtualidad, al igual que en la presencialidad, los distintos caminos conviven y se complementan. Las actuaciones educativas en las que tanto el educador como el educando sepan ser flexibles en el proceso y adaptar las metodologías y las didácticas a las necesidades educativas, al perfil de los componentes del proceso y al contexto de aprendizaje tienen una posibilidad de éxito bastante garantizada, así como un alto nivel de calidad formativa. Pero en la virtualidad deben cumplirse unos mínimos ya que la gran diferencia entre la presencialidad y la no presencialidad reside en que ésta necesita de la explicitación de los procesos y de las metodologías de aprendizaje, más que la presencialidad, y por ello la tarea debe estar siempre previamente diseñada y debe ser conocida por el estudiante.

La metodología educativa para entornos virtuales de aprendizaje debe estar centrada en el estudiante. No puede ser de otro modo, sobretodo teniendo en cuenta las características especiales de los estudiantes no presenciales.

Una de las cosas a la que hacíamos referencia en tanto que diferenciar entre la presencialidad y la virtualidad es la del ámbito de los materiales didácticos. El autor Nipper considera que han existido en la historia de los materiales educativos para la educación a distancia diferentes generaciones. La primera es la de los materiales por correspondencia en la que el medio es la escritura o el material impreso. La segunda generación es la de los materiales multimedia que se inicia en los años 60 y continúa hasta nuestros días. El autor sostiene que avanzamos hacia una tercera generación de materiales didácticos en la que la comunicación entre docente, estudiante y materiales es la clave. La realidad es que lenguajes como el HTML –es decir, el Web– permiten la realización de materiales interactivos en los que profesor, alumno y grupo de alumnos interaccionan y se comunican con fluidez.

A parte del modelo general de un material didáctico, que debe dar coherencia a la acción educativa, debemos trabajar en metodologías concretas de aprendizaje, o lo mejor todavía, en la adaptación de las metodologías convencionales de aprendizaje a los entornos virtuales. Métodos como es el caso, de los debates, o las exposiciones en clase, los mapas conceptuales, etc. que son altamente efectivos en el aprendizaje.





# CAPÍTULO 3

## DELIMITACIÓN DEL TEMA Y OBJETIVOS

---



### 3.-Delimitación del tema y objetivos

#### 3.1.-Delimitación del tema

La elección del presente trabajo para presentarlo como tesis para obtener el título de Ingeniero Químico en la Facultad de Química de la UNAM, surgió cuando el autor realizó su servicio social dentro del programa "Desarrollo de material didáctico para flujo de fluidos, transferencia de calor e ingeniería de proyectos" con la clave 2002-12/16-1520. Dentro de este programa, el autor desarrolló una serie de programas para flujo de fluidos en un lenguaje de programación que tienen vinculado todos los programas de Microsoft Office (Visual Basic para Aplicaciones), así que los sustentó en Excel para aprovechar los comandos y el potencial del mismo.

Durante el periodo del servicio social o más bien casi al final, el autor nota la necesidad de que los programas elaborados tengan algún sustento teórico, algún nexo o material que acompañe los programas para que éstos se puedan entender y aplicar mejor por el usuario. Es decir; que el usuario no tenga los programas como una "caja negra" en donde por un lado se le dan datos y por el otro devuelve resultados, sin comprender cómo se llegó a los resultados obtenidos.

Así pues, surge la idea de desarrollar y elaborar páginas Htm (con formato Web) que acompañen los programas. Estas páginas tendrán toda la teoría necesaria, gráficos, tablas, fórmulas, etc. para poder comprender cómo obtienen los resultados los programas, pero no sólo eso; sino la teoría que comprende todo un curso general de flujo de fluidos.

*Con lo anterior, se delimita el tema:*

El tema general sería: "Elaboración de material para un ordenador". Ahora bien, como son programas y páginas con formato Web llenas y relacionadas con hipervínculos y además algunas herramientas (ya se hablará de estas más adelante), este material se puede clasificar como material didáctico si recordamos lo escrito en los antecedentes. Y como se trata de la materia de flujo de fluidos, el tema lo llevamos de algo general a algo específico y puede quedar: "Elaboración de material didáctico para flujo de fluidos".

Pero sabemos que el área de flujo de fluidos es muy grande y este material sólo se enfocará a un curso general en la Facultad de Química de dicha materia impartida en un semestre, por lo tanto el tema se modificaría y quedaría: "Desarrollo de material didáctico para apoyar el curso de flujo de fluidos".

¿Por qué el cambio de la palabra "elaboración" por "desarrollo"? bueno pues, este material no sólo fue elaborado por el autor, sino que además de haber material que el autor creó, como se mencionó anteriormente, hay material que el autor recopiló, ordenó e integró con el fin de que ayude al usuario a comprender tanto el significado de las ideas, como las aplicaciones de éstas a situaciones del mundo real. De esta



forma al decir "desarrollo", el autor quiere decir "progreso", "perfeccionamiento", "avance", etc.

Por otra parte, en la delimitación del tema, también se tomaron en cuenta factores como los siguientes:

*Fuentes de consulta e información.* Afortunadamente la Facultad de Química de la UNAM cuenta con una basta biblioteca en donde se puede encontrar mucha información relacionada con flujo de fluidos en libros, manuales, enciclopedias, etc. Además de tener acceso a tesis pasadas, se cuenta con la hemeroteca en donde podemos encontrar revistas no sólo del presente año, sino de varios o muchos años atrás. Y como una fuente de información indispensable, por lo menos para el presente trabajo, es el Internet.

*Accesible en todos los sentidos.* Este factor es muy importante, por que no sólo se tiene que buscar que sea accesible la fuente de información y/o las técnicas para desarrollarse el material, sino que también sea accesible a las demás personas una vez terminado. Es por esto que este material está realizado de tal forma que se pueda revisar en cualquier ordenador, sin necesidad que tenga programas especiales o que esté conectado a la Internet para poder ver las páginas Htm (por ejemplo). Además, será un programa de libre distribución (de los llamados freeware) que se podrá copiar de un CD a otro como cualquier archivo. Y tal vez en el futuro se pueda "subir" a la red para que lo pueda "bajar" todo aquel que lo desee, en cualquier parte del mundo.

*Conocimiento previo del tema.* Es importante que se tenga un conocimiento previo del tema, puesto que puede ayudar a orientar el desarrollo de la exploración como los posibles métodos y/o enfoques que pueden ser factibles. El autor tiene los suficientes conocimientos técnicos para poder elaborar el material, utilizando Visual Basic para Excel para los programas, FrontPage para las páginas con formato Web, Html Help WorkShop para el archivo de ayuda y Visual Basic 6.0 para el programa general o principal. En cuanto a los conocimientos de flujo de fluidos, el autor, como ya se mencionó realizó su servicio social en ésta área, y además de tener las fuentes de información anteriormente señaladas, cuenta con el apoyo del asesor de tesis, el Ing. José Antonio Ortiz Ramírez.



### 3.2.-Objetivos

*Apoyar las clases, tareas y el estudio en general de la materia de flujo de fluidos.* Este es tal vez el objetivo más importante y significativo, puesto que de él se derivan algunos de los objetivos siguientes. El apoyo es directamente a los alumnos y al profesor, acortando un poco más la interfase alumno-profesor dándole apoyo al profesor con un material que se pueda proyectar en el aula y al alumno un material que pueda manipular y llevar a su casa y/o salas de cómputo para que lo pueda revisar con detenimiento.

*Hacer las clases más demostrativas, aplicar lo aprendido en las tareas y ejercicios, y de esta forma hacerlo más rápida y eficientemente.* Se presenta mucho el caso que los profesores quieren que los alumnos no sólo sepan aplicar muchas fórmulas, sino que puedan desarrollar y tener un criterio para saber qué se puede aplicar y por qué en algún caso en particular. Con los programas elaborados, se puede formar un criterio por ejemplo, al variar algún parámetro y observar cómo afecta al resultado, de tal forma que es más demostrativo.

Quando se elabora una tarea o un ejercicio, a veces se requieren realizar muchos cálculos (y en algunas ocasiones de iteración) para poder obtener el resultado. Es por esto que este material ayuda al alumno a realizar sus ejercicios y/o tareas más rápida y eficientemente y no se embroma en hacer cálculos matemáticos. Por lo tanto con este material el alumno podrá realizar, analizar y comparar rápidamente resultados de algún cálculo, que si se realizara por lo menos con una calculadora convencional, se tardaría varios ó muchos minutos en cada uno de ellos. Y puesto que la PC puede hacer cientos de cálculos rápidamente, el alumno no se detendrá a realizarlos y más bien, se concentrará en entender los conceptos que esté estudiando en ese momento.

*Divulgar y dar fácil acceso al material didáctico elaborado.* Este objetivo también es de gran importancia, ya que si no se divulga la existencia de este material; por muy bien que esté hecho, por muy bueno que sea, nadie lo utilizará. Es por esto que se dará una especie de publicidad dentro de la clase de flujo de fluidos para todo aquel que lo quiera utilizar. Además de lo anterior, tiene un fácil acceso: como se mencionó anteriormente será un programa de libre distribución y es tan fácil transportarlo y copiarlo como lo es transportar un CD y copiar una serie de archivos a la PC.

*Incrementar el papel de los recursos materiales en la enseñanza y aprendizaje del curso de flujo de fluidos y animar a su utilización.* Uno de los recursos materiales para la enseñanza y el aprendizaje de flujo de fluidos es el laboratorio de ingeniería química con que cuenta la Facultad de Química y últimamente los laboratorios de cómputo de la misma, pero desafortunadamente son los únicos (sin tomar en cuenta los libros y revistas). Lo que se pretende con este material es aportar de alguna manera algo más a estos recursos con que cuenta la escuela, utilizando un medio de comunicación cada vez más popular y práctico en la vida de un estudiante. Por ningún motivo se pretende desplazar a los libros, pero como cada vez más los estudiantes buscan información en



la computadora, se realiza este trabajo para animar de alguna forma a su manejo y utilización.

*Satisfacer la mayor parte de las necesidades del sector que hará uso del material.* En el proceso de elaboración del presente material, se realizarán las pruebas pilotos necesarias para que el autor junto con su asesor se den cuenta de las necesidades de los estudiantes de la materia de flujo de fluidos, que es el principal sector que hará uso del material.

*Estimular la observación y la imaginación.* El usuario tendrá que observar gráficas, dibujos, fotografías, animaciones, etc. y tendrá que apoyarse de su imaginación para poder comprender lo que el profesor explica y/o la página que esté viendo en determinado momento. De esta forma, se ayuda al usuario con imágenes, pero también se le fuerza un poco a imaginar cómo sería en la realidad lo que esté estudiando.

*Estimular la producción de soluciones posibles y alternativas.* Sabemos que cada uno de nosotros podemos proponer una solución diferente a algún problema que se nos presente, así como somos diferentes los seres humanos. De tal forma que con este material, el profesor puede pedir a los alumnos una alternativa de solución de algún programa o alguna aplicación posible del mismo. Estimulando de esta manera no sólo la observación, la imaginación y la producción de soluciones, sino la participación de los alumnos en clase.

*Los aprendizajes que propicia el programa obtendrán valor agregado en la medida en que los participantes realicen actividades en las cuales ponga en juego no sólo conocimiento sino también habilidades y actitudes que refuercen su proceso formativo.* Cada vez que los usuarios utilicen los conocimientos y/o habilidades adquiridos con el presente material, le dará un valor agregado a este material y cumplirá con uno de los primeros objetivos de todo aquel que elabora programas; que sus programas sean útiles, eficaces, y de la preferencia de los usuarios.

*Crear un material que plantea la necesidad de un alumno activo, propositivo y crítico para poder explorar el programa y si fuera necesario acudir a otras fuentes de información.* Con este material, se crea la necesidad y se estimula a que el alumno sea activo, curioso, con espíritu de investigador, para que pueda explorar el programa. Y como se mencionó en la delimitación del tema, este programa sólo es una parte de flujo de fluidos (tal vez lo más importante o fundamental), el usuario tendrá la necesidad (o por recomendación del autor en algunas ocasiones) de acudir a otras fuentes de información en dónde se profundice más un determinado tema.



# CAPÍTULO 4

## ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DEL MATERIAL

---



#### **4.-Estrategia para el desarrollo del material <sup>80-85</sup>**

##### **4.1.-Aprovechamiento del hardware y software existente para la elaboración del presente material.**

Uno de los problemas que enfrentamos en estos momentos en la enseñanza es la poca atención individual que se da al estudiante, ya que, debido al alto número de alumnos con los que se cuenta en las clases se hacen exposiciones generales comunes para todos y existe poca posibilidad de poder atender directamente sus preguntas, comentarios o proposiciones en los diferentes temas, esto conduce a que el estudiante tienda a condicionarse a aceptar silenciosamente lo expuesto, inhibiendo de esta manera toda posibilidad de desarrollar un espíritu crítico.

La ventaja que presentan los programas educativos computarizados es que pueden elaborarse de tal forma que establezcan una comunicación interactiva con el estudiante determinando él mismo la velocidad más adecuada para trabajarlos de acuerdo a sus características personales, capacidad y nivel de conocimiento. Pero con lo anterior, no se pretende desplazar de ninguna forma al profesor, desde el punto de vista del autor de éste material, el profesor siempre será indispensable; por muchos materiales o programas didácticos que haya.

Esta posibilidad de individualizar el proceso de enseñanza-aprendizaje que nos ofrece la computación representa importantes ventajas, pues puede permitirnos optimizar las capacidades de cada individuo al no tener que imponerles a todos los estudiantes el mismo ritmo, lo que es para los más hábiles motivo de aburrimiento y para los que tienen mayor dificultad frustración y decepción en dicho proceso.

La multimedia utilizada de forma coherente y responsable permite generar material didáctico: más expresivo y que mejore el aprendizaje haciendo participar a distintos sentidos en el proceso de captación de información más dinámico e interactivo más atractivo y divertido.

Sabemos que el desarrollo de la industria química en México es vital para la economía del país. La capacidad tecnológica de esta industria debe expandirse a manera de abastecer el incremento de la demanda de productos y de ofrecer un servicio competitivo. Una de las formas de lograr estos objetivos es preparar a los estudiantes de ingeniería para usar diversas herramientas computacionales disponibles y utilizadas en diseño de procesos, control de los mismos y optimización de recursos en la industria. La enseñanza de ingeniería de procesos mediante la modelación matemática de los mismos y la implementación de éstos en un software puede responder en cierta escala a promover el uso de las computadoras como sistemas de respaldo en la toma de decisiones de la Ingeniería Química.

La conceptualización de un proceso o equipo y el diseño e implementación del respectivo modelo matemático requiere el uso continuo de conceptos básicos de álgebra, cálculo diferencial, física, termodinámica, elementos de ingeniería y la



implementación de las ecuaciones fundamentales de transferencia de masa, calor y momento. Las ventajas de contar con la modelación matemática para solventar problemas en la industria química (entendiendo todas las ramas de ésta) pueden resumirse en los siguientes puntos:

- a) Mayor conocimiento previo de cómo debe funcionar una instalación.
- b) Menor cantidad de experimentación costosa y tiempo para solucionar problemas.
- c) Puede ayudarnos a evaluar el efecto de un cambio de equipo en una instalación hecha en la planta, antes de hacer la compra.
- d) Puede indicarnos posibles desviaciones respecto al funcionamiento óptimo de la instalación y nos permite extrapolar condiciones.
- e) Puede señalar alternativas de ahorro energético y control de procesos.

*Modelación* es la disciplina que permite expresar fenómenos y procesos reales en conceptos abstractos. Generalmente, el lenguaje matemático permite representar sistemas reales en una forma cuantitativa, explicando causas y efectos que de otra manera serían difíciles de visualizar. Por definición, todos los modelos son aproximaciones de la realidad y por lo tanto con una exactitud limitada por las suposiciones hechas para simplificar el proceso. Generalmente, la modelación de un sistema viene junto con numerosos conceptos tales como "simulación" y "control". En el lenguaje manejado por diversos especialistas de la materia y que es manejado en esta propuesta, simulación es la respuesta del modelo matemático una vez que el modelo ha sido programado. El control de procesos es una de las finalidades por las que se obtiene un modelo matemático, pero éste constituye un vasto campo de estudios que ameritaría por sí solo una tesis aparte.

La modelación matemática ofrece una alternativa menos costosa comparada con soluciones tradicionales para la evaluación de procesos de Ingeniería Química. Tómese por ejemplo la simulación de la operación de cualquier equipo. Existen constantes de diseño que afectarán el proceso de forma predecible y controlable, tales como (si es el caso) el área transversal de la tubería, el flujo de alimentación, las temperaturas, la velocidad del flujo, etc. Pero algunas variables de proceso son menos predecibles, ya que son dependientes del tiempo, la posición del fluido dentro del equipo o el gradiente de temperaturas entre el fluido usado para la transferencia de calor y el fluido que está siendo procesado. Algunas variables dependientes pudieran ser la temperatura del fluido, la viscosidad, la concentración de microorganismos o vitaminas, etc. El costo de diseñar e implementar una planta piloto para observar la relación entre las diversas variables, así como llevar a cabo las evaluaciones experimentales necesarias puede resultar poco atractivo para varias empresas, aun cuando el experimento se optimice mediante estrategias estadísticas. Una segunda limitante es que aunque los datos obtenidos resultarían útiles en ciertos casos, nuevos experimentos tendrían que diseñarse cada vez que se realizara una modificación al sistema. El uso de programas (software) es una opción que podría resultar más





atrayerente para la industria, si estos programas son de uso sencillo y permiten obtener las mismas respuestas que en un sistema experimental real. Aunque el costo de inversión para crear dicho programa puede ser en la mayoría de las ocasiones elevado, el empleo del mismo es definitivamente menos costoso que operar una planta piloto. Una de las características más atrayentes de este recurso es la posibilidad de uso continuo y la facilidad para implementar cambios en el programa de acuerdo con las variaciones requeridas por el usuario. La rapidez de cálculo es otra de las ventajas de esta técnica, especialmente si se desea emplear este programa en el control de parámetros de proceso.

En suma, un modelo es una representación de un proceso o sistema que toma en cuenta los atributos y propiedades que nos interesan para el seguimiento de un parámetro específico, sea éste la temperatura, deformaciones, flujo másico o caídas de presión, etc. Hay diferentes tipos de modelos, como los físicos (maquetas, plantas piloto), los conceptuales (dibujos) y los matemáticos. Esos últimos son representaciones de un sistema mediante una o varias ecuaciones que relacionan las entradas, salidas y acumulaciones de materia, energía o movimiento hacia o del sistema. Los modelos matemáticos son de interés en todas las ramas de la ingeniería, ya que podemos obtener un programa o "software" que genere predicciones del parámetro que nos interesa seguir en diferentes escenarios de operación, que podemos cambiar a nuestro antojo. Esto es; nos permite simular un equipo o proceso para responder a la pregunta: ¿Qué pasaría si...? sin necesidad de pasarnos dos días en el laboratorio o planta piloto, con los subsecuentes gastos de experimentación.

La creación de software científico exitoso es una combinación de ciencia y arte. La metodología está basada en numerosos pasos propuestos por varios expertos en la materia, pero de ninguna forma es única: pueden existir otras metodologías útiles para el desarrollo de software científico. Sin embargo, la propuesta presentada aquí engloba los pasos principales. Nos centraremos en una explicación detallada de esta metodología.

### *1. Visualización de modelo físico*

Es la realidad física del sistema que se desea modelar para implementar el software de simulación. Este paso constituye la evaluación inicial del problema, que contesta a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué quiero modelar? Es decir, la delimitación del sistema.
- 2) ¿Qué respuestas deseo encontrar? Un software científico debe ser general, pero todos los programas tienen ciertos límites establecidos en base a los objetivos planteados al crear el software.
- 3) ¿Qué balance costo/beneficio estoy dispuesto a pagar para obtener el modelo? A menudo, este balance se refiere a costo computacional (tiempo de programación, esfuerzo requerido en base a la complejidad del programa, cantidad de datos a alimentar, etc.) en función de la exactitud requerida.



## II. Modelo conceptual

Esta es la idealización del problema según el objetivo del modelo, que comprende los siguientes pasos:

- 1) Análisis de los fenómenos del proceso/equipo/sistema. ¿Cuáles son los fenómenos que afectan al sistema?, ¿Qué grado de complejidad debo de emplear para cada fenómeno?, ¿Existen fenómenos que pueden ignorarse?
- 2) Establecimiento de mecanismos predominantes. ¿Cuáles son los fenómenos que nos interesan modelar con mayor énfasis?, ¿Cuáles son los mecanismos predominantes de dichos fenómenos? Por ejemplo, si nos interesa analizar el transporte de energía, debemos de analizar los mecanismos por los cuales la energía se transporta y la relevancia de cada uno de éstos.
- 3) Implementación de simplificaciones para obtener el modelo más simple posible. Si existen fenómenos despreciables y mecanismos no significativos, éstos no serán requeridos dentro del modelo conceptual. Para los mecanismos relevantes, es necesario determinar el grado de complejidad que deseo agregar para modelar dichos mecanismos, de acuerdo al balance costo/beneficio del inciso I. ¿Debo manejar más de un espacio dimensional o es suficiente con una dimensión?, ¿Existen variables que son dependientes del tiempo?
- 4) Obtención del diagrama esquemático del modelo conceptual. La realidad física y la concepción de un modelo difieren de acuerdo al grado de simplificación realizado en las etapas previas: por ejemplo, si se estudia un flujo bifásico alimentado a un tanque, desde el punto de vista de energía puede modelarse que ambos flujos viajan separados desde el principio y que se separan instantáneamente una vez que llegan al tanque, aunque la realidad física indique que entran mezclados y existe un tiempo de separación de fases. El diagrama conceptual ayuda a visualizar las simplificaciones hechas previamente.

## III. Modelo matemático.

La parte de modelación matemática consiste en la traducción del modelo conceptual a una serie de ecuaciones. Comprende las siguientes acciones:

- 1) Establecimiento de las ecuaciones que gobiernan el sistema: por ejemplo, la Ley de Fourier, Ley de Fick, etc, en una o más dimensiones y estableciendo si el sistema es dependiente del tiempo. En base al paso II descrito anteriormente, las ecuaciones gobernantes pueden ser escritas como ecuaciones algebraicas (si es que existe una solución analítica para ellas) o pueden expresarse en ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales, que pueden resolverse por métodos numéricos (si es el caso).
- 2) Clasificación de los términos de las ecuaciones en variables dependientes, variables independientes, constantes y variables consecuenciales (aquellas que cambian en función de la variable dependiente).
- 3) Organización de ecuaciones en jerarquías: básicamente hay dos categorías de ecuaciones: i) primarias, o las ecuaciones motor del modelo; la solución analítica o numérica gira alrededor de estas ecuaciones; ii) secundarias, o rutinas que resuelven variables consecuenciales. Esta organización es un primer esbozo de la estructura del programa final.
- 4) Resolución de ecuaciones. Como ya se mencionó, la resolución específica del conjunto de ecuaciones puede ser analítica o numérica. En el caso de soluciones



numéricas, debe evaluarse la exactitud, estabilidad y rapidez de la solución planteada, a fin de seleccionar el método más adecuado para el software en cuestión.

#### IV. Programación del modelo.

La traducción del modelo matemático a un lenguaje de programación puede ser realizada mediante las siguientes acciones:

1) Establecimiento de secuencia de cálculo. La jerarquía empleada en el inciso 3 del punto anterior es útil para un primer agrupamiento de rutinas. Sin embargo, aún no indica la lógica de cálculo de parámetros. Un diagrama de flujo de los cálculos mostrando la lógica a seguir en excepciones y eventos es ampliamente recomendable antes de hacer cualquier intento de programación.

Independientemente del tipo de lenguaje a usar, la lógica y secuencia de operaciones es la misma. La organización de estructuras es uno de los esfuerzos más compensados cuando se empieza a programar.

2) Selección de lenguaje de programación. Hoy en día existen numerosas opciones de lenguajes avanzados. En décadas pasadas, el lenguaje FORTRAN se instituyó como estándar para software científico y existe una variedad de rutinas en la literatura escritas en FORTRAN. Aunque este lenguaje sigue siendo popular, ha perdido terreno respecto a lenguajes compatibles con programación orientada a objetos, como C++, Modula, TurboPascal, y otros. Otras opciones son las versiones de lenguajes estructurados para plataforma Windows, como VisualBasic, VisualC++ y Delphi. En esencia, siguen la misma estructura de lenguaje que sus predecesores de plataforma DOS, pero proporcionan ambiente Windows a las aplicaciones creadas. En cuanto a los parámetros de selección del lenguaje apropiado, la primera observación es: para software científico creado por los usuarios finales, el usuario/programador se sentirá más seguro empleando el lenguaje que maneja mejor. Las excepciones a la regla anterior ocurren si existen requerimientos especiales de memoria, rapidez, alimentación de datos, estructuras especiales como diseño orientado a objetos u otros. En estos casos, el programador deberá considerar aprender otro lenguaje de programación que soporte estas facilidades.

3) Programación del modelo. Dentro de la práctica de programación formal, debemos de considerar lo siguiente:

-Una de las finalidades en programación es obtener códigos claros y eficientes.

-El uso de comentarios para aclarar el significado de líneas importantes del programa clarifica significativamente el programa. Si una rutina se está empleando para dar la solución numérica, generalmente es bueno señalar dónde se llama dicha rutina.

-Al declarar variables en el programa es importante definir explícitamente el significado de éstas. Por ejemplo, si se está declarando una variable P\_1 para una presión de un flujo 1, puede expresarse como comentario, mencionando también las unidades empleadas (Aunque en Visual Basic –lenguaje que el autor emplea para el presente material- no es necesario declarar variables si son programas pequeños).

-El uso de nombres significativos para las variables declaradas es muy útil, sobre todo para personas involucradas en un proyecto de programación que no necesariamente son los autores principales. Por ejemplo, si se define una



temperatura inicial como ADato1, difícilmente podremos reconocer que se trata de una temperatura. Probablemente T<sub>ini</sub> sea más significativa. Los nombres largos pueden dificultar en algunas ocasiones la lectura del código y algunos lenguajes como FORTRAN soportan solamente 6 caracteres, pero en TurboPascal, C++ y otros no se presenta esta limitación.

-La interpretación de errores del compilador del lenguaje empleado es importante. Algunas veces, el compilador señala un error en una línea determinada y de hecho, el error puede localizarse en una línea previa, sólo que el error se hizo evidente por la cláusula declarada después. Los errores de programación (frecuentemente llamados bugs) más simples serán detectados por el software de programación de la misma forma que un procesador de palabras verifica la ortografía de un documento. (Sólo hay que recordar que el procesador detecta errores ortográficos y no la coherencia del documento!).

#### V. Verificación

Esta es la fase en la que se verifica la coherencia del documento; es decir, la lógica del programa respecto al modelo inicial propuesto. Ahora, sólo recuerde que esta fase chequea que su programa se apegue a su idea original. (No pone a prueba su validez teórica!).

A grandes rasgos, se pretende asegurar la correcta implementación de las ecuaciones en el modelo matemático en el programa, mediante las siguientes acciones:

-Si el programa contiene una solución numérica a un problema, puede probarse la simplificación del problema para hacer posible la obtención de una solución analítica y comparar los resultados de ambos procedimientos (haciendo la simplificación correspondiente en el programa). Notar que si hay una solución exacta al problema, entonces el modelo puede ser validado teóricamente.

-Si hay diferencias obvias entre solución analítica y numérica, existen errores en la lógica del programa (incertidumbre de software) y se requiere un proceso de búsqueda y solución de errores dentro de la estructura del programa, llamado debugging. Este proceso tiene mucho de arte, la única forma de aprender los posibles mecanismos de falla es la práctica.

#### VI. Validación

Esta es la evaluación de qué tan correcto fue la propuesta de los modelos conceptual y matemático en base a resultados experimentales y/o simulados. Es decir, prueba la validez teórica de la idea completa, plasmada en el software final. Esta característica se denomina confiabilidad. Desde luego, esto implica tener una segunda respuesta que actúe como un estándar adecuado de la realidad para comparar y asentar la exactitud del software bajo prueba. Dependiendo de la naturaleza de éste estándar, la validación puede ser de dos tipos: i) teórica, que implica tener un software probado en repetidas circunstancias y que demuestre ser confiable para ese tipo de problemas; el nuevo software es comparado contra el estándar; ii) experimental, que se realiza si no hay un software estándar disponible y consiste en realizar un número de experimentos determinados para contrastar la respuesta real contra la simulada.



En ambos casos, se realizan las siguientes acciones:

- 1) Selección del (os) escenario(s) de simulación de interés, usando sentido común y herramientas estadísticas. Esto implica la selección de variables de interés, niveles de variación, y todos aquellos parámetros de interés para las simulaciones de prueba.
- 2) Realizar simulaciones con el software bajo evaluación, usando los escenarios (corridos) seleccionadas previamente.
- 3) Realizar corridas simuladas con el software estándar o las pruebas experimentales bajo las mismas condiciones.
- 4) Evaluar la diferencia entre las respuestas estándar y simuladas. Es evidente que si la diferencia es del 40%, difícilmente el software diseñado cumplirá los objetivos para los que fue creado. En muchos casos, una diferencia del 10% aun es inaceptable, dependiendo del uso final del software. Si la diferencia entre respuesta estándar y simulada no es tolerable, se requerirá re-plantear la experimentación, a fin de verificar si la fuente de error es el software o la experimentación. Si la experimentación fue realizada en condiciones correctas, todo indica que se realizó un error en la fase conceptual del modelo, el error es atribuible a la incertidumbre del modelo y el ejercicio de modelación debe repetirse, revisando cuidadosamente las simplificaciones hechas al proceso. En ambos casos, debe realizarse un análisis de sensibilidad, que consiste en la identificación de variables experimentales y/o del software a las que se pueden atribuir el mayor efecto en la respuesta.
- 5) En el caso de que el software prediga con exactitud las respuestas estándar, deberán establecerse los límites de uso del software. Todo software científico es limitado, pero un buen software será lo más general posible y abarcará una amplia gama de situaciones prácticas.

#### *VII. Aplicación del modelo y mantenimiento del software*

Una vez terminado, el software pasa a través de una verificación continua por el usuario, que seguramente descubrirá errores menores, formas nuevas y más eficientes de programar las rutinas y probablemente nuevas aplicaciones. Esto, dependiendo del fin de la creación del software. Existen programas que serán creados para un fin específico y desechados una vez que hayan sido empleados, pero hay también programas que se ejecutan en numerosas ocasiones por diferentes usuarios. Tómese por ejemplo el software PHOENICS, que empezó como un proyecto de doctorado y hoy en día es empleado en varias universidades del mundo para el estudio computacional de fluidos.

En software profesional de vida larga, el mantenimiento es uno de los costos más significativos involucrados en el costo total, alcanzando a veces más del 60%. En software pequeño (5,000 líneas o menos), los costos de mantenimiento disminuyen, ya que la vida útil del programa es generalmente corta. Sin embargo, el mantenimiento es un rubro de importancia para justificar la programación clara y estructurada, con comentarios e identificación, a fin de hacer más fácil la labor del próximo programador encargado del mantenimiento del software.



Una vez creado el software, el proceso de mejoramiento no termina nunca. Siempre existirán formas mejores de programar, de calcular o sistemas más eficientes de alimentación de datos. La retroalimentación de otros usuarios es generalmente valiosa para los procesos de mantenimiento y mejora.

Ahora bien, ya que se ha explicado cómo es que se puede aprovechar el software y su utilidad para el proceso enseñanza-aprendizaje, y no sólo eso, sino cómo elaborar un software científico (visto de una forma rápida, general y práctica, ya que esto no es el centro del presente trabajo). A continuación, se explicará brevemente y de manera general el uso y características de los distintos softwares que el autor utilizó para la elaboración del presente material didáctico. (Aunque irremediablemente se mencionarán términos técnicos que tal vez no sean del dominio de toda persona, el autor no quiso dejar de mencionar los programas que se utilizaron).

#### **Para el archivo de ayuda:**

Microsoft *HTML Help WorkShop*, es el próximo paso en sistemas de ayuda en línea tanto para aplicaciones de escritorio como para las aplicaciones o páginas basadas en Internet o Intranet. Este nuevo sistema será en un futuro cercano el reemplazo del sistema WINHELP.

¿Qué es un sistema de ayuda basado en HTML?. Es un nuevo conjunto de estándares para la ayuda en línea. Los sistemas de ayuda basados en HTML están diseñados para proveer una alternativa para desplegar ayuda en línea (en el momento) e información de sistemas. Está basado en el estándar abierto HTML y extendido con la tecnología Active X que toma mucha ventaja de la última tecnología disponible en Internet.

La más obvia diferencia entre un sistema de ayuda basado en HTML y WinHelp (el sistema de ayuda anterior) son sus formatos fuentes. WinHelp usa archivos de Formato Rico en Texto (RTF) como archivos fuentes, mientras Microsoft HTML Help usa archivos HTML con guiones avanzados (Java Script o Visual Script) y tecnología ActiveX. Esto significa que muchas de las nuevas características de las interfaces disponibles para los autores Web están disponibles para los autores de ayudas. Lo anterior en otras palabras; el archivo de ayuda estará basado en hojas o páginas con formato Web, así que el usuario verá la información en páginas de una forma ordenada y con todas las ventajas que tienen éste tipo de páginas. Además, éste sistema permite tener una organización ramificada de los temas de ayuda, que es otra gran ventaja.

Esto no quiere decir que el realizar sistemas de ayuda basado en HTML, sea muy sencillo, al contrario se requiere tener conocimientos intermedios de los archivos HTML, ventanas en Windows 95/NT.



### Para los archivos htm (formato Web):

*FrontPage* es una herramienta básica para el diseño y construcción de páginas html. Funciona básicamente con el navegador Explorer. Una de las principales ventajas de *FrontPage* es la generación automática de código html, a través de una interfase amigable, mediante la cual puedes "dibujar" el sitio, sin necesidad de programación.

Al igual que los otros programas de Windows 95, el Editor acepta ingreso de información a través de *Copiar* y *Pegar*, para poder incluir información presente en algún archivo de nuestra PC. Si queremos incluir en nuestras páginas archivos enteros de la familia Office, también podremos hacerlo rápidamente, a través de la operación *Arrastrar* y *Soltar*, desde el Explorador de Windows.

Tiene la opción de vista previa; esta opción, que se encuentra en el menú Archivo, nos permite ver la página Web activa en cualquiera de los navegadores instalados en nuestra PC; además de poder escoger la resolución a la que queremos visualizarlo.

Es de navegación similar al Web; el editor nos permite ir cambiando la página activa a través de botones de navegación de forma similar a los navegadores Web; esto hace nuestras tareas más fáciles y rápidas, disminuyendo el tiempo de aprendizaje.

### Para el programa principal:

*Visual Basic 6.0* es un lenguaje de programación visual, también llamado lenguaje de 4ª generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla. *Visual Basic 6.0* es también un programa basado en objetos, aunque no orientado a objetos como C++ o Java. La diferencia está en que *Visual Basic 6.0* utiliza objetos con propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia y polimorfismo propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos como Java y C++.

*Visual Basic 6.0* es uno de los lenguajes de programación que más entusiasmo despiertan entre los programadores de PCs, tanto expertos como novatos. En el caso de los programadores expertos por la facilidad con la que desarrollan aplicaciones complejas en poquísimo tiempo (comparado con lo que cuesta programar en Visual C++, por ejemplo). En el caso de los programadores novatos por el hecho de ver de lo que son capaces a los pocos minutos de empezar su aprendizaje. El precio que hay que pagar por utilizar *Visual Basic 6.0* es una menor velocidad o eficiencia en las aplicaciones, pero aún así, es un potente programa.



#### **4.2.-Facilidad de manejo del material elaborado.**

*Nota: Se recomienda haber visto previamente por lo menos de manera general, el material o programa elaborado.*

Uno de los grandes retos de todo aquel que desarrolla material didáctico y en éste caso software, es el crear un trabajo lo más simple y sencillo posible. De esto depende la mucha o poca utilidad que le dé el usuario al material, ya que si es complejo, por muy completo que éste sea, el usuario perderá rápidamente el interés de utilizarlo y por lo tanto, el material perderá su función como material didáctico y su valor agregado. También, se puede observar que si un software es complejo, el usuario no explota todo el potencial del mismo y sólo lo ocupa en tareas sencillas. Un ejemplo de lo anterior es los muchos cursos de paquetería que se ofrecen actualmente a todo tipo de personas, para que puedan aprovechar al máximo los programas (paquetería que supuestamente todo mundo maneja y que si nos ponemos un poco estrictos muy pocos los manejan por completo, por ejemplo los de la familia Microsoft Office).

Otro de los intereses del autor del presente material para la habilidad del manejo del mismo, es la facilidad que tiene que tener la estructura para presentar la información. Esto es muy importante, ya que si no se tiene una buena estructura, puede llegar un momento que el usuario se pueda confundir o "bloquear" con tanta información por estar mal organizada o simplemente por que es demasiada información. Por ejemplo, algo que le pasa a muchas personas y se nota frecuentemente, es que dejan de utilizar los archivos de ayuda de los programas de la familia Microsoft Office (se mencionan estos programas, por que son de los más comunes y conocidos por cualquier persona). Y los dejan de utilizar por que cuando recurrían a ellos, era tanta información "conectada" entre sí por infinidad de hipervínculos que abren más información, que después de unos minutos de estar tratando de llegar a una respuesta de una duda que se tenía en un principio, resulta que al final se tienen más dudas!! Lo anterior no quiere decir que sean programas no eficaces (sólo hay que darse cuenta del éxito de los mismos) sino más bien, el autor creé que es por la falta de conocimientos técnicos de los programas y la extensión de los mismos; y que para comprenderlos hay que revisarlos con un poco de calma y tiempo (cosas que desafortunadamente no se tiene mucho hoy en día).

También es importante para la facilidad de manejo del material el que éste sea lo más intuitivo posible. Este aspecto es de gran importancia (como todos), ya que un software que es diseñado para poder manejarlo sin la necesidad de un instructor a nuestro lado, sino más bien utilizando nuestra intuición, es un software eficaz. Solamente se necesita que el usuario tenga un poco de experiencia previa con programas en ambiente Windows y algún explorador de páginas Web como Explorer, ya que es muy difícil que los alumnos y profesores de la Facultad de Química no tengan.





De tal forma que; tomando en cuenta lo anterior, el presente material estará sustentado en páginas Htm, las cuales tendrán una "subpágina" en el costado izquierdo de todas y cada una de ellas, en las cuales el usuario se desplazará por medio de hipervínculos. La información estará perfectamente organizada y separada, para que el usuario pueda manejarla mejor, además contendrá una especie de "mapa general" en el cual estarán todos los temas y subtemas enlistados en el mismo orden en que se presentan desarrollados. Con esto, se asegura que el material es muy sencillo en cuanto a su estructura y manejo del mismo.

Los programas en Visual Basic para Aplicaciones (sustentados en Excel), también se realizaron cuidando de que fuesen lo más sencillos, de fácil manejo e intuitivos como fue posible. De esta forma, no sólo se cuidó de la información en las páginas Htm, sino también en los programas.

#### **4.3.-Impacto de gráficos ilustrativos hacia el usuario.**

Una composición gráfica es un conjunto de elementos textuales y/o gráficos que trabajan conjuntamente para transmitir una información o un mensaje, a los espectadores o usuarios finales.

En este trabajo, los contenidos gráficos no sólo aportan aspectos visuales y estéticos, sino que su presencia, sus formas y colores, afectan profundamente a la información ofrecida por los elementos textuales, reforzando su impacto final sobre el espectador.

Una imagen bien seleccionada y situada correctamente en el documento centra la atención del lector y añade significado al mismo. Las imágenes se presentan en una gran variedad de formas: ilustraciones, fotografías, diagramas, iconos, etc. cada una de ellas con su propia personalidad y funcionalidad, pero todas ellas con un factor en común: ayudar al impacto de las ideas hacia el usuario.

En realidad el uso de gráficos también tiene la finalidad de simplificar la creación de páginas Web (en éste caso, el presente material) y hacerlas entretenidas y atractivas. Es decir, podemos abrir un archivo o una página Web y encontrarnos con un fondo blanco y un largo texto con color y forma uniforme a lo largo del mismo. O podemos abrir otro archivo con un fondo de color (tal vez con alguna textura) y un texto en el cual los títulos tengan otro color y tipo de letra del resto del mismo, los diferentes apartados o capítulos, estén separados definitivamente, las ideas importantes estén en "negrillas" u otro color y además de todo esto, gráficos y/o imágenes situadas en lugares precisos (¿verdad que no es lo mismo?).



La implementación de éstos gráficos permite al usuario iniciar un flujo de trabajo productivo y eficaz desde el primer momento. El aprendizaje y asimilación con ayuda de un gráfico, es más rápido que sin él, de tal forma que el usuario comprenderá rápidamente desde los primeros momentos de la utilización del material. Por ejemplo, en la sección "Sistemas de bombeo", tema "Bombas", subtema "Clasificación" del presente material, se puede encontrar una serie de gráficos con movimiento representando los principales tipos de bombas, los cuales muestran de una forma sencilla su funcionamiento, ayudando al usuario a comprender por qué se llaman y clasifican así.

Pero esto no es nuevo, hace algunos años en donde ya se empezaba a notar la gran importancia de las páginas Web en el Internet en el campo del comercio ("e-commerce") un alto funcionario de una empresa de software dijo lo siguiente:

"En la Internet de hoy, dominada por el e-commerce, la competencia por atraer la atención es feroz. Los diseñadores tienen la necesidad de incorporar animaciones, interactividad, sonido y video de alta calidad y otros avances tecnológicos para que sus sedes Web destaquen entre la multitud", dijo Hank Skorny, director senior de Internet Productos Group Adobe

Lo anterior reafirma que un material con animaciones, interactividad, sonido, etc. resulta ser mucho más atractivo a los usuarios que uno que no lo tenga, y por lo tanto tendrán más contacto con él.

El material didáctico se elaboró para que el alumno interrelacione e integre distintas fuentes de información, intentando hacer comprensible el material y despertar el interés mediante ilustraciones gráficas, diagramas, esquemas, etc. El material no sólo es para que les sea más atractivo a los usuarios, entre otras cosas, también es para que integren distintas fuentes de información y conocimientos adquiridos previamente, a la hora de utilizarlo.

Ahora bien, ya hemos hablado de la importancia que pueden tener los gráficos y/o ilustraciones en un texto y/o viceversa, pero ¿qué tanto de texto se puede poner en lugar de ilustraciones?, o en el caso del presente material ¿qué tantas ilustraciones se pueden poner en lugar de texto?, y ¿cómo poder hacer una buena combinación entre ambas cosas?. A continuación se harán algunos comentarios acerca de esto, que el autor tomó en consideración:

### *Ilustraciones vs palabras*

- Las ilustraciones son particularmente interesantes comparadas con las palabras, éstas últimas, no generan tanto interés como las cosas en sí, pero son las ideas transmitidas a través de las palabras las que importan y pueden dar sentido a una ilustración. De este modo, las ilustraciones pueden atraer o distraer al lector.



- Las ilustraciones son adecuadas para transmitir mensajes concretos y para proporcionar un material de apoyo cuando se enseña un concepto, como una forma de evitar confusiones técnicas, y para enviar conceptos visuales y espaciales (por ejemplo, el tamaño relativo de los objetos).
- Las palabras son adecuadas para transmitir mensajes abstractos y para comunicar conceptos que ya se han aprendido, así como para transmitir propuestas.
- Las ilustraciones y los diagramas son adecuados para transmitir ideas que tienen que ser consideradas simultáneamente, estas permiten que los principiantes puedan hacer múltiples discriminaciones y/o comparaciones fácilmente.
- Las palabras posiblemente son mejores para transmitir ideas que tienen que tratarse secuencialmente cuando el orden de las mismas es crítico, por ejemplo un poema o un conjunto de instrucciones.
- Los dibujos no deben utilizarse cuando la información puede transmitirse fácilmente con palabras.
- Las ilustraciones de un proceso que involucra pasos separados o acciones, deben tener por lo menos dibujos o marcos individuales como sus principales pasos o acciones.
- Las ilustraciones funcionan mejor con títulos. Etiquetar las ilustraciones ayuda a su clasificación y a que se recuerden con el tiempo.
- Las personas se sienten atraídas por la complejidad relativa y el cambio.
- Las ilustraciones pueden alertar sobre problemas de ambigüedad, sentidos literales y figurados, señales profundas, acción, cambios en la escala, etc.
- Para leer las ilustraciones, las tablas, los diagramas, las gráficas, y los símbolos hay que enseñarle a la gente. Las personas tienen que aprender a interpretar los conceptos de las ilustraciones de la misma forma como aprenden a leer. Los autores y los diseñadores deben por consecuencia conocer el grado de experiencia de sus potenciales lectores.

*Con todo lo anterior, se hacen los últimos comentarios con respecto a éste tema:*

Atrás quedaron los tiempos en que las composiciones gráficas eran un compendio de elementos individuales separados, que el impresor tenía que montar con todo su arte para crear una entidad única. Los modernos equipos informáticos y las aplicaciones de autoedición, diseño gráfico, diseño industrial y diseño Web han hecho posible reducir todos los elementos participantes en una composición cualquiera a sucesiones de dígitos binarios fácilmente encajables entre sí. De tal forma, que se aprovecha los adelantos técnicos y tecnológicos accesibles al autor del presente trabajo para poder adjuntar gráficos al mismo.

A la hora de trabajar con elementos gráficos, el primer paso será recopilar los que necesitemos para nuestro trabajo, usando diferentes fuentes y técnicas para ello:



escaneado de documentos, ilustraciones o fotografías en papel, creación directa mediante programas de diseño gráfico, obtención de fotografías, utilización de gráficos y fotografías ya existentes, etc.

Normalmente, estas primeras versiones de nuestros componentes gráficos no se adaptarán a nuestras necesidades al 100%, por lo que será preciso un posterior trabajo con programas de retoque de imágenes para conseguir esas características finales buscadas. Se utilizaron programas como Corel Draw 5.0, Paint 5.1, Visio 2002, AutoCAD 2002 y Microsoft Foto Editor 3.01, aunque algunos se utilizaron con mayor proporción con respecto a otros.

Conforme eran obtenidas las versiones finales de nuestras imágenes se nombraron y almacenaron, de tal forma que puedan ser localizadas y estar disponibles en cualquier momento.

Por último, se montaron en el material todos los elementos gráficos y/o textuales, utilizando para ello algún programa de autoedición o diseño Web, como ya se mencionó, se utilizó FontPage.

#### **4.4.-Selección, recolección y registro de la información de diferentes fuentes.**

La recolección de la información debe realizarse utilizando un proceso planeado paso a paso, para que de forma coherente se puedan obtener resultados que contribuyan favorablemente al logro de los objetivos propuestos.

Si en el proceso investigativo, la obtención y recolección de la información no se realiza sistemáticamente, siguiendo un proceso ordenado y coherente, que a su vez permita evaluar la confiabilidad y validez tanto del proceso mismo como de la información recolectada, ésta no será relevante y por lo tanto no podrá reflejar la realidad que se pretende describir.

La búsqueda de la información se realiza con base en los elementos del problema (en éste caso, en las necesidades que surgieron para la elaboración del presente trabajo), el planteamiento de preguntas relevantes (no necesariamente para mantenerlas sino para orientar la búsqueda de información), y las variables que intervienen en el proceso de elaboración del material.

Una vez identificadas las necesidades de información se pueden realizar tres actividades estrechamente relacionadas entre sí:

- la primera se refiere a la selección de las técnicas de recolección de información.
- la segunda se relaciona con la aplicación de estas técnicas.
- la tercera concierne a la preparación o codificación de la información obtenida en busca de facilitar su análisis.



Elaborados y/o establecidos las técnicas de recolección de información, se recomienda realizar su evaluación, en primer lugar por medio de una prueba piloto. La prueba piloto es crucial ya que permite probar en el campo las técnicas. Los resultados de la prueba piloto usualmente sugieren algunas modificaciones antes de realizar el estudio a escala completa.

Paralelamente se recomienda realizar la organización y planeación del manejo de la información. Para ello se elaborará un esquema de cómo se va a procesar cada pieza de la información. En un proceso investigativo se puede generar gran cantidad de información, de ahí que un plan bien preparado para el manejo de los datos sea de gran importancia.

Este plan debe incluir los pasos para el procesamiento de los datos, desde el momento de su toma en el campo (bien sea de un libro, revista, manual, Internet, etc.) hasta la culminación del análisis de esa información recolectada. Se recomienda incluir también una especie de esquema de control de calidad para verificar la correlación entre los datos ya procesados y los datos nuevos recolectados en el campo.

La técnica de recolección de información fue la siguiente:

Se plantearon las necesidades de información particular, es decir, de un tema en específico. Una vez que se conoce de qué se requiere información, la primera fuente de investigación son los libros. En éstos, se puede encontrar gran cantidad de información desde información muy básica y a veces hasta un poco especializada (se incluyen manuales), una vez que se tiene la primer información, se realizó una lista de "subtemas" que en conjunción forman el tema principal. Con ésta lista, a cada "subtema" se amplía la información buscando en el Internet, con el objetivo no sólo de encontrar más información, sino de encontrar gráficos, fotos, ilustraciones, que puedan acompañar el texto que posteriormente será seleccionado y procesado de todo lo que se encontró (tomando en cuenta las restricciones y comentarios del punto 4.3). De ésta forma, se "etiquetan" y agrupan todos los elementos visuales para su posterior selección y procesamiento.

Después de esto, se selecciona la información que se colocará en el material, ya que mucho del material recolectado, se repite varias veces o es muy adelantado o específico, y no sería apropiado para un material destinado a alumnos que tendrán su primer contacto con flujo de fluidos. Una vez seleccionada la información, se seleccionan los gráficos que la acompañarán no sin antes pasar por un editor de gráficos (se habló de esto en el punto anterior). Cuando ya se tienen tanto la información como los gráficos (si los hay), se comienza a "vaciar" todo en el editor de páginas Web, diseñando y tratando de perfeccionar cada vez más la presentación de la información en conjunto.

Lo anterior se repite con cada uno de los temas, es decir, se busca información de un tema completo y no de subtemas separados, con el fin de tratar de relacionar y llevar una jerarquía de información entre los subtemas para que en conjunción hagan un tema general ordenado, explícito y por consecuencia agradable al usuario.



*Nota: En realidad poca de la información utilizada en el presente material proviene de las revistas y/u otras fuentes que no sean libros y el Internet. El autor notó que en la información de las revistas, casi siempre dan por hecho que uno como lector, ya tiene experiencia en flujo de fluidos y presentan nuevas técnicas, métodos, modelos matemáticos, etc. explicándolos de una forma que alguien que apenas comienza a conocer de éste tema, le sería muy difícil de comprender. Pero a pesar de lo anterior, el autor realizó algunos programas basados en artículos de revistas.*

#### **4.5.-Planteamiento para satisfacer las necesidades de clase.**

Recordando los puntos 2.3 ("necesidades del estudiante") y 2.4 ("necesidades del profesor"), se plantea lo siguiente:

El material didáctico a elaborarse, contendrá lo fundamental para el apoyo de un curso de flujo de fluidos. Por lo tanto, la interfase profesor-alumno estará apoyada un poco más con éste material, y de esta forma, reducir los posibles malos entendidos en el alumno al estar en la clase; si se toma en cuenta de que "podemos llegar a entender una idea tan distinta en cada uno de nosotros, como distintos somos los unos a los otros". Se trata de dar al estudiante mayor facilidad para comprender lo que el profesor le transmite en clase, y al profesor, mayor facilidad para poder apoyarse y darse a entender mejor en la misma.

Una de las características del presente material es que será muy práctico; de ésta forma, como ya se ha mencionado antes, se podrá reproducir, transportar, instalar y utilizar entre otras cosas, muy fácilmente. Tan fácil como reproducir archivos, transportar un CD, instalar con ayuda de un "asistente de instalación", y utilizar archivos en ambiente Windows y formato Web.

De tal forma que, el alumno tenga más oportunidad de reforzar, consultar, ejercitar, entre otras cosas, los conocimientos adquiridos en el aula en algún tiempo libre que tuviese. Aquí el planteamiento es el apoyar al alumno con un material independientemente de los libros y notas de clase, y de esta forma, que pueda complementar su estudio de una forma organizada, práctica y bien estructurada.

Acercas de la necesidad del estudiante de desarrollar la habilidad de aprender por sí mismo o como comúnmente se llama, desarrollar el autoaprendizaje, se plantea lo siguiente. El material tendrá la característica de estimular el desarrollo del autoaprendizaje; puesto que muchas veces el alumno tendrá que aprender una o varias cosas, para poder comprender otras. También vale la pena volver a mencionar



que será un material que plantea la necesidad de un alumno activo, propositivo y crítico para poder explorar el programa. Con este material, se crea la necesidad y se estimula a que el alumno sea activo, curioso, con espíritu de investigador, para la exploración del programa.

Además de lo anterior, otro planteamiento muy importante, es que el material elaborado, se tendrá de forma permanente, será de libre distribución, y se tendrá la opción de instalarlo en un ordenador o leerlo desde el disco. La permanencia de un material, puede ser un factor importante, por ejemplo; si se consulta una revista, necesariamente se tiene que hacer dentro de la hemeroteca; si se solicita préstamo de un libro, sólo es por una semana (en la Facultad de Química); si se consultan páginas Web, necesariamente se tiene que tener acceso a Internet. Ahora bien, el autor está conciente de que todas las necesidades anteriormente mencionadas se pueden satisfacer estando en la Facultad de Química. Pero, también hay que estar concientes de que un estudiante cuando se encuentra en dicha escuela, está tomando clase, realizando prácticas de laboratorio, o recopilando información (en la biblioteca, hemeroteca y sala de cómputo, principalmente) para poder estudiar por las noches y/o el fin de semana en su casa. Es por esto, que el autor propone el planteamiento de un material permanente para satisfacer éstas necesidades.

También es un factor algo importante y se plantea que, el material tenga la opción de poder ser instalado en un ordenador o poder ser leído desde el disco. Por ejemplo; si un usuario está revisando el material en su casa, puede instalarlo en su ordenador, para que lo tenga de forma permanente, de rápido acceso, y que el ordenador trabaje más rápido, (entre otras cosas). Pero, si un usuario requiere revisarlo en la sala de cómputo de la Facultad de Química; no podrá instalarlo, puesto que no es permitido instalar programas en la misma, pero, sí podrá revisarlo leyéndolo desde el disco sin necesidad de una instalación.



# CAPÍTULO 5

## DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL ELABORADO

---





## 5.- Desarrollo y descripción del material elaborado

### 5.1.- Programas en Visual Basic para Aplicaciones

Ya se ha mencionado anteriormente el lenguaje de programación Visual Basic para Aplicaciones, y la ventaja que se tiene con este en los programas de la familia de Microsoft Office. También, que los programas incluidos en el presente material, están sustentados en Excel; para aprovechar los comandos y el potencial del mismo. Así que, se describirán todos y cada uno de los programas presentados.

Los programas están ordenados en los tres bloques siguientes: "Propiedades", "Consulta", "Cálculos". Lo anterior con el fin de llevar un orden de secuencialidad de acuerdo con el plan de estudio de la materia de *flujo de fluidos* de la Facultad de Química de la UNAM.

Notas:

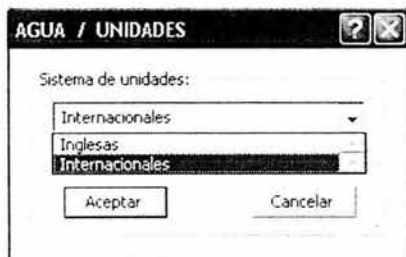
- ✓ Se recomienda ver el programa, para una mejor ilustración.
- ✓ Los programas utilizan en los resultados números con varias cifras significativas, el autor espera que el usuario decida el número de cifras que quiera utilizar.

#### Bloque Propiedades:

##### ---- Agua ----

El programa "Agua", calcula 17 propiedades del agua y vapor de agua en función de la temperatura.

Cuenta con un cuadro de diálogo para configurar las unidades en las que preferimos o necesitamos trabajar;



Se calculan las propiedades proponiendo la temperatura en el correspondiente cuadro de diálogo.



**AGUA / TEMPERATURA**

Dato:

Temperatura =  Grados centigrados.

Los resultados se muestran en un cuadro, así como la temperatura propuesta. Además, cuenta con la opción de copiar los resultados y pegarlos en otra hoja de Excel por ejemplo.

**AGUA / PROPIEDADES**

Presión de vapor.....	100.829341488796	kPa	Temperatura:
Coeff. de expans. térmico.....	0.000414386914187502	.....	[°C]= 100
Calor latente de vaporización.....	2259.0806227264	kJ/kg	
Num. Prandtl líquido.....	1.74875603773585	.....	
Num. Prandtl vapor.....	0.9827333808	.....	<input type="button" value="Calcular"/>
Vol. específico líquido.....	0.00104313096766041	m <sup>3</sup> /kg	
Vol. específico vapor.....	1.65068967462238	m <sup>3</sup> /kg	
Densidad líquido.....	958.520138346707	kg/m <sup>3</sup>	
Densidad vapor.....	0.605807387894	kg/m <sup>3</sup>	
Entalpia líquido.....	417.25830562944	kJ/kg	<input type="button" value="Copiar"/>
Entalpia vapor.....	2676.35195135072	kJ/kg	
Cp líquido.....	4.21323178643779	kJ/(kg*°C)	
Cp vapor.....	2.02724875367802	kJ/(kg*°C)	
Viscosidad líquido.....	0.00029047471926183	kg/(s*m)	<input type="button" value="Cancelar"/>
Viscosidad vapor.....	1.20115346867654E-05	kg/(s*m)	
Conductividad térm. líquido.....	0.00068119354084733	kJ/(s*m*°C)	
Conductividad térm. vapor.....	2.47514454877676E-05	kJ/(s*m*°C)	

Este programa está basado en el artículo:  
 "Practical Formulas Calculate Water Properties"  
 Chemical Engineering, Sep 91 pág. 207-208 Nov 91 pág. 235-236  
 Por: D.S. Dickey.



Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

Presión de vapor (psia):

$$P_v = \exp [ 10.9955 - 9.6866 \ln T + 1.9779 (\ln T)^2 - 0.085738 (\ln T)^3 ]$$

Punto de ebullición (°F):

$$T = \exp [ 4.6215 + 0.34979 \ln P - 0.03727 (\ln P)^2 + 0.0034492 (\ln P)^3 ]$$

Volumen específico del líquido (ft<sup>3</sup>/lb):

$$V_{liq} = 0.015973 + 2.1757E-7 (T) + 1.4438E-8 (T)^2 + 4.3376E-12 (T)^3$$

Coefficiente de expansión térmica:

$$\alpha_{liq} = (2.1757E-7 + 2.8876E-8 T + 1.3013E-11 T^2) / V_{liq}$$

Densidad del líquido (lb/ft<sup>3</sup>):

$$D_{liq} = 62.7538 - 3.5347E-3 T - 4.8193E-5 T^2$$

Volumen específico del vapor (ft<sup>3</sup>/lb):

$$V_v = \exp(9.3239 - 4.1055E-2 T + 7.1159E-5 T^2 - 5.7039E-8 T^3)$$

Densidad del vapor (lb/ft<sup>3</sup>):

$$D_{vap} = \exp(-9.3239 + 4.1055E-2 T - 7.1159E-5 T^2 + 5.7039E-8 T^3)$$

Entalpia del líquido (Btu/lb):

$$H_{liq} = -31.1247 + 0.96903 T + 1.1301E-4 T^2$$

Calor latente de vaporización (Btu/lb):

$$\Delta H_v = 1087.54 - 0.43110 T - 5.5440E-4 T^2$$

Entalpia del vapor (Btu/lb):

$$H_{vap} = 1056.42 + 0.53793 T - 4.4137E-4 T^2$$

Calor específico del líquido (Btu/lb\*°F):

$$C_{p_{liq}} = 1.0070 - 1.1788E-4 T + 3.0005E-7 T^2 + 1.1354E-9 T^3$$

Para T < 250 °F ;

$$C_{p_{liq}} = 1.0152 - 3.6171E-4 T + 2.1709E-6 T^2 - 2.9831E-9 T^3$$

Calor específico del vapor (Btu/lb\*°F):

$$C_{p_{vap}} = 0.43827 + 1.3348E-4 T - 5.9590E-7 T^2 + 4.6614E-9 T^3$$

Viscosidad del líquido (lb/h\*ft):

$$\mu_{liq} = -2.23535 + 208.65 / T - 2074.8 / T^2$$

Viscosidad del vapor (lb/h\*ft):

$$\mu_{vap} = 0.017493 + 5.7455E-5 T - 1.3717E-8 T^2$$



Conductividad térmica del líquido (Btu/h\* ft\*°F):

$$k_{liq} = 0.31171 + 6.2278E-4 T - 1.1159E-6 T^2$$

Conductividad térmica del vapor (Btu/h\* ft\*°F):

$$k_{vap} = 0.0097982 + 2.2503E-5 T - 3.3841E-8 T^2 + 1.3153E-10 T^3$$

Número de Prandtl del líquido:

$$N_{Pr(liq)} = -0.25229 + 453.24 / T$$

Para  $T > 260$  °F ;

$$N_{Pr(liq)} = -0.67931 + 514.75 / T$$

Número de Prandtl del vapor:

$$N_{Pr(vap)} = 0.79579 + 6.8990E-4 T + 9.0570E-7 T^2$$

Estas correlaciones sólo funcionan correctamente en el rango de temperatura de 32 °F a 440 °F.

### --- Densidad de líquidos ---

Este programa calcula la densidad de más de 230 líquidos en función de la temperatura.

Solamente cuenta con un cuadro de diálogo, en el cual se escoge la sustancia que queremos calcular la propiedad, las unidades de temperatura en la cual deseamos trabajar, y por supuesto, la temperatura a la cual queremos calcular.

Al escoger las unidades de temperatura (una vez escogido el compuesto) automáticamente el programa muestra el rango de temperatura adecuado para hacer el cálculo (recordemos que se calcula por medio de una correlación la cual sólo funciona correctamente en un intervalo de temperatura).

El resultado se muestra en la parte inferior del cuadro de diálogo, en tres unidades de densidad diferentes. Además de mostrar el peso molecular de la sustancia en cuestión.



**Densidad de Líquidos V1.1**

Compuesto: Propylene C3H6

Peso molecular: 42.081

Temperatura: Unidades: °C Temp: 80

**Rango de temperatura recomendado:**  
-185.26 a 92.42

Densidad:

kmol/m <sup>3</sup> .....	8.69423327650405
g/cm <sup>3</sup> .....	0.365862030508567
lb/ft <sup>3</sup> .....	22.840025227679

Calcular

Cancelar

Este programa fue basado en:

-Perry's Chemical Engineers' HandBook Edit. Mc. Graw Hill  
Tabla 2-30

La correlación utilizada fue la siguiente:

$$\rho = \frac{C1}{C2 \left[ 1 + \left( 1 - \frac{T}{C3} \right)^{C4} \right]}$$

Donde: T=K,  $\rho$ =kmol/m<sup>3</sup>

En realidad el autor no le ve mucho la pena el transcribir cuatro constantes más dos rangos de temperatura (inferior y superior) de cada compuesto (serían más de 1380 números) en ésta sección. El lector los puede encontrar fácilmente en el apéndice de la presente tesis.



### --- Presión de vapor ---

Este programa calcula la presión de vapor de más de 230 sustancias en función de la temperatura. Es muy similar en cuanto al formato y funcionamiento al programa "Densidad de líquidos". El cuadro único y principal, es el siguiente:

**Presión de Vapor**

Compuesto:  
 Bromobenzene C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Br

Temperatura:  
 Unidades: °C Temp.: 20

Calcular

Rango de temperatura recomendado:  
 -30.72 a 397

Presión de vapor:

Atm.....	0.00411455325755008
mmHg.....	3.12706047573806
kgf/cm <sup>2</sup> .....	0.00425033351504923
lbf/in <sup>2</sup> .....	0.060467474672956
inH <sub>2</sub> O.....	1.67540494094182
inHg.....	0.123107433465898
Pa.....	416.907108821262

Cancelar

En el cuadro, se escoge la sustancia que queremos calcular la propiedad, las unidades de temperatura en la cual deseamos trabajar, y por supuesto, la temperatura a la cual queremos calcular.

Al escoger las unidades de temperatura (una vez escogido el compuesto) automáticamente el programa muestra el rango de temperatura adecuado para hacer el cálculo (recordemos que se calcula por medio de una correlación la cual sólo funciona correctamente en un intervalo de temperatura).

El resultado se muestra en la parte inferior del cuadro de diálogo, en siete unidades de presión diferentes. Además de mostrar el peso molecular de la sustancia en cuestión.

Este programa fue basado en:

-Perry's Chemical Engineers' HandBook Edit. Mc. Graw Hill

Tabla 2-6



La correlación utilizada fue la siguiente:

$$P^0 = \exp \left[ C1 + \frac{C2}{T} + C3 \ln(T) + C4 T^{C5} \right]$$

donde:

Po: Pa

T: K

En realidad el autor no le ve mucho la pena el transcribir cinco constantes más dos rangos de temperatura (inferior y superior) de cada compuesto (serían más de 1617 números) en ésta sección. El lector los puede encontrar fácilmente en el apéndice de la presente tesis.

### --- Tensión superficial ---

Este programa calcula la tensión superficial de compuestos orgánicos en función del Parachor, de la densidad del líquido y de la densidad del gas en contacto con el líquido. Tiene la ventaja de poder calcular todos los parámetros con sub-programas para cada uno. Es decir; aparece un primer cuadro con tres cuadros de edición en los cuales se tiene que poner los respectivos datos, y a la derecha de cada uno, hay un botón el cual al hacer clic se abre una ventana (ó sub-programa) para calcular el dato requerido.

**Tensión Superficial**

Parámetros:

Parachor [P]:

Densidad del líquido:  kmol/m<sup>3</sup>

Densidad del gas:  kmol/m<sup>3</sup>

Valor de la tensión superficial:

TS [mN/m] =



Al hacer clic en el botón "Calcular" en el dato *Parachor*, aparecerá un cuadro como lo muestra la figura de abajo. En el cuadro se hará clic en los botones correspondientes a los diferentes grupos que constituyen el compuesto.

Ésta no es la sección de ejemplos demostrativos, pero es necesario; si queremos calcular la tensión superficial del 1-propanol, entonces tendremos que hacer clic una vez al botón "CH3", una vez al "OH" y dos veces al "CH2". Cada vez que hagamos clic en un botón de algún grupo, en la parte inferior izquierda se sumará el valor del Parachor, así mismo hay un botón en la parte central que deshace la última acción.

Cuando se haya terminado de calcular el Parachor de todo el compuesto propuesto, se hace clic en el botón "Aceptar" y automáticamente se copiará el valor en el cuadro original para continuar con los siguientes cálculos.

**Atomic Group Contributions for Calculation of the Parachor [P]**

ATOMIC GROUP:

Carbon-hydrogen:

C	(-CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> n = 1 - 12	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -
H	(-CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> n > 12	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -
CH <sub>3</sub> -	-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-	-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	-C(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> -

Special Groups:

H in OH	N	B
H in NH	-NH <sub>2</sub>	Al
O	S	F
-OH	P	Cl
O in acids, esters	Si	Br
-COO-	S (sulfanes)	I
-COOH		

Ring Closure:

3-membered	5-membered	7-membered
4-membered	6-membered	

=O (ketone):

3 carbon atoms	6 carbon atoms	9 carbon atoms
4 carbon atoms	7 carbon atoms	10 carbon atoms
5 carbon atoms	8 carbon atoms	11 carbon atoms

Ethylenic Bond:

4-membered	5-membered	7-membered
------------	------------	------------

Triple Bond:

Triple Bond
-------------

PARACHOR [P] = 0

Deshacer última acción    Aceptar    Cancelar

Al hacer clic en el botón "Calcular" en el dato *Densidad del líquido*, aparecerá un cuadro como lo muestra la figura de abajo. Este cuadro, es muy similar al que aparece en el programa "Densidad de líquidos" (de hecho, la estructura interna del programa es la misma), así que sólo se tiene que escoger el compuesto en la lista, escoger las unidades de temperatura a la que se quiere trabajar, y proponer la temperatura. Al hacer clic en "Calcular", automáticamente se pondrá el valor del cuadro original.





**Densidad del líquido**

Compuesto:  
Heptadecane C<sub>17</sub>H<sub>36</sub>

Peso molecular: 240.473

Temperatura:  
Unidades: °C Temp: 25

Calcular

Rango de temperatura recomendado:  
21.98 a 462.85

En el caso de la densidad del gas, sólo aparece un cuadro en el cual se tiene que poner la temperatura y la presión a la cual está el gas que está en contacto con el líquido.

Una vez que se han cubierto todos los datos requeridos, se hace clic en el botón "Calcular" en la parte inferior izquierda y automáticamente se calculará la tensión superficial y aparecerá en la parte central del cuadro con sus respectivas unidades.

**Tensión Superficial**

Parámetros:

Parachor [P]: 198.8 Calcular

Densidad del líquido: 3.216067529 kgol/m<sup>3</sup> Calcular

Densidad del gas: 0.034817729 kgol/m<sup>3</sup> Calcular

Valor de la tensión superficial:

TS [mN/m] = 0.1599766542984

Calcular Cancelar



Este programa fue basado en:  
-Perry's Chemical Engineers' HandBook  
Edit. Mc. Graw Hill  
Página 2-372, Tabla 2-402

La ecuación utilizada fue:

$$\sigma = \left\{ \frac{P}{1000} (\rho_L - \rho_G) \right\}^4$$

donde:

$\sigma$  = tensión superficial (mN/m)

$\rho_L$  = densidad del líquido (kmol/m<sup>3</sup>)

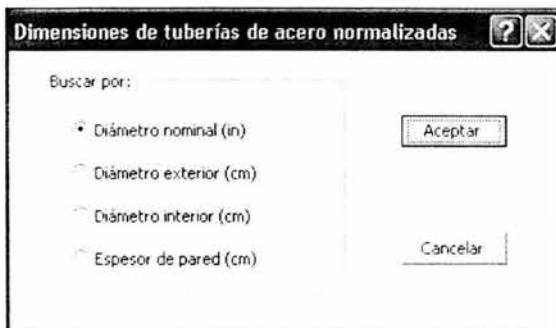
$\rho_V$  = densidad del vapor (kmol/m<sup>3</sup>)

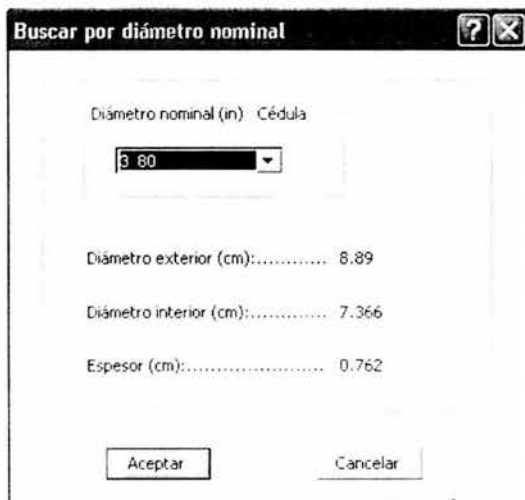
P = Parachor

### Bloque Consulta:

#### --- Dimensiones de tuberías ---

Este programa muestra una práctica base de datos de las dimensiones de tuberías de acero normalizadas más comunes. Tiene cuatro formas de buscar las características de una tubería, como se muestra en el gráfico:





Cuando se escoge el modo de la búsqueda, aparece otro cuadro el cual tiene un "cuadro de lista" en el que podemos escoger la tubería buscada, y automáticamente se mostrará las dimensiones respecto a la medida propuesta.

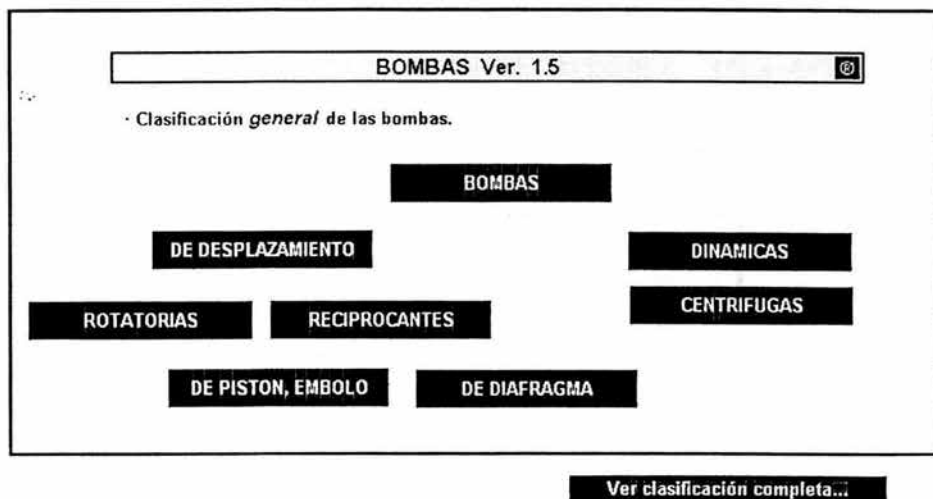
Este programa fue basado en:

- "Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Barderas  
Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 700

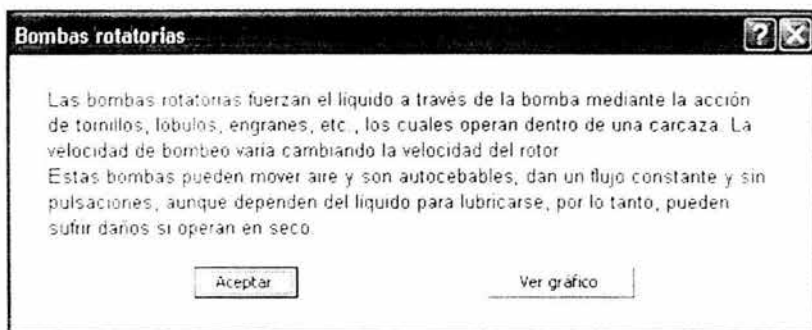


### ---- Bombas (Clasificación) ----

Este programa muestra de una forma general la clasificación de las bombas. Para facilitar la comprensión de la clasificación, se muestra como un cuadro sinóptico de la siguiente forma.



Cada "botón" del cuadro muestra una breve descripción, y al final de cada rama se muestra junto con un gráfico característico de la bomba. Por ejemplo, el botón "ROTATORIAS" es el final de una rama y al "oprimirlo" muestra lo siguiente:




Y al "oprimir" el botón "Ver gráfico" muestra lo siguiente:



**Bombas rotatorias**

**Bombas Lobulares - Dura Bomi**

Disñadas para aplicaciones CIP (Clean in place) de seños de notches, espines y cartuchos de seños proceso optimizando su limpieza en tiempo de oper




**VIKING PUMP**

**Bombas de uso general**

**Bombas de engranajes Viking**

Ideal en servicios generales, manejando gran cantidad de medanos, son bombas de engranaje externo con de valor para una gran variedad de aplicaciones.



**VIKING PUMP**

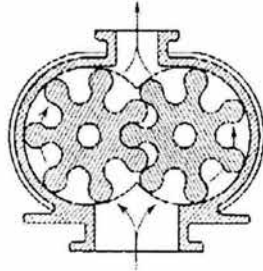


FIG. 10-54 Diagrama de una bomba de engranajes externos.

Aceptar

Tambi3n el programa cuenta con un bot3n "Ver clasificaci3n completa..." en d3nde se muestra la clasificaci3n de las bombas de una forma mucho m3s completa de acuerdo a una de las fuentes citadas a continuaci3n.

El programa fue basado en las siguientes fuentes:

- "Problemas de flujo de fluidos"  
'Antonio Valiente Barderas'  
Edit. Limusa. Primera edici3n.  
M3xico P3gs. 417 - 437
- <http://cipres.cec.uchile.cl/~conate/>
- Sentinelonline.com.mx
- BombasIndustriales.com
- [www.repman.com.ar/htm/home.htm](http://www.repman.com.ar/htm/home.htm)
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation.
- Perry's Chemical Engineers' HandBook Edit. Mc. Graw Hill



### ---- Bombas Serie-Paralelo ----

Este programa muestra las características de los flujos y las cabezas cuando el arreglo en bombas es *en serie* o *en paralelo* de la siguiente forma.

**Bombas en serie y en paralelo** ✕

En ciertos sistemas deben instalarse bombas en serie o en paralelo con objeto de aumentar el caudal o la presión de descarga.

BOMBAS EN SERIE | BOMBAS EN PARALELO |

Instalándose dos o más bombas en serie, la presión de descarga será igual a la suma de las presiones de descarga de cada uno por separado. Expresado de otra manera, la cabeza total o carga es igual a la suma de las cabezas parciales.

El caudal para este sistema es el mismo que para cada bomba (caudal mínimo manejado por alguna de las bombas):

$$Ca(Tot) = Ca(1) = Ca(2)$$

Cerrar

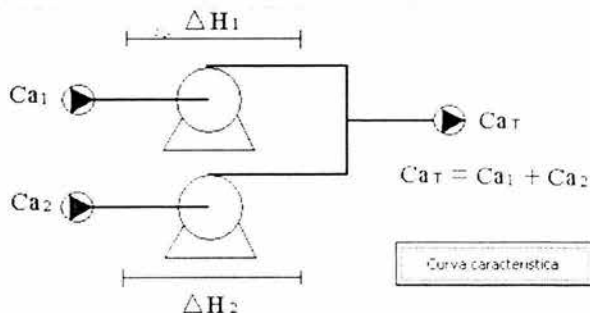


### Bombas en serie y en paralelo

En ciertos sistemas deben instalarse bombas en serie o en paralelo con objeto de aumentar el caudal o la presión de descarga.

BOMBAS EN SERIE    BOMBAS EN PARALELO

Si las bombas trabajan en paralelo, el flujo volumétrico será la combinación de cada bomba.



La carga, cabeza o columna total de la combinación de las bombas  $\Delta H(Tot)$ , será igual a la cabeza de cada bomba para el flujo que maneja.

$$\Delta H(Tot) = \Delta H(1) = \Delta H(2)$$

Cerrar

El programa fue basado en las siguientes fuentes:

- "Problemas de flujo de fluidos"

'Antonio Valiente Barderas'

Edit. Limusa. Primera edición.

México Págs. 424 - 425

- Artículo: Bombas y sistemas de bombeo

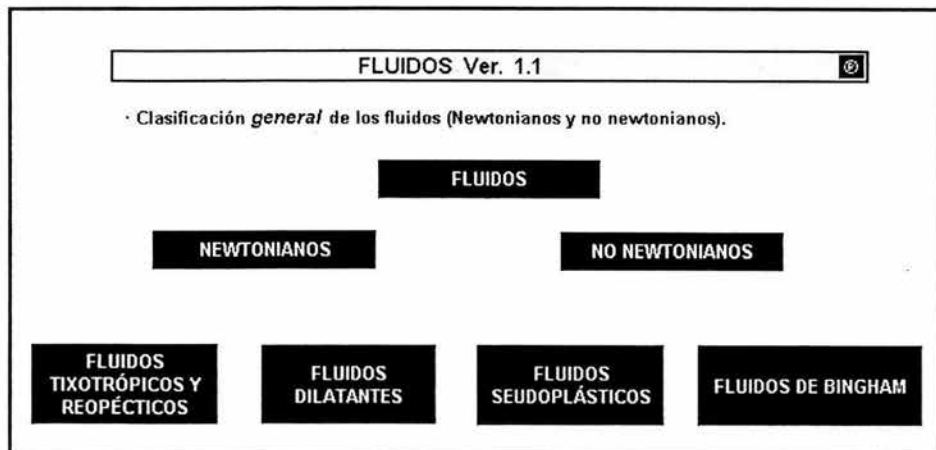
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile



--- Fluidos ---

Muestra y explica brevemente la clasificación de los fluidos con respecto a su comportamiento cuando se someten a un esfuerzo de corte. La estructura es como en el programa de compresores, es decir; se basa en un cuadro sinóptico el cual está compuesto por "botones", los cuales al hacer clic sobre éstos, muestra una breve descripción del fluido y un gráfico si es el último de la rama.







**Fluidos pseudoplásticos**

Su viscosidad decrece al aumentar el gradiente de la velocidad. Como ejemplos podemos mencionar las soluciones poliméricas de peso molecular elevado, la pulpa de papel y la mayonesa

$$\tau = +\mu \left( -\frac{du}{dy} \right)$$

$$\mu = +K \left( -\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

$$n < 1$$

n = índice del comportamiento del flujo

Este programa fue basado en:

- "Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Barderas

Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 505-507



### --- Velocidades de flujo ---

Este programa muestra al usuario las velocidades de flujo recomendadas ó más usuales. Hay tres secciones en que se divide, estas son: *velocidades típicas en líquidos*, *velocidades típicas en gas y vapor*, y *velocidades típicas en equipo*. Sólo hay que buscar la sección de interés por medio de las "pestañas".

Rangos de velocidades recomendadas			
Velocidades típicas en líquidos   Velocidades típicas en gas y vapor   Velocidades típicas en equipo			
Nominal Pipe Sizes, in	2 or less	3 to 10	10 to 20
Liquid and Line	Velocity, ft/s	Velocity, ft/s	Velocity, ft/s
<b>Water</b>			
Pump suction	1 to 2	2 to 4	3 to 6
Pump discharge (long)	2 to 3	3 to 5	4 to 7
Discharge leads (short)	4 to 9	5 to 12	8 to 14
Boiler feed	4 to 9	5 to 12	8 to 14
Drains	3 to 4	3 to 5	-
Sloped sewer	-	3 to 5	4 to 7
<b>Hydrocarbon liquids</b> (Normal viscosities)			
Pump suction	1.5 to 2.5	2 to 4	3 to 6
Discharge header (long)	2.5 to 3.5	3 to 5	4 to 7
Discharge leads (short)	4 to 9	5 to 12	8 to 15
Drains	3 to 4	3 to 5	-
<b>Viscous oils</b>			
Pump suction,			
Medium viscosity	-	1.5 to 3	2.5 to 5
Tar and fuel oils	-	0.4 to 0.75	0.5 to 1
Discharge (short)	-	3 to 5	4 to 6
Drains	1	1.5 to 3	-

Cerrar

Este programa está basado en:  
 Chemical Engineering Dec. 1974 Pág. 60  
*Practical Piping Design*  
*Userfur Properties of Fluids or Piping Design*  
 Por: Robert Kern, Hoffmann-La Roche Inc.



### --- Transporte neumático ---

Este programa muestra de una forma sencilla y práctica, gráficos que describen los diferentes tipos de flujo neumático, así como una breve descripción de todos y cada uno de ellos.

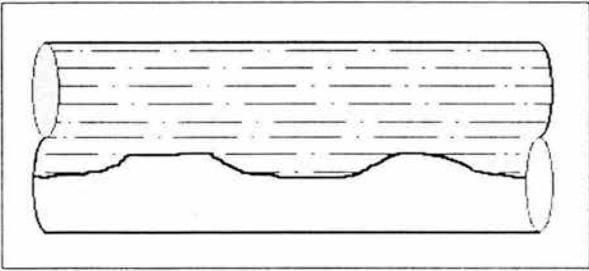
El cuadro que se presenta es similar al de abajo, el cual tiene una serie de fóliders ó pestañas de los tipos de flujo. Sólo hay que hacer clic en las pestañas para que se pueda ver el gráfico y la descripción.

**Transporte neumático**

En una tubería horizontal, la distribución de los sólidos se hace menos uniforme al decrecer la velocidad del gas. Los siguientes tipos de flujo para velocidades decrecientes son las que más frecuentemente se encuentran:

Flujo de ariete | Flujo de dunas | Flujo lecho móvil | Flujo lecho estacionario | Flujo de tapón

Las partículas se asientan como en el flujo de ariete, pero las dunas permanecen estacionarias con las partículas, arrastrándose sobre las dunas.



Cerrar

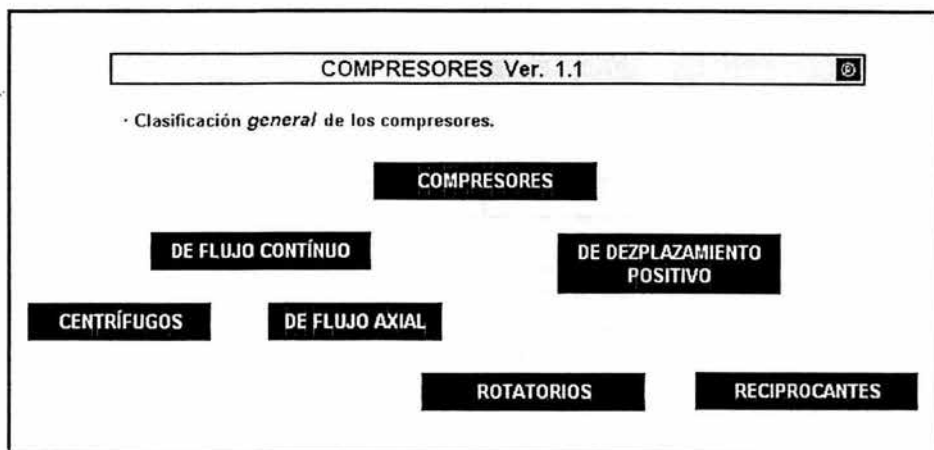
Este programa está basado en:  
-"Problemas de flujo de fluidos" 'Antonio Valiente Barderas'  
Edit. Limusa. Primera edición. México. Págs. 554 - 556  
-[www.prillwitz.com.ar/Prillwitz\\_y\\_CIA\\_S\\_R\\_L.htm](http://www.prillwitz.com.ar/Prillwitz_y_CIA_S_R_L.htm)  
-[www.supercampo.vol.com.ar/nota\\_03.htm](http://www.supercampo.vol.com.ar/nota_03.htm)

*Nota: las ecuaciones de la pérdida de presión se encuentran en la sección "Teoría" en el programa principal.*



#### ---- Compresores (Clasificación) ----

Este programa muestra la clasificación general de los compresores, es similar al de las bombas en cuanto a la estructura. También en este se muestran gráficos al final de cada rama.



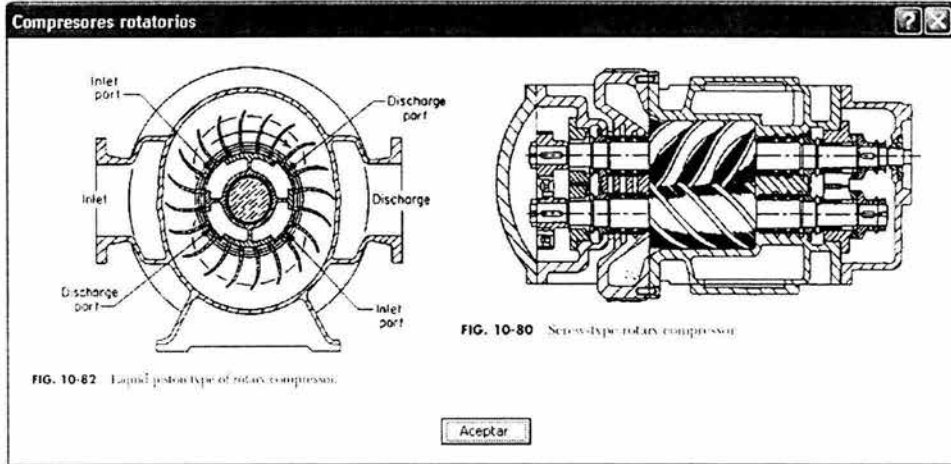
Por ejemplo, al apretar el botón "Rotatorios", se muestra la siguiente figura, y al apretar "Ver gráfico", se muestra la que está a continuación:

**Compresores rotatorios**

Estas unidades son esencialmente máquinas de volumen constante con presiones de descarga variables. El volumen sólo se puede modificar al cambiar la velocidad o mediante el desperdicio o derivación de la capacidad de la máquina. La presión de descarga varía con la resistencia del lado de la descarga del sistema. En general, los compresores rotatorios se clasifican como de tipo de lóbulo recto, de gusano, de paletas deslizantes y de pistón líquido.

Aceptar Ver gráfico

La ventana muestra un título "Compresores rotatorios" con iconos de ayuda y cerrar. El contenido principal es un texto explicativo sobre el funcionamiento y clasificación de estos compresores. Al final, hay dos botones: "Aceptar" y "Ver gráfico".



Este programa está basado en:  
-Perry's Chemical Engineers' HandBook Edit. Mc. Graw Hill

### --- Ventiladores ---

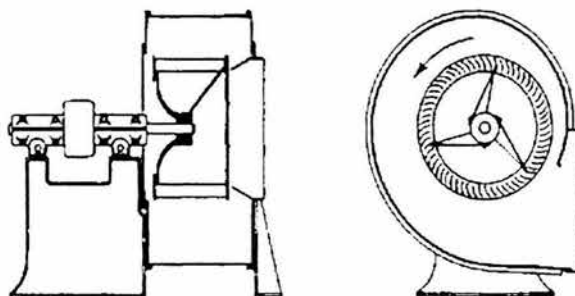
Este programa es muy similar en cuanto al formato a "Bombas (clasificación)", y "Compresores (clasificación)". En este caso, se trata de compresores, aparece una especie de cuadro sinóptico el cual muestra la clasificación general de los ventiladores. Al hacer clic en algún botón aparecerá una breve descripción, y si es el último botón de alguna rama, aparecerá un gráfico.


**VENTILADORES Ver. 2.1**

 Clasificación *general* de los ventiladores.

**Ventilador de hojas curvas hacia adelante**

Por lo común son de tipo "Sirocco" de aletas múltiples. Los rotores son de menor diámetro y funcionan a velocidades más altas que las unidades de paletas. Estos ventiladores descargan gases a una velocidad relativamente alta. El número de hojas en el rotor es mayor y funcionan de 3600 a 1800 rpm.


**FIG. 10-69** Forward-curved blade, or "sirocco"-type, fan.

Aceptar

Este programa está basado en:

-Perry's Chemical Engineers' HandBook , Edit. Mc. Graw Hill, Página 10-45



## Bloque Cálculos:

### --- Rugosidad relativa ---

Este programa calcula la rugosidad relativa de varios materiales en función del diámetro nominal. Sólo hay que proponer un diámetro y el programa calcula la rugosidad relativa mediante correlaciones para cada material y los muestra en un siguiente cuadro. Los cuadros que se presentan son los siguientes:

**Rugosidad relativa** ? X

Dato:

Diámetro del tubo = 8 in

Aceptar Cancelar

**Rugosidad relativa (E/D)** ? X

Diámetro (in) = 8                      E: Rugosidad absoluta.

Resultados: (E/D):

Acero remachado E=0.03	0.04382667
Acero remachado E=0.003	0.00461799
Hormigón E=0.01	0.015
Hormigón E=0.001	0.0015
Madera E=0.003	0.00475512
Madera E=0.0006	0.0009
Hierro fundido E=0.00085	0.00129838
Hierro galvanizado E=0.0005	0.00076646
Hierro fundido asfaltado E=0.0004	0.00059
Acero comercial E=0.00015	0.00022319
Tubo estrado E=0.000005	0.00000755

Aceptar Cancelar

Este programa fue basado en:  
 Crane, "Flujo de fluidos en válvulas accesorios y tuberías"  
 Edit. Mc. Graw-Hill 1992  
 Apéndice A-42



La correlación utilizada en este programa es:

$$\ln \frac{\varepsilon}{D} = \text{pendiente} * \ln(D) + \text{ordenada} \quad [D, \text{ en pulgadas}]$$

Material:	Pendiente	Ordenada
Acero remachado E=0.03	-0.986887718	-1.075337446
Acero remachado E=0.003	-1.012844966	-3.271644622
Hormigón E=0.01	-1	-2.120263536
Hormigón E=0.001	-1	-4.422848629
Madera E=0.003	-1.022783189	-3.221716327
Madera E=0.0006	-1	-4.933674253
Hierro fundido E=0.00085	-1.011031389	-4.544260802
Hierro galvanizado E=0.0005	-1.016427979	-5.06012101
Hierro fundido asfaltado E=0.0004	-0.991658597	-5.37329194
Acero comercial E=0.00015	-1.005834517	-6.315924435
Tubo estirado E=0.000005	-1.029446845	-9.65336213

### --- Régimen de Flujo ---

Este programa determina el régimen que presenta un flujo con ciertas características. Cuenta con dos opciones (las que se muestran en el gráfico), que en realidad, es lo mismo, sólo que en una el usuario tiene que calcular el Re. Pero no sólo determina el régimen de flujo, sino también calcula la velocidad, el número de Re (si no se cuenta con él) y el factor de fricción (que es el principal dato de este programa, a pesar de llamarse "Régimen de flujo").





**Régimen de flujo** [?] [X]

En función de que quieres hacer el cálculo?

Rugosidad relativa y Núm. Re

Rugosidad relativa, viscosidad, densidad, longitud, flujo vol y diámetro.

Aceptar Cancelar

Cuando se escoge la opción y se hace clic en "Aceptar", se muestra un nuevo cuadro con los espacios a llenar de datos. Los resultados se muestran en un nuevo cuadro

**Régimen de flujo** [?] [X]

Datos:

Rugosidad relativa =

Viscosidad (cps)=

Densidad (kg/m<sup>3</sup>)=

Longitud (m)=

Flujo vol. (m<sup>3</sup>/s)=

Diámetro (m)=

Aceptar Cancelar

**Régimen de flujo** [?] [X]

Resultados:

Velocidad = 1.455

Num. Re = 85473

Factor de fricción = 0.022352

Tipo de flujo = Laminar

Aceptar



El programa fue basado en:

'Hidrocarbon Processing' Dic 97 Págs 71-73

"Simple method determines flow regime for friction factor calculations"

por: B. Gulyani, A. Jain, S. Kumar, B. Mohanty.

"Chemical Engineering" Dic 81 Pág. 91-93

"Compute friction factors fast for flow pipes"

por: Zarko Olujic

Las ecuaciones y el criterio de tipo de flujo utilizados en este programa son:

$$f = 8 \left[ \left( \frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A + B)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

$$A = \left[ -2.457 \ln \left( \left( \frac{7}{Re} \right)^{0.9} + \left( \frac{0.27 \epsilon}{D} \right) \right) \right]^{16}$$

$$B = \left( \frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

Régimen	Criterio
Laminar	$\frac{\epsilon Re}{D} f < 8$
De transición	$8 < \frac{\epsilon Re}{D} f < 100$
Turbulento	$\frac{\epsilon Re}{D} f > 100$



--- Problema 3.13 ---

Este programa resuelve el problema 3.13 del libro "Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Barderas. Sólo que lo hace de tal forma para que el usuario pueda cambiar los valores de las variables y que este se dé cuenta de la influencia de los cambios en el resultado. Muestra un cuadro con tres secciones, las cuales son: "Problema", "Dibujo" y "Resultados";

**Problema 3.13** ✖

Problema | Dibujo | Resultados |

Una bomba lleva una solución de  de densidad relativa de un tanque a otro a través de una tubería de  in Cd  la cual tiene un diámetro interno de  m, con un caudal de  l/min. El motor de la bomba es de  HP y tiene  % de eficiencia. El final de la descarga está a  m sobre el nivel del líquido de entrada.

Calcule las pérdidas por fricción.

Calcule la presión que debe desarrollar la bomba en  $\text{kgf/cm}^2$  si la entrada de la bomba es de  in la cual tiene un diámetro interno de  m.

En la sección "Problema", se muestra el enunciado del problema, sólo que en el lugar en donde irían los datos, hay cuadros de edición para que el usuario pueda proponer los datos del problema. Para comprender mejor el problema, el usuario puede ver el dibujo en la correspondiente sección. Una vez que se haya terminado de proponer los datos, se puede calcular y ver los resultados con el respectivo "botón" y sección.



**Problema 3.13**

Problema | Dibujo | Resultados

Velocidad2 m/s..... = 3.924  
 Gasto kg/s..... = 15.333  
 Potencia dada por la bomba  $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{s}$  ..... = 247.046  
 Energía potencial requerida  $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{kg}$  ..... = 15  
 Energía cinética  $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{kg}$  ..... = 0.785  
 Pérdidas por fricción  $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{kg}$  ..... = 0.327  
 Velocidad1 a la entrada de la bomba m/s.. = 1.744  
 Diferencia de presión  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  ..... = 2.849

Calcular      Restaurar      Salir

El programa fue basado en:

-"Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Barderas  
 Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 121-124

Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

Nota: el problema, es uno de los llamados resueltos y toda la metodología de la solución se puede encontrar en la bibliografía. Se recomienda consultarla para una mejor comprensión del problema.

Velocidad:  $u = Ca/A$

Gasto:  $M = Ca \rho$

Bernoulli: 
$$\Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta u^2}{2gc} + \frac{\Delta P}{\rho} = - \sum \frac{F}{M} - \frac{Pot}{M}$$



## --- Problema 4.16 ---

Este programa, es similar al anterior, resuelve el problema 4.16 del libro "Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Barderas. También se hace para que el usuario pueda cambiar los valores de las variables y que este se dé cuenta de la influencia de los cambios en el resultado. En este caso, muestra un cuadro en el cual hay un botón, para ver el gráfico.

**Problema 4.16** ? X

Un sistema de bombeo extrae  gal/min de agua de un estanque a la parte superior de un almacén en donde se verifica el lavado a presión. El sistema está formado por tubería de hierro fundido cédula 40.

**Carga de la bomba :**  
 La toma está  m abajo de la superficie del estanque.  
 Diámetro de tubería:  in. (interno)  
 \* Longitud total:  m.

**Descarga de la bomba :**  
 Descarga  m sobre la superficie del estanque.  
 Diámetro de tubería:  in. (interno)  
 \* Longitud total:  m.

**Reducción a  in. de diámetro. (interno)**  
 \* Longitud total:  m.

Se requiere que la presión de descarga del agua sea de  atm. Calcular la potencia de la bomba, siendo la eficiencia de  % y la temperatura de 25 °C.

\*Se propone determinar la longitud equivalente de los accesorios mediante el programa "Longitud Equivalente", además de la longitud del tubo.

Una vez que se llenan los datos y que se aprieta el botón "Aceptar", se calculan los números de Reynolds de las tres secciones (en las que se puede dividir el problema según el gráfico), con éstos datos se propone utilizar otro de los programas del presente material para calcular la *rugosidad relativa* y después poder calcular el *factor de fricción*.



**Otros datos:** ? X

Factor de fricción 1: 0.026

Factor de fricción 2: 0.026

Factor de fricción 3: 0.027

Densidad: 997 kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad: 0.8937 cps

Aceptar Cancelar

Por último, se muestran los cálculos realizados en un cuadro, y al final de éste, el resultado de la pregunta principal del problema.

**Resultados del Problema 4.16** ? X

Resultados:

Velocidad del tubo 1 (m/s) .....	2.03070081565575
Velocidad del tubo 2 (m/s) .....	2.03070081565575
Velocidad del tubo 3 (m/s) .....	4.60850446456977
Número Re tubo 1 .....	348990.709274395
Número Re tubo 2 .....	348990.709274395
Número Re tubo 3 .....	525739.853887036
Pérdidas por fricción en tubo 1 (kgf*m/kg) .....	4.82791744003034
Pérdidas por fricción en tubo 2 (kgf*m/kg) .....	2.89462206544068
Pérdidas por fricción en tubo 3 (kgf*m/kg) .....	41.8425723535219
Energía potencial (kgf*m/kg) .....	32
Energía cinética (kgf*m/kg) .....	0.87230212014549
Energía de presión (kgf*m/kg) .....	18.728184553661

Potencia requerida (Hp): 77.2390899436874

Aceptar Cancelar

El programa fue basado en:

- "Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Banderas  
 Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 170-175



Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

*Nota: el problema, es uno de los llamados resueltos y toda la metodología de la solución se puede encontrar en la bibliografía. Se recomienda consultarla para una mejor comprensión del problema.*

$$\text{Bernoulli: } \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta u^2}{2 gc} + \frac{\Delta P}{\rho} = - \frac{\sum F}{M} - \frac{Pot}{M}$$

$$\text{Pérdidas por fricción: } \frac{\sum F}{M} = fD \frac{(L + Le)u^2}{2 gc D}$$

$$\text{Velocidades: } u_1 \rho_1 A_1 = u_2 \rho_2 A_2 = u_3 \rho_3 A_3$$
$$u_1 = \frac{4 Ca}{\pi D_1^2}$$

### --- Sistema de 4 tanques ---

Este es un programa que resuelve un sistema de cuatro tanques conectados entre sí. Cada tanque tiene sus propias características, es decir; cada uno tiene su presión, altura, diámetro de tubería y fricciones en la sección de ése tanque. Un primer cuadro aparece el cual muestra un gráfico de los cuatro tanques, al hacer clic en cada uno de ellos y en la sección entre los dos nodos, aparecerá un cuadro en el cual se tienen que llenar los datos necesarios.



The image shows a software window titled "Datos:" containing a schematic diagram of a fluid system and a modal dialog box titled "Datos del tanque 1".

The schematic diagram shows four tanks: Tanque 1, Tanque 3, and Tanque 4. Tanque 1 is connected to Nodo 1, which is connected to Tanque 3. Tanque 3 is connected to Nodo 2, which is connected to Tanque 4.

The "Datos del tanque 1" dialog box contains the following fields and values:

Presión [kgf/m <sup>2</sup> ]:	982539.737
Altura [m]:	3.0175
Fricciones:	28.3216
Diámetro de tubería hacia el tanque [m]:	0.09718

Below the dialog box, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Una vez llenos todos los datos, al hacer clic en "Aceptar" se muestra un segundo cuadro con las siguientes características:

- ❑ El valor de H5 (valor de la cabeza estática de uno de los dos nodos, ya que el segundo estará en función del primero) en la parte superior izquierda.
- ❑ Una barra de desplazamiento (en este caso desplazamiento de valores) en la parte superior derecha.
- ❑ Dieciocho números etiquetados con nombres como "F1", ..., "F18", y, un pequeño botón al lado de cada número. Todo esto, en el centro del cuadro.
- ❑ Un botón que dice "Refinar", en la parte inferior izquierda.

El cuadro en cuestión se puede ver a continuación.

La manera en que funciona es la siguiente:

Una vez que se introdujeron todos los datos, y que haya aparecido el segundo cuadro, lo que se tiene que hacer es cambiar el valor de H5 con ayuda de la barra de desplazamiento, con el fin de que el usuario vea cuales funciones se hacen valores reales a lo largo de toda la barra de desplazamiento.

Cuando se han identificado las funciones que se pueden hacer reales con cierto número de H5, entonces se tiene que buscar la función que tenga un valor mínimo con algún valor de H5 (entero) a lo largo de la barra.

Como se sabe cual es la función que tiene un valor mínimo, entonces el objetivo del botón "Refinar" es minimizar ese valor, entonces; se hace clic en dicho botón y automáticamente la barra de desplazamiento se situará en el centro de la misma y variará el valor de H5 con incrementos de 0.1.





Cuando se ha encontrado el valor mínimo de la función con algún valor de H5 con décimas de punto, entonces se puede volver hacer clic en "Refinar", y ahora el valor de H5 se incrementará ó disminuirá (dependiendo de lo que se necesite) con incrementos de 0.01.

Se repite el procedimiento anterior, hasta que la función se haga lo suficientemente pequeña como el usuario quiera. (Téngase en cuenta, de que las funciones son un balance de materia en el sistema y por lo tanto tienen unidades de kg/s).

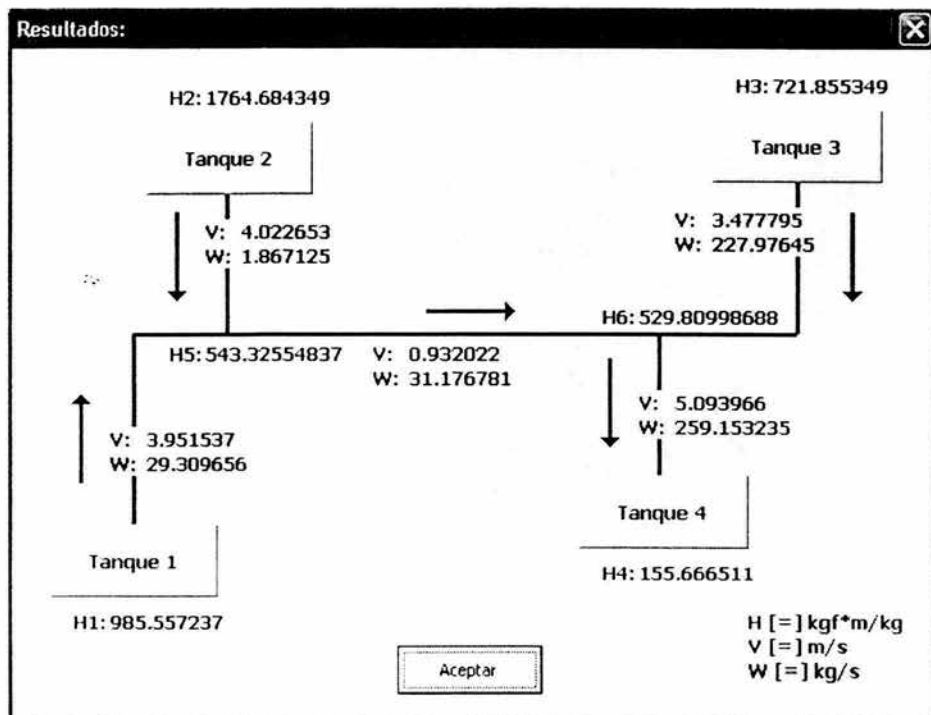
Las 18 funciones, son las 18 posibles combinaciones de flujo que se pueden presentar en el sistema.

**Resolver el sistema:**

Buscar convergencia en alguna de las funciones, variando el valor de H5:

H5: 543.32554837

<input type="checkbox"/> F1: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F10: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F2: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F11: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F3: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F12: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F4: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F13: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F5: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F14: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F6: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F15: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F7: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F16: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F8: -9.2684E-09	<input type="checkbox"/> F17: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F9: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F18: #iNUM!



Una vez que se ha encontrado un valor lo suficientemente pequeño (por ejemplo, en el gráfico anterior es "F8"), se hace clic en el pequeño botón a la izquierda de la función, y aparecerá un siguiente cuadro mostrando las características de los flujos y el sentido de los mismos. El cuadro siguiente lo ejemplifica:

Las ecuaciones utilizadas en este programa son:

$$\sum F = f_D L u^2$$

$$M = D^2 g c$$

$$a = \frac{f_D L}{D^2 g c}$$

$$H_2 - H_1 = \Delta H = a u^2$$

$$W = u A \rho$$



donde:

$a$  = constante (es a lo que el programa llama fricciones)

$\Delta H$  = diferencia de cabezas estáticas

$u$  = velocidad del fluido en la tubería

$W$  = flujo másico

$A$  = área

$\rho$  = densidad

### --- Tanques ---

Es un programa muy similar al anterior, sólo que éste resuelve sistemas de dos y tres tanques. La ventaja de este, es que sólo se tiene que proporcionar los datos y el programa mismo se encarga de hacer las iteraciones correspondientes. Suponiendo que se quiere resolver un sistema de tres tanques (en el caso de dos tanques, es muy similar), entonces aparecerá un cuadro como el siguiente, en el cual se tiene que poner todos los datos:

**ANÁLISIS DE TRES TANQUES** [?] [X]

DATOS:

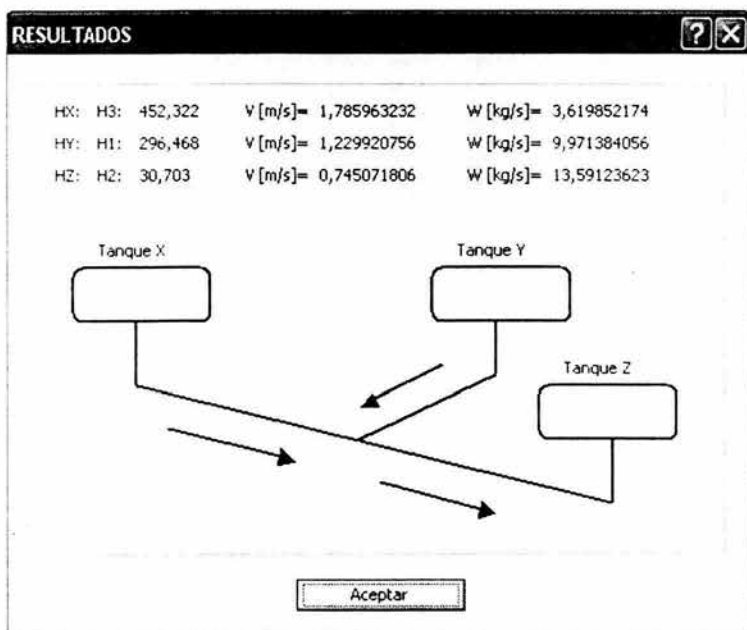
Adimensional:	[m]:
Fricciones 1-T= 150	Diámetro 1= 0.1016
Fricciones 2-T= 70	Diámetro 2= 0.1524
Fricciones 3-T= 120	Diámetro 3= 0.0508
[m]:	[kgf/m <sup>2</sup> ]:
Z 1= 15.24	P 1= 281228
Z 2= 6.096	P 2= 24607
Z 3= 30.48	P 3= 421842
[kg/m <sup>3</sup> ]:	
Densidad = 1000	

Aceptar Cancelar



Una vez puestos los datos, se hace clic en aceptar y después de unos cuantos segundos (depende de la rapidez del ordenador, pero generalmente no supera los 4 segundos) se presenta un cuadro en el cual se presentan los resultados (velocidad, flujo másico y dirección de flujo). La figura siguiente muestra el cuadro correspondiente.

*Nota: en el dibujo del último cuadro (en el que aparecen los resultados) los nombres (etiquetas) de los tanques son: "HX", "HY" y "HZ". Después de cada etiqueta, se muestra la cabeza estática calculada de los tanques, en orden de mayor a menor en valor.*



Las ecuaciones utilizadas en este programa son:

$$\sum F = f_D L u^2$$

$$M = D^2 g c$$

$$a = \frac{f_D L}{D^2 g c}$$

$$H_2 - H_1 = \Delta H = a u^2$$

$$W = u A \rho$$



donde:

$a$  = constante (es a lo que el programa llama fricciones)

$\Delta H$  = diferencia de cabezas estáticas

$u$  = velocidad del fluido en la tubería

$W$  = flujo másico

$A$  = área

$\rho$  = densidad

#### ---- Diámetro económico ----

Este programa especifica el diámetro económico tomando como referencia o base, variables tales como gasto, densidad, viscosidad, costo de energía, costo de tubería, etc. y con estas variables, crear factores de corrección para un diámetro base dado. A pesar de que cada caso en cuanto a la especificación de una tubería es muy diferente, el autor creó que este programa sirve mucho a los estudiantes para que se den cuenta de que pueden optimizar y/o perfeccionar sus cálculos del diámetro económico utilizando las variables antes mencionadas. Es decir; no siempre se trabajará a 20 °C, el mismo gasto ó costo de energía.

El primer cuadro que aparece es el siguiente, en el cual se tienen que especificar algunas variables así como algunos costos:

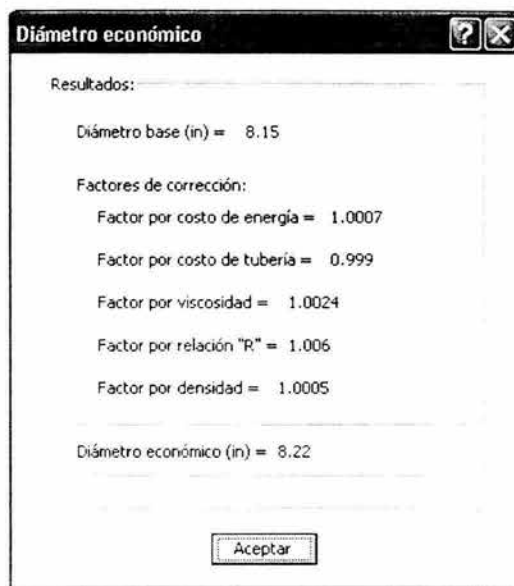
The screenshot shows a dialog box titled "Diámetro económico" with a question mark and close button in the top right corner. The dialog contains a list of parameters with corresponding input fields:

Variable	Value
Costo de energía eléctrica (\$/kWh)	0.14
Costo de la tubería por ft de longitud (\$/ft)	6.4
Gasto volumétrico (ft <sup>3</sup> /s)	2.228
Viscosidad (cp)	1.1
Relación del costo de los accesorios e instalación, al costo de la tubería	1
Densidad relativa	1

At the bottom of the dialog are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".



El programa lo que hace es utilizar los datos para calcular los factores de corrección y mostrarlos junto con el resultado ya corregido:



Este programa está basado en:

'Revista del Instituto Mexicano del Petróleo'

Noviembre 72 Págs 20-30

"Determinación gráfica del diámetro económico de una tubería"

por: Ing. Alejandro Anaya Durand

Las ecuaciones utilizadas en este programa son:

Nota: El método utilizado en el artículo, es un método gráfico, así que se obtuvieron correlaciones que describen dichas gráficas para poderlas integrar al lenguaje de programación. *Lo que se pretende y recomienda con este programa, es que el usuario consulte el artículo y aprenda a deducir dichas gráficas para aplicarlo análogamente a otros aspectos, es decir: a otros tipos de cálculos.*

Diámetro base (in):

$$D_B = (\text{EXP}(0.476849975214 * \text{LN}(Q) + \text{LN}(5.56433796326)))$$

Factor por densidad:

$$F_D = (\text{EXP}(\text{LN}(1.00045319359) + 0.143003684206 * \text{LN}(D_R)))$$



Factor por viscosidad:

$$F_v = (\text{EXP}(\text{LN}(0.999946782085))+0.0257142003325*\text{LN}(v))$$

Factor por costo de energía:

$$F_e = (\text{EXP}(\text{LN}(1.39606096526))+0.169358412999*\text{LN}(C_e))$$

Factor por costo de tubería:

$$F_t = (\text{EXP}(\text{LN}(1.36377141891))-0.167650760779*\text{LN}(C_t))$$

Factor por relación "R":

$$F_R = (1.09470076083*\text{EXP}(-0.08419952938*R))$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico (ft<sup>3</sup>/s)

D<sub>R</sub> = Densidad relativa

v = viscosidad (cp)

C<sub>e</sub> = Costo de energía eléctrica (\$/kWH)

C<sub>t</sub> = Costo de tubería (\$/ft) (costo por diámetro)

R = Relación del costo de los accesorios de la tubería e instalación, al costo de la tubería.

### --- Diámetro óptimo ---

Con este programa se puede obtener el diámetro óptimo de una tubería, considerando el caudal, la viscosidad y la densidad del fluido principalmente. Además de los factores anteriormente mencionados, también se toma en cuenta los costos involucrados en la instalación y operación al utilizar una tubería.

Sólo se tiene que proporcionar los datos en los cuadros de edición como se muestra en el gráfico de abajo. Se proporcionan los costos del año de 1998 de acero y acero al carbón, pero en caso de que se quieran actualizar éstos, se pueden proponer en los cuadros de edición a la derecha del cuadro.



**Diámetro Óptimo**

Datos: Diámetro propuesto (in): 10      Flujo (ft<sup>3</sup>/s): 0.646  
 Densidad (lb/ft<sup>3</sup>): 62.4      Viscosidad (cP): 1

Respuesta: Diámetro óptimo: 4.53 in

Calcular      Cerrar      Nota

	Costos al año 1998:		Propuesto
	Acero al carbón	Acero	
n Exponente en ecuación costo-tubería (C=X*D <sup>n</sup> ), adimensional	1.35	0.7793	1.35
X Costo de 1 ft por ft-día de tubería, \$	29.52	130	29.52
Le' Factor por fricción en accesorios, longitud equivalente por unidad de longitud, 1/ft	2.74	2.74	2.74
M = ((a'+b)*E*P/(17.9)*Y) = factor que expresa costos de instalación de tubería, adimensional	0.575	0.575	0.575
E Fracción combinada de eficiencia de bomba y motor, adimensional	0.5	0.5	0.5
P Costo de instalación de bomba y motor, \$/hp	150	150	150
K Costo de la energía entregada al motor, \$/kWh	0.07	0.07	0.07
Y Días de operación por año (a 24h/d)	365	365	365
F1 Factor por impuestos y otros gastos, adimensional	0.55	0.55	0.55
Z Proporción fraccionaria del retorno de inversión, adimensional	0.1	0.1	0.1
F Factor por instalación y accesorios, adimensional	6.7	7.5	6.7
a Fracción anual de depreciación de tubería, adimensional	0.1	0.1	0.1
b Fracción anual de mantenimiento de tubería, adimensional	0.1	0.1	0.1
a' Fracción anual de depreciación de instalación de bombeo, adimensional	0.2	0.2	0.2
b' Fracción anual de mantenimiento en instalación, adimensional	0.2	0.2	0.2

Este programa fue basado en:  
 Chemical Engineering May 1999  
 Updated Rules For Pipe Sizing

Por: Anaya Durand A.; Ojeda Berra L.; Arrollo Boy J.; Suárez Trueba J.; Lastra Corral J.; Villalón Breña P. / Pág. 153-156

Peters, M.S., and Timmerhaus, C.D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", pp. 302-308, McGraw-Hill, New York, 1990

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Q = \left[ \frac{D^{4.84+n} n X E (1+F) (Z + \{a+b\} \{1-\phi\})}{(1 + 0.794 Le' D) (0.000189 Y K \rho^{0.84} \mu^{0.16}) \left( \{1+M\} \{1-\phi\} + \frac{Z M}{\{a'+b'\}} \right)} \right]^{1/2.84}$$





Donde:

n: exponente en ecuación costo-tubería ( $C=X \cdot D^n$ ), adimensional

X: costo de un ft por ft-día de tubería, \$

Le': factor por fricción en accesorios, longitud equivalente por unidad de longitud, 1/ft

$M = (a'+b') \cdot E \cdot P / (17.9 \cdot K \cdot Y)$  = factor que expresa costos de instalación de tubería, adimensional

E: fracción combinada de eficiencia de bomba y motor, adimensional

P: costo de instalación de bomba y motor, \$/hp

K: costo de energía entregada al motor, \$/kWh

Y: días de operación por año (a 24h/d)

Ø: factor por impuestos y otros gastos, adimensional

Z: proporción fraccionaria del retorno de inversión, adimensional

F: factor por instalación y accesorios, adimensional

a: fracción anual de depreciación de tubería, adimensional

b: fracción anual de mantenimiento de tubería, adimensional

a': fracción anual de depreciación de instalación de bombeo, adimensional

b': fracción anual de mantenimiento en instalación, adimensional

Q: flujo volumétrico, ft<sup>3</sup>/s

ρ: densidad, lb/ft<sup>3</sup>

μ: viscosidad, cP

### --- Longitud equivalente ---

Este programa calcula la longitud equivalente de accesorios. Se pueden escoger los accesorios, así como su diámetro; el programa lo que hace es ir sumando las longitudes equivalentes a medida de que se escogen los accesorios.

Primero se tiene que escoger si se quiere obtener la longitud equivalente de accesorios ó de contracciones y expansiones.

El primer cuadro que se muestra al escoger "Accesorios" es el que se muestra a continuación y en él se tiene que escoger el accesorio, el diámetro (en el cuadro de lista correspondiente) y el número de accesorios de este tipo. Al hacer clic en "Siguiente", se puede escoger otro accesorio; y se repite la operación hasta tener todos los accesorios que se quiere calcular su longitud equivalente.



**LONGITUD EQUIVALENTE** ? X

Accesorio:  
Codo 90° Radio largo

Siguiete

Diámetro [in]: 10

Cantidad: 3

Terminar

Entonces, al hacer clic en "Terminar", se hará la suma y mostrará el resultado en un cuadro siguiente.

**LONGITUD EQUIVALENTE** ? X

Resultado:

La longitud equivalente de los accesorios es:

L = 61,2 metros.

Aceptar

Cuando se escoge contracción ó expansión, sólo hay que poner los diámetros correspondientes (menor y mayor) y el programa calculará el coeficiente "K" de dicha contracción ó expansión.

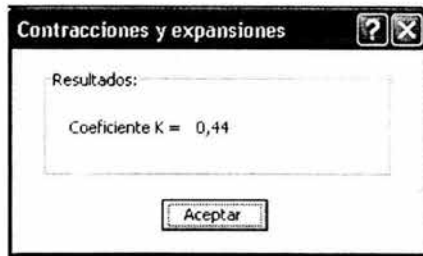
**Contracciones y expansiones** ? X

Datos:

Diámetro 1 = 2

Diámetro 2 = 8

Aceptar Cancelar



El programa está basado en:

-"How To Compute Pipe Size"

Por: Kern, Hoffman, La Roche Inc.

Chemical Engineering Enero 1975 Pág.: 114

-"Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Bardenas

Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 694-697

Los datos utilizados en este programa son tablas, que el lector puede encontrar en el apéndice de la presente tesis.

### --- Flujo a dos fases ---

Este programa es para calcular la caída de presión en tuberías cuando se presentan dos fases. Presenta gráficos de los diferentes tipos de flujo a dos fases (líquido – vapor). Para calcular la caída de presión hay que proporcionar todos los datos que se requieren en un primer cuadro:



**Caída de presión** [?] [X]

Datos:

L=	<input type="text" value="136077.711"/>	kg/h
G=	<input type="text" value="158757.33"/>	kg/h
DL=	<input type="text" value="536.619"/>	kg/m <sup>3</sup>
DV=	<input type="text" value="32.037"/>	kg/m <sup>3</sup>
VL=	<input type="text" value="0.1"/>	cp
WV=	<input type="text" value="0.01"/>	cp
TL=	<input type="text" value="0.000581238"/>	kgf/m
Di=	<input type="text" value="0.30323"/>	m
e/D=	<input type="text" value="0.0003"/>	

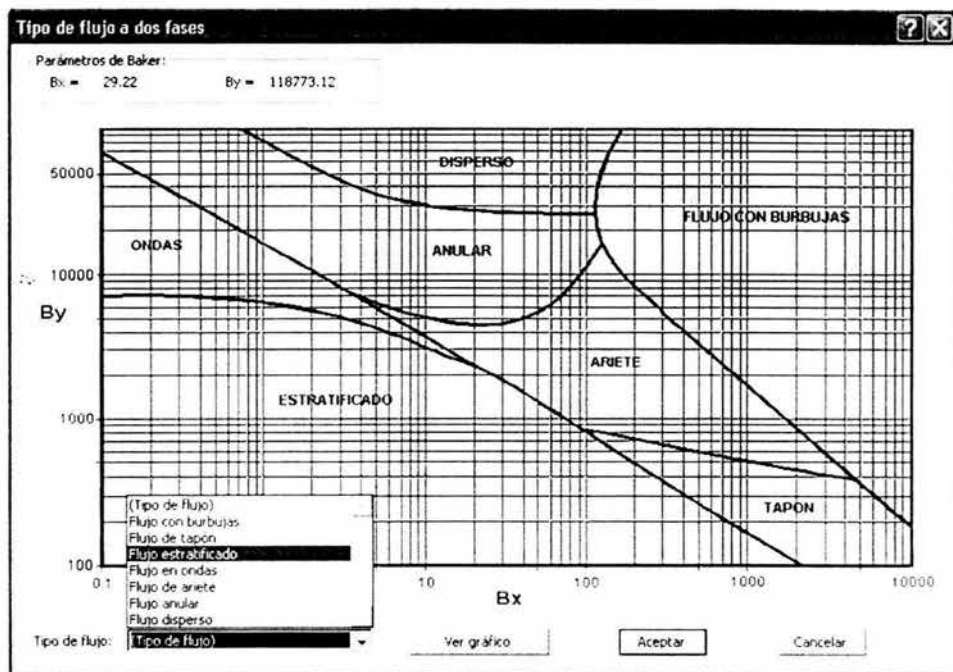
Aceptar

Cancelar

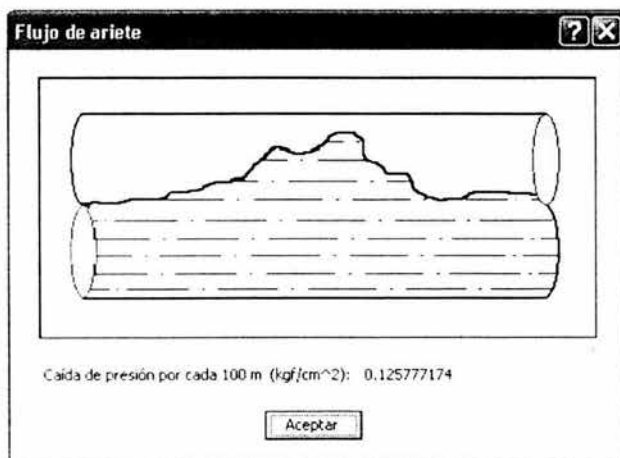
Nomenclatura

En este caso, hay un cuadro de nomenclatura el cual explica las iniciales de los datos, no es por alguna razón en especial, sino más bien, por estética del cuadro de datos. La nomenclatura se puede ver haciendo clic en el botón inferior del cuadro de datos.

Una vez dados los datos, se presenta un siguiente cuadro, en el cual ya se calcularon los parámetros de Baker y los presenta para que el usuario determine en que región cae el tipo de flujo en la gráfica, y lo seleccione en el cuadro de lista que se encuentra en la parte inferior izquierda del cuadro (como se muestra a continuación).



Cuando se ha seleccionado el tipo de flujo en el cuadro de lista, se puede volver a ver el gráfico si se hace clic en el botón correspondiente. Entonces al hacer clic en "Aceptar", se calcula la caída de presión y se presenta el resultado debajo del gráfico correspondiente.





Este programa fue basado en:  
 -"Piping Desing for Two-Phase Flow"  
 Por: Kern, Hoffman, La Roche Inc.  
 Chemical Engineering Jun 1975 Pág: 145

-"Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Bardenas  
 Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 617-621

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

Parámetros de Baker:

$$B_x = 0.0215 \frac{L}{G} \frac{\rho_L \rho_V \mu^{1/3}}{\rho_L^{2/3} \sigma_L} \quad B_y = 7.084 \frac{G}{A \rho_L \rho_V}$$

donde:

- Bx = abscisa de la gráfica
- By = ordenada de la gráfica
- L = gasto másico del líquido [kg/h]
- G = gasto másico del gas [kg/h]
- $\rho_L$  = densidad del líquido [kg/m<sup>3</sup>]
- $\rho_V$  = densidad del gas [kg/m<sup>3</sup>]
- $\mu_L$  = viscosidad del líquido [cp]
- $\sigma_L$  = tensión superficial del líquido [kgf/m]
- A = área del tubo [m<sup>2</sup>]

Las pérdidas de presión se calculan por cada 100 metros de longitud de tubo, y se basa en el método propuesto por Lockart y Martinelli.

Este método consiste en evaluar primero la caída de presión en 100 metros de tubería suponiendo que sólo exista gas, corrigiéndose después para dos fases con el factor  $\phi^2$ .

$$\Delta P_{100} = \frac{f_D L u^2 \rho}{2 g c D} \quad \Delta P_{100(\text{vapor})} = \frac{f_V 8.27 G^2}{D^5 \rho_V}$$

$$\Delta P_{100(\text{Dos fases})} = \Delta P_{100(\text{vapor})} \phi^2$$

donde:

- fD = factor de fricción para el vapor
- G = gasto másico [kg/s]
- Di = diámetro interno [m]
- $\rho_V$  = densidad del vapor [kg/m<sup>3</sup>]
- $\Delta P$  = caída de presión en [kgf/m<sup>2</sup>] en 100 metros



Robert Kern presentó la siguiente correlación para el cálculo de:

$$\phi = a X^b$$

$$X^2 = \frac{\Delta P_{100 \text{ liquido}}}{\Delta P_{100 \text{ vapor}}} \quad X^2 = \left( \frac{L}{G} \right)^{1.8} \frac{\rho_V}{\rho_L} \left( \frac{\mu_L}{\mu_V} \right)^{0.2}$$

donde:

- $\phi^2$  = factor de corrección
- a = flujo en fase de vapor
- b = constante
- $X^2$  = módulo de Martinelli

El factor de corrección se obtiene de acuerdo al tipo de flujo que se maneja:

- Con burbujas:

$$\phi = \frac{16.48 X^{0.75}}{(L/A)^{0.1}}$$

- Tapón:

$$\phi = \frac{35.758 X^{0.855}}{(L/A)^{0.17}}$$

- Estratificado:

$$\phi = \frac{54700 X}{(L/A)^{0.8}}$$

- Ariete:

$$\phi = \frac{2.63 X^{0.815}}{(L/A)^{0.5}}$$

- Anular:

$$\phi = a X^b$$

$$a = 4.8 - 12.3 D$$

$$b = 0.343 - 0.82 D$$

D = diámetro interno [m]

Para un diámetro nominal mayor ó igual a 12 in, usar D=0.254 m



- Disperso:

En este caso, se obtuvo una correlación de una gráfica de la bibliografía citada, con la cual se puede obtener el factor de corrección:

$$K = \ln X^2$$

$$\phi^2 = \exp[0.00016460 K^5 + 0.00131285 K^4 + 0.00292911 K^3 + 0.02681767 K^2 + 0.46204966 K + 2.88129179]$$

- Ondas:

$$H_X = \frac{L \mu_G}{G \mu_L}$$

En este caso, también se obtuvo una correlación para obtener el factor de fricción de Huntington, el cual sirve para calcular la caída de presión:

$$f_H = \exp[0.2053 \ln H_X - 3.9444]$$

$$\Delta P = 6.379411E - 7 \frac{f_H G^2}{D^5 \rho_G}$$

### --- Medidores de Flujo ---

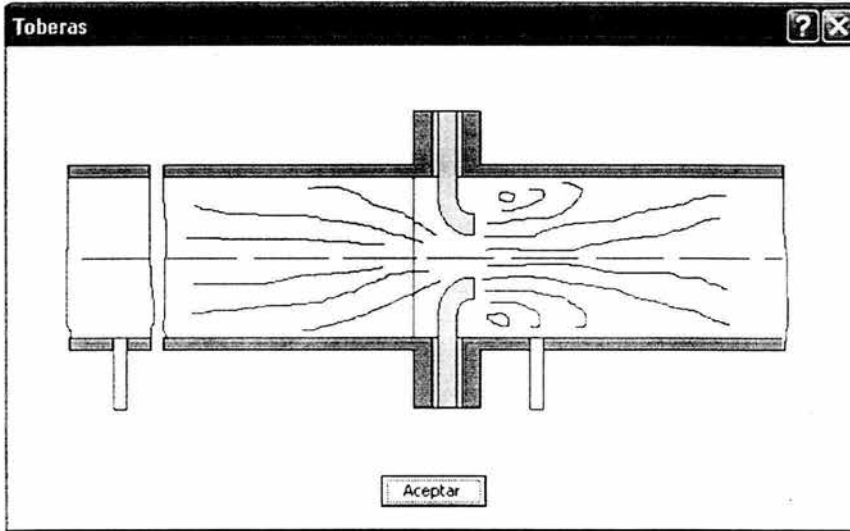
Este programa muestra gráficamente algunos de los diferentes tipos de medidores de flujo, así como también calcula el caudal dado unos parámetros, siendo el principal la caída de presión.

Por ejemplo, si se escoge "Tobera" dentro de las siguientes opciones:

- Medidor de orificio
- Tubo venturi
- Tobera
- Tubo pitot

Aparecerá un cuadro dando la opción al usuario de ver el gráfico ó calcular el caudal, supongamos que primero vemos el gráfico y después queremos calcular el caudal, entonces veremos:





Datos:

Coeficiente para toberas:	<input type="text" value="0.99"/>		
Diámetro de garganta:	<input type="text" value="0.0508"/>	m	<input type="button" value="Aceptar"/>
Diferencia de presión:	<input type="text" value="1273"/>	kgf/m <sup>2</sup>	
Densidad:	<input type="text" value="870"/>	kg/m <sup>3</sup>	<input type="button" value="Cancelar"/>
Diámetro de la tubería:	<input type="text" value="0.07792"/>	m	

Se tienen que proporcionar los datos requeridos, y entonces se podrá calcular el caudal que se supone está pasando por ese medidor.

El programa está basado en:  
-"Measuring Flow in Pipes UIT Orifices and Nozzles"  
Por: Kern, Hoffman, La Roche Inc.  
Chemical Engineering Febrero 1975 Pág: 71

-"How To Size Flowmeters"



Por: Kern, Hoffman, La Roche Inc.  
Chemical Engineering Marzo 1975 Pág: 161

-"Problemas de flujo de fluidos" por: Antonio Valiente Bardenas  
Edit. Limusa. Primera edición. México Pág. 195-202

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

Para el medidor de orificio:

$$Ca = C_o \frac{\pi D_o^2}{4} \frac{2gc(\Delta P/\rho)}{1 - (D_o/D_1)^4}$$

Para tubo venturi:

$$Ca = C_v \frac{\pi D_1^2}{4} \frac{2gc(\Delta P/\rho)}{1 - (D_g/D_1)^4}$$

Para toberas:

$$Ca = C_{TO} \frac{\pi D_1^2}{4} \frac{2gc(\Delta P/\rho)}{1 - (D_1/D_{OT})^4}$$

Para tubo pitot:

$$Ca = C_{Pit} \frac{\pi D_1^2}{4} \frac{2gc(\Delta P)}{\rho}$$

donde:

$C_o$  = coeficiente de orificio

$D_o$  = diámetro del orificio [m]

$\Delta P$  = caída de presión [kgf/m<sup>2</sup>]

$D_1$  = diámetro de la tubería [m]

$\rho$  = densidad del fluido [kg/m<sup>3</sup>]

$C_v$  = coeficiente de velocidad

$D_g$  = diámetro de garganta [m]

$C_{TO}$  = coeficiente para toberas

$D_{OT}$  = diámetro del orificio de la tobera [m]

$C_{pit}$  = coeficiente para tubo Pitot (para un Pitot bien diseñado, es la unidad)

$Ca$  = caudal [m<sup>3</sup>/s]



### ---- Compresores ----

Este programa especifica un compresor con el método "N". En el primer cuadro que muestra, se tiene que poner los datos necesarios para poder iniciar el cálculo:

The dialog box contains the following fields and values:

Variable	Value
Temperatura de entrada [°F]:	51
Presión de entrada [Psia]:	20.3
Presión de salida [Psia]:	101.5
Flujo [mol/h]:	2400
Número de gases:	3

Buttons: Aceptar, Cancelar

Una vez hecho esto, aparecerá un cuadro repetidamente (igual al número de gases propuestos), en el cual se pondrán los datos de todos y cada uno de los gases:

The dialog box contains the following fields and values:

Variable	Value
Gas No. 1	
% en mol:	
Masa molecular [g/mol]:	
Temperatura crítica [°R]:	
Presión crítica [Psi]:	
Cp [Btu/mol*°F]:	

Buttons: Aceptar, Cancelar

Cuando el programa realice algunos cálculos, mostrará el flujo másico que se está manejando y preguntará al usuario la eficiencia politrópica del compresor (dato que el proveedor proporcionará).



**Eficiencia politrópica** [?] [X]

El flujo volumétrico es [ft<sup>3</sup>/min]:  
10576.7511310126

Seleccionar un compresor...

el % de la eficiencia politrópica es:

Aceptar

Cuando se termine de introducir todos los datos, el programa mostrará todos los cálculos que realizó para llegar a la potencia del compresor y temperatura de salida.

**Resultados:** [?] [X]

Flujo máscico [lb/min]:	2548
Presión reducida en entrada:	0.0639329805996473
Temperatura reducida en salida:	1.58147469514121
Factor de compresibilidad en entrada:	0.994829306010859
Flujo Vol en entrada [ft <sup>3</sup> /min]:	10521.7547086682
Eficiencia politrópica:	0.98
Eficiencia adiabática:	0.978961696987437
Presión reducida en salida:	0.319664902998236
Temperatura reducida en salida:	1.75518023421283
Factor de compresibilidad en salida:	0.982788000088577
Cabeza politrópica [ft]:	20352.2036925209
Potencia requerida [Hp]:	1603.50695759256
Temperatura de salida [*F]:	95.98475133773
Flujo Vol en salida [ft <sup>3</sup> /min]:	2307.03720360731

Nota: Se tiene que considerar pérdidas características del compresor, como las pérdidas por fricciones. Datos que el proveedor tiene que proporcionar.

Aceptar

Este programa está basado en:

-“Selecting and Sizing Process Compressors” por: A.K. Coker Hydrocarbon Processing Jul 1994 Pág. 39-47

-“Problemas de flujo de fluidos” por: Antonio Valiente Barderas  
Edit. Limusa. Primera edición. México Págs. 434 - 437



Las ecuaciones utilizadas son:

$$m = \frac{(\text{moles/h}) * M_p}{60}$$

$$P_R = \frac{P}{P_c}$$

$$T_R = \frac{T}{T_c}$$

$$X = r \binom{k-1}{k} - 1$$

$$T_2 (\text{aprox}) = \frac{X}{\eta_{ad}} T_1 + T_1$$

$$H_p = \frac{Z_p R T}{n-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$$\frac{n-1}{n} = \frac{k-1}{k \eta_p}$$

$$HP = \frac{m H_p}{\eta_p 33000}$$

$$T_2 = \frac{H_p}{Z_p R \binom{k}{k-1} \eta_p} + T_1$$

$$Q_2 = Q_1 \frac{P_1 T_2 Z_2}{P_2 T_1 Z_1}$$

donde:

$m$  = flujo de entrada (lb/min)

$M_p$  = masa molar promedio

$P_R$  = presión reducida

$T_R$  = temperatura reducida

$X$  = factor de incremento de temperatura

$k$  = exponente adiabático ( $C_p/C_v$ )



$T_2$  (aprox) = temperatura aproximada de salida ( $^{\circ}$ R)

$T_1$  = temperatura de entrada ( $^{\circ}$ F)

$H_p$  = cabeza politrónica (ft)

$n$  = exponente politrónico

$\eta_p$  = eficiencia politrónica

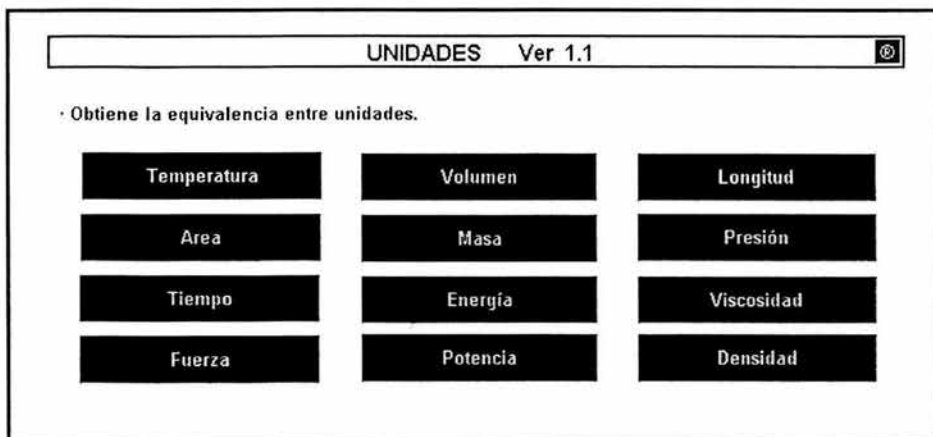
HP = potencia requerida (hp)

$Z_p$  = factor de compresibilidad promedio

$Q_2$  = flujo de descarga ( $\text{ft}^3/\text{min}$ )

### --- Unidades ---

Este programa obtiene la equivalencia entre 12 diferentes unidades más usadas. Se tiene que escoger las unidades que con que se trabajará de la primer pantalla que aparece al abrir el programa, como se muestra en la figura de abajo.



Cuando se hace clic en un botón de unidades (en el caso de la figura de abajo, unidades de energía), aparecerá un cuadro con un *cuadro de lista*; para escoger las unidades iniciales y un cuadro de edición para proponer el valor que tendrá ese valor inicial. Al hacer clic en "Aceptar", aparecerán los valores en la parte inferior del cuadro con sus respectivas unidades.



**Convertir Energía** [?] [X]

Datos:

Unidades iniciales: cal [v]

Valor = 52

Aceptar

Cancelar

Resultados:

J = 217.7136	Btu= 0.20635267740516
erg= 2177136000	lbf*ft= 160.5773107432
kcal= 0.052	l*atm= 2.1460998761852
cal= 52	kWh= 0.00006046511627884

Este programa está basado en:

-Guía de Usuario

Serie HP 48G, segunda edición

Hewlett Packard

Tabla de unidades E-1



## 5.2.- Páginas con formato HTM (Web)

En la sección 2.5.2, se ha descrito de una forma un tanto detallada el material que se elaboraría, no obstante, se utilizan términos un poco técnicos para dicha descripción. Además, sólo se describió la organización, es decir; la forma en que se estructuraría el material.

En la presente sección, se describirán las páginas Htm, una vez que ya han sido elaboradas. La forma de descripción, será de un carácter general, es decir; todas las páginas están estructuradas de una misma forma (con un mismo modelo). Así que basta describirlo una sola vez de manera general y eso aplica a todas las páginas.

*Nota: se recuerda al lector, que se recomienda revisar éste texto simultáneamente junto con el programa en un ordenador, para una mejor ejemplificación de lo que se describe.*

Vale la pena presentar los temas generales, subtemas y algunos de éstos últimos con subpuntos. Aunque sólo se presentan los temas, se recuerda al lector que éstos se encuentran desarrollados en el material elaborado (programa para ordenador "Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1").

Los temas desarrollados son:

### Estática de fluidos (conceptos fundamentales)

- Presentación
- Densidad
- Densidad relativa
- Principio de Arquímedes
- Principio de Pascal
- Presión
- Peso específico
- Densidad en grados Baumé
- Densidad en grados API
- Densidad de una mezcla de líquidos ideales
- Densidad de los gases
- Densidad de una mezcla de gases reales
- Presión estática y dinámica
- Presión atmosférica
- Presión manométrica
- Presión de vacío
- Presión absoluta
- Viscosidad
- Viscosidad absoluta o dinámica
- Viscosidad cinemática





### Dinámica de fluidos (conceptos fundamentales)

- Presentación
- Viscosidad (ley de Newton)
- Momentum
- Viscosidad en los gases
- Viscosidad en los líquidos
- Viscosímetros
- Perfiles de velocidad
- Ley de Stokes
- Algunas clasificaciones de flujo

### Sistemas de flujo de fluidos

- Presentación
- Diámetro mínimo y velocidades
- Arreglo en paralelo
- Arreglo ramificado
- Arreglo en malla
- Fórmulas empíricas

### Equipo de transporte

- Bombas
  - Bombas
  - Clasificación
  - Potencia, BHP, eficiencia
  - Cavitación
  - NPSH
  - Curvas de bombas
  - Selección de bombas
  - Corrección por viscosidad
  - Leyes de afinidad
  - Arreglos de bombeo
- Ventiladores
  - Ventiladores
  - Clasificación
  - Curvas características
  - Trabajo y potencia
- Sopladores y compresores
  - Sopladores y compresores
  - Clasificación de los compresores
  - Conceptos básicos
  - Ciclo de compresión
  - Eficiencia de los compresores
  - Definiciones
  - Trabajo de un compresor



### Flujo de fluidos compresibles

- Presentación
- Número de Mach
- Caída de presión
- Método de M.B. Loeb
- Flujo isotérmico
- Flujo adiabático
- Ecuaciones empíricas

### Flujo a dos fases

- Líquidos y gases
  - Patrón de flujo
  - Pérdidas de presión
  - Flujo estratificado
  - Flujo tapón
  - Flujo con burbujas
  - Flujo de ariete
  - Flujo en ondas
  - Flujo anular
  - Flujo disperso
- Gas con sólido y líquido con sólido
  - Velocidad máxima
- Transporte neumático
  - Transporte neumático
  - Flujo uniforme suspendido
  - Flujo no uniforme suspendido
  - Flujo de ariete
  - Flujo de dunas
  - Lecho móvil
  - Lecho estratificado
  - Flujo tapón
  - Caída de presión
- Transporte hidráulico
  - Transporte hidráulico
  - Velocidad mínima
  - Caída de presión

### Flujo en canales y vertederos

- Presentación
- Principio
- Radio hidráulico
- Caudal y velocidad en un canal
- Diseño hidráulico en un canal
- Secciones del canal en terrenos empinados
- Velocidades más comunes
- Disipación de energía



Energía específica  
Resalto hidráulico  
Canal de aforo Parshall  
Consideraciones para un vertedero  
Vertedero rectangular  
Vertedero triangular  
Vertedero trapezoidal  
Vertedero circular  
Instalación y calibración de un vertedero

#### Medidores de flujo

Presentación  
Medidores de orificio  
Tubo venturi  
Toberas  
Tubo pitot  
Rotámetro  
Medidores de turbina  
Medidores de flujo magnético  
Medidores de tipo pistón  
Medidores de paletas deslizantes  
Medidores de rueda oval  
Medidores helicoidales  
Medidores coriolis  
Medidores vortex

#### Fluidos no newtonianos

Presentación  
Clasificación  
Fluido de Bingham  
Fluido pseudoplástico  
Fluido dilatante  
Fluido tixotrópico  
Fluido reopéctico  
Velocidades y caídas de presión

#### Flujo en válvulas

Presentación  
Clasificación  
Pérdidas de presión  
Coeficientes de flujo  
Válvula de compuerta  
Válvula de mariposa  
Válvula de diafragma  
Válvula de retención de columpio  
Válvula de retención de elevación



- Válvula de disco inclinado
- Otro tipo de válvulas de retención
- Válvula de globo
- Válvula angular
- Válvula de bola
- Válvula de cuchilla
- Determinación del tamaño de una válvula de control
- Especificaciones de las válvulas de control

#### Flujo sobre objetos sumergidos:

- Presentación
- Caída de presión por un objeto
- Velocidad terminal en las 3 zonas
- Agitación
- Bancos de tubos
- Cambiadores de calor de coraza y tubos
- Lechos empacados
- Fluidización
- Sistema gas-líquido
- Torres de platos

Lo primero que el usuario verá al abrir la sección “Teoría” del programa unificado (ya se hablará de éste más adelante), será una página principal; siendo ésta una especie de gestora del material. La página principal contiene sólo los temas generales, es decir; sólo los temas que se han subrayado anteriormente. El objetivo de ésta página principal, es que el usuario se pueda “mover” ó pueda explorar los temas y subtemas de una forma sistemática y ordenada, y de ésta manera reducir la posibilidad de que se pueda confundir en cuanto a la jerarquía de la información encontrada en el material. Dicho en otras palabras: se trata de delimitar perfectamente los temas generales, subtemas y subpuntos que pudieran tener éstos últimos.

Los temas generales en la página principal, dan acceso a las páginas en donde se encuentra desarrollado el tema ó donde hay subtemas de dicho tema general. El acceso se da por medio de hipervínculos, es decir; sólo hay que hacer clic en el tema que se desea ver ó explorar y automáticamente se abrirá otra página en la cual el tema está desarrollado ó hay más subtemas (si es el caso).

En el caso de que se abra un tema que tenga subtemas y subpuntos (como es el caso del tema general “Equipo de transporte”), se abrirá una página con características que a continuación se describen.

La página está dividida en dos con una línea vertical y con un color de fondo diferente en cada sección. La división será aproximadamente de un 18% de la pantalla



de izquierda a derecha de la misma (esto puede cambiar un poco ó variar dependiendo de las características y/o configuración del monitor que se esté utilizando).

La sección derecha de la página, tiene un color de fondo amarillo claro, y en ésta se encuentra una pequeña introducción del tema general.

La sección izquierda de la página, tiene un color de fondo azul, y en ésta se encuentran enlistados los subtemas que en conjunción forman el tema general. Los subtemas en la lista de la parte izquierda, también tienen la función de ser hipervínculos, y al hacer clic en cada subtema se abre automáticamente otra página con dicho subtema desarrollado.

La página abierta del subtema, tiene las mismas características de la página del tema general, es decir; también tiene la división de la pantalla y los colores de fondo descritos anteriormente. Sólo que en éste caso, en la parte izquierda de la pantalla se enlistan una serie de subpuntos que en conjunción forman dicho subtema. Como es de esperarse, ésta lista de subpuntos también tienen la función de hipervínculos, y el objetivo de esto, es que el usuario se pueda desplazar rápidamente por todo el subtema descrito y desarrollado en la parte derecha de la misma página.

En todas y cada una de las secciones izquierdas de las páginas, en la parte de abajo hay un hipervínculo en forma de texto que dice "Mapa principal", éste abre una página en la cual se enlistan todos los temas, subtemas y subpuntos que conforman la sección "Teoría" del programa principal. Éste "mapa principal", es para apoyar el objetivo de ayudar al usuario a que no se confunda en cuanto a la organización de la información. De ésta forma, el usuario podrá acceder a dicho "mapa principal" desde cualquier página y en cualquier momento.

Para poder regresar al tema general hacia arriba (en jerarquía), en la parte inferior izquierda de todas y cada una de las páginas se puede encontrar una flecha de color azul con dirección hacia la izquierda. Al hacer clic sobre ésta, automáticamente se abrirá la página anterior (ó hacia arriba en jerarquía, más no las ya visitadas).

En el caso de que se abra un tema que no tenga subtemas, la página que se abrirá, tendrá un formato y características como las descritas anteriormente.

Cabe recordar al lector y/o usuario del material elaborado que; se puede desplazar a través de las páginas una vez visitadas, con las flechas del *explorador de páginas* que esté utilizando, éstas se encuentran generalmente en la parte superior izquierda del explorador. Ya que se ha mencionado el explorador de páginas, se recomienda utilizar por lo menos "Internet Explorer 6.0" para una mejor apreciación y funcionalidad de las páginas elaboradas. Si se utiliza un explorador anterior, puede que se pierdan algunas funciones y/o elementos gráficos en las páginas, pero aún así, se puede trabajar en ellas.



### 5.3.- Archivo de ayuda

Con el fin de hacer un material para ordenador lo más completo y profesional como sea posible, se ha elaborado un archivo de ayuda el cual estará anexo al programa principal ó programa integral (más adelante se hablará de éste). Éste archivo de ayuda se elaboró con el programa HTML Help Workshop y como no es éste el caso, sólo se describirá el archivo elaborado y no el proceso para su elaboración.

En el menú "Ayuda" del programa principal hay un submenú que dice "Ayuda de Material de Flujo de Fluidos", al hacer clic en él, se abrirá el archivo de ayuda. El archivo de ayuda tiene un formato especial para éste tipo de archivos y en consecuencia tiene una extensión propia (.CHM). En general, los ordenadores con Windows 98 ó superior pueden abrirlos sin problema alguno, si fuera el caso de que no se pudiera abrir dicho archivo; en el CD del programa "Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1" en la siguiente dirección "Complementos\VAHW" se encuentra un programa extractor de controladores llamado "hhupd.exe" y sólo hay que hacer doble clic en él.

Una vez ya abierto el archivo de ayuda, se podrá observar que la "ventana" se divide en dos con una línea vertical (más o menos como en las páginas Htm). La sección izquierda, contiene los títulos de los temas que se desarrollan en dicho archivo, ordenados en pequeños folders. La sección derecha, muestra el tema que el usuario escoja en la parte izquierda. En éste archivo de ayuda, se tratan temas desde como instalar el material, hasta una breve descripción del funcionamiento de todos y cada uno de los programas en Visual Basic para Aplicaciones.

Hay una ventaja u opción en éste archivo de ayuda; cuenta con una función para poder imprimir el tema que esté en la sección derecha de la pantalla, por si fuera necesario hacerlo.

Vale la pena mostrar los temas desarrollados en éste archivo de ayuda:

#### Presentación

#### Información general

Leer y licencia

#### Modos de exploración

Leer Material de Flujo de Fluidos desde el CD

Leer Material de Flujo de Fluidos instalándolo

#### Programa

Menús

Menú Programa

Menú Herramientas

Menú Ayuda

Teoría

Páginas de teoría

Programas en VB para aplicaciones



Propiedades

- Agua
- Densidad de líquidos
- Presión de vapor
- Tensión superficial

Consulta

- Dimensiones de tuberías
- Bombas (Clasificación)
- Bombas Serie-Paralelo
- Fluidos
- Velocidades de flujo
- Transporte neumático
- Compresores (Clasificación)
- Ventiladores (Clasificación)

Cálculos

- Rugosidad relativa
- Régimen de flujo
- Problema 3.13
- Problema 4.16
- Sistema de 4 tanques
- Tanques
- Diámetro económico
- Diámetro óptimo
- Longitud equivalente
- Flujo a dos fases
- Medidores de flujo
- Compresores
- Unidades

#### **5.4.- Unificación del material elaborado como un programa integral**

Al tener elaborado por una parte, los programas en Visual Basic para Aplicaciones, por otra parte, las páginas con el curso de flujo de fluidos desarrollado en éstas, y por último el archivo de ayuda; el autor de éste material tuvo que buscar la manera más apropiada para presentar al usuario dicho material. De tal forma que se decidió presentar éste material unificado, integrado y gestionado por un programa principal, llamado *programa integral*.

Éste programa principal, fue elaborado con el software Visual Basic 6.0, que tiene la ventaja de generar programas al estilo, semejanza y formato de Windows (programa que más del 97% de los ordenadores en México utilizan). Y análogamente como con el



archivo de ayuda, se comenta lo siguiente; como no es éste el caso, sólo se describirá el programa elaborado y no el proceso para su elaboración.

El programa principal se abre al ejecutar el acceso directo "Material de Flujo de Fluidos" que se anexa al menú "Inicio\Programas\Material de Flujo de Fluidos", y/o en "el escritorio" cuando se instala el programa en el ordenador. Cuando no se instala el programa, éste se puede revisar leyéndolo desde el CD; cuando se escoge la opción "Leer desde el CD". Como sugerencia del autor; se recomienda instalar el programa, ya que de ésta forma trabajará un poco más rápido que si se leyera desde el CD.

Continuando con la descripción; el programa principal se puede dividir gráfica y en unos casos funcionalmente en cuatro sectores:

- ✓ Encabezado ó título (parte superior).
- ✓ Gráfico con movimiento representativo del material (parte izquierda).
- ✓ Dos botones de acceso a los programas en VB para Aplicaciones y a las páginas Htm (parte derecha).
- ✓ Barra de menús (parte superior).

El encabezado ó título, no necesita mucha explicación ó descripción; simplemente se trata del título del programa con letras grandes y color contrastante con el fondo, puesto en la parte superior central del cuadro.

El gráfico con movimiento, sólo es un gráfico para hacer un poco más vistoso el cuadro principal; cuestión de estética.

Hay un primer botón y junto a él una leyenda que dice "Teoría". Al hacer clic en éste botón, se abrirá automáticamente las páginas Htm (descritas en el punto 5.2).

Hay un segundo botón y junto una leyenda que dice "Programas en VB para Aplicaciones". Al hacer clic en éste botón, se abrirá una página Htm con una lista de todos y cada uno de los programas en Visual Basic para Aplicaciones sustentados en Excel (descritos en el punto 5.1).

La barra de menús se divide a su vez en tres secciones:

- Programa
- Herramientas
- Ayuda

El submenú "Programa" cuenta con las siguientes opciones:

- *Cambiar plantilla*: hay dos presentaciones (en cuanto a los colores y texturas utilizados) para representar la plantilla principal, el usuario podrá cambiar la presentación del programa principal de acuerdo a su gusto. (Sólo aplicable cuando se ha instalado el programa).
- *Cerrar*: ésta opción simple y sencillamente cierra el programa principal.





El submenú "Herramientas" cuenta con las siguientes opciones:

- *Tabla periódica*: abre una tabla periódica; más que para ver ó buscar propiedades periódicas de los elementos, el autor la incluye para que el usuario tenga a la mano datos como el peso molecular, además de que es muy completa para otras materias y/o áreas; apta para un estudiante de la Facultad de Química.
- *Calculadora*: tiene las características de una calculadora científica, además de contar con 100 memorias para números.
- *Conversiones*: éste es un programa para realizar conversiones rápidamente de unidades de todo tipo (22 en total). Además el usuario puede proponer sus propias unidades (por si el programa no tiene las que busca el usuario).
- *Propiedades*: contiene alrededor de 15 propiedades como lo son la presión crítica, peso molecular, punto de ebullición, etc. de más de 460 sustancias.
- *Programa interfase HP49G-PC*: abre una página la cual contiene una serie de programas para calculadora HP modelo 49G, un programa de interfase para la comunicación entre la calculadora y la PC y una pequeña guía para utilizar dicho programa de interfase. Esto, por que el autor se da cuenta del éxito de éste tipo de calculadoras y en específico de la marca y modelo mencionado entre los estudiantes de ingeniería química.
- *EPANET Ver. 2.0*: es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. Muy apto para ejemplificar el comportamiento de redes de tuberías (utilizado en varias universidades de América latina).

El submenú "Ayuda" cuenta con las siguientes opciones:

- *Acerca de Material de Flujo de Fluidos*: al hacer clic aquí, se abre una pequeña ventana la cual muestra los respectivos créditos del material recopilado para la elaboración del presente material.
- *Ayuda de Material de Flujo de Fluidos*: al hacer clic aquí, se abre un archivo de ayuda básica acerca del programa y páginas elaboradas.



### 5.5.- Instalación del material integral

Como ya se ha mencionado anteriormente, se puede leer el material desde el CD ó se puede instalar en el ordenador.

#### Leer Material de Flujo de fluidos desde el CD:

Éste modo de revisar el programa, es el más práctico cuando por alguna razón no se debe instalar en el ordenador en el que se está revisando. Por ejemplo cuando se revisa en alguna sala de cómputo; generalmente no es permitido instalar programas en los ordenadores.

En principio, al insertar el CD del programa, el ordenador ejecuta automáticamente un programa gestor el cual tiene la opción de leer el material desde el CD. En caso de que no suceda nada (por configuración del mismo ordenador), se puede buscar la unidad de CD en "Mi PC" y abrir la unidad, en ésta, ejecutar el programa "EJECUTAR.EXE" que es el programa gestor.

Si el programa no se ha ejecutado nunca en el ordenador, el programa lo detectará y advertirá de esto. Como el programa necesita de archivos DLL y OCX para poder funcionar correctamente, se hará una recomendación para activar un programa que copiará los archivos necesarios al ordenador y los registrará en el sistema, así como la configuración del nombre del usuario.

Una vez realizado esto, se podrá revisar el material con la opción de leer desde el CD, y también se podrá instalar en el futuro, en caso de que se requiera.

#### Leer Material de Flujo de Fluidos instalándolo:

Ésta forma de revisar el programa es más práctico cuando se utiliza con un poco de más frecuencia, por lo siguiente:

- ✓ No se tendrá la necesidad de utilizar el CD cada vez que se quiera revisar el programa, y por consecuencia se reduce la posibilidad del maltrato al CD y que en un futuro no lo pueda leer el lector de CD de la PC.
- ✓ Abrirán los subprogramas y las páginas más rápido que si se leyeran desde el CD.
- ✓ Al utilizar los programas realizados en Visual Basic para Aplicaciones (en Excel), el usuario puede guardar los últimos cálculos que ha realizado.
- ✓ La plantilla o cuadro de diálogo principal, cuenta con la posibilidad de cambiar la presentación, de acuerdo a la preferencia del usuario; la configuración se guardará (cosa que no se puede hacer si el programa no es instalado).



En principio, al insertar el CD del programa, el ordenador ejecuta automáticamente el programa gestor el cual tiene la opción de instalar el material. En caso de que no suceda nada (por configuración del mismo ordenador), se puede buscar la unidad de CD en "Mi PC" y abrir la unidad, en ésta, ejecutar el programa "EJECUTAR.EXE" que es el programa gestor.

*Cuando se escoja la opción de instalar el material en el programa gestor, se ejecutará un programa asistente de instalación; el usuario sólo tiene que seguir los pasos para que se realice dicha instalación. Si el usuario ya había configurado su nombre, al instalar el programa, le pedirá nuevamente que lo configure.*



# CAPÍTULO 6

## EJEMPLOS ILUSTRATIVOS

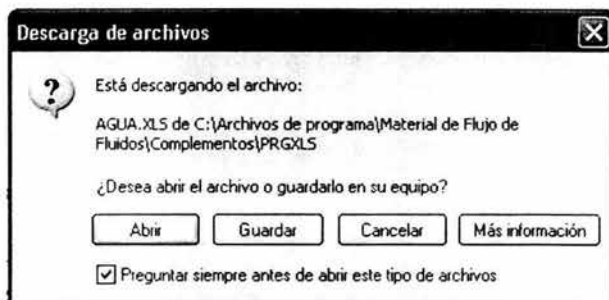
---



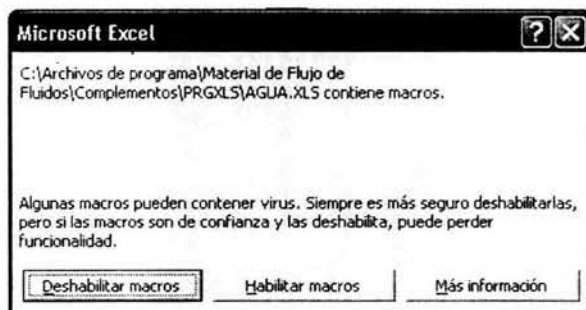
## 6.- Ejemplos ilustrativos

### 6.1.- Para comenzar con un programa

Al abrir algún programa de Visual Basic para Aplicaciones sustentado en Excel (en pocas palabras algún programa de Excel), el explorador de páginas presentará el siguiente cuadro de diálogo:



Si se desea guardar en un disco de 3.5 in ó en algún directorio en específico, entonces se tiene que escoger la opción "Guardar", y el usuario tendrá que especificar en dónde lo hará. Si por el contrario, se desea sólo abrir el archivo para su utilización, entonces se tiene que hacer clic en "Abrir". Entonces Microsoft Excel presentará el siguiente cuadro (Dependiendo de la configuración que el usuario le haya dado al explorador de páginas y a Microsoft Excel.):



Las macros son el programa en sí, y Excel advierte que pueden contener virus por que el que hace las macros (el programador) puede programar acciones que corrompan y/o borren información de los ordenadores. En el caso de los programas pertenecientes a *Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1*, el autor asegura y respalda que no hay comandos y/o acciones peligrosas en las macros. Por lo tanto sólo hay que hacer clic en "Habilitar macros" para que los programas tengan la función para lo que fueron diseñados.



## 6.2.- Programas en Visual Basic para Aplicaciones

En la sección 5.1 se ha descrito las características, fuentes y ecuaciones utilizadas en todos y cada uno de los programas, por lo tanto en ésta sección, sólo se ejemplificará con un sólo ejemplo para cada programa.

Notas:

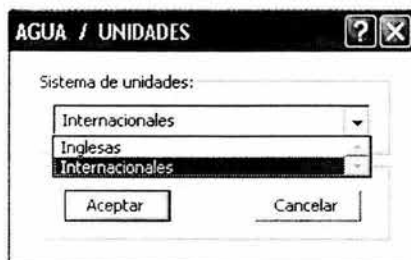
- Una vez más, se recomienda al lector leer éste texto y revisar los programas en un ordenador simultáneamente, para una mejor ejemplificación.
- El autor, deja que el usuario decida en número de cifras significativas que tomará.

### Bloque Propiedades:

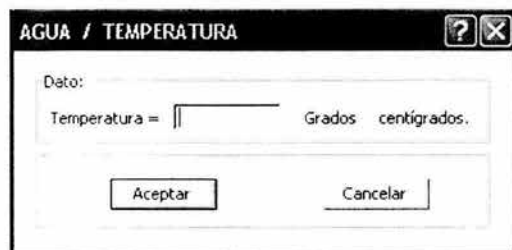
---- Agua ----

Ejemplo: Se necesitan las propiedades del agua a 100 °C.

Se tiene que escoger las unidades con las que se trabajará haciendo clic en el botón "Unidades", en éste caso serán internacionales:



Se calculan las propiedades proponiendo la temperatura en el correspondiente cuadro de diálogo, para éste caso 100 °C:





Los resultados se muestran en un cuadro, así como la temperatura propuesta. Además, cuenta con la opción de copiar los resultados y pegarlos en otra hoja de Excel por ejemplo.

AGUA / PROPIEDADES			?	X
Presión de vapor.....:	100.829341488796	kPa	Temperatura:	
Coef. de expan. térmico.....:	0.000414386914187502	.....	[°C]=	100
Calor latente de vaporización...:	2259.0806227264	kJ/kg		
Núm. Prandtl líquido.....:	1.74875603773585	.....		
Núm. Prandtl vapor.....:	0.9827333808	.....		
Vol. específico líquido.....:	0.00104313098766041	m <sup>3</sup> /kg		<input type="button" value="Calcular"/>
Vol. específico vapor.....:	1.65068967462238	m <sup>3</sup> /kg		
Densidad líquido.....:	958.520138346707	kg/m <sup>3</sup>		<input type="button" value="Copiar"/>
Densidad vapor.....:	0.605807387894	kg/m <sup>3</sup>		
Entalpía líquido.....:	417.25830562944	kJ/kg		
Entalpía vapor.....:	2676.35195135072	kJ/kg		
Cp líquido.....:	4.21323178643779	kJ/(kg*°C)		
Cp vapor.....:	2.02724875367802	kJ/(kg*°C)		
Viscosidad líquido.....:	0.00029047471926183	kg/(s*m)		<input type="button" value="Cancelar"/>
Viscosidad vapor.....:	1.20115346867654E-05	kg/(s*m)		
Conductividad térm. líquido.....:	0.00068119354084733	kJ/(s*m*°C)		
Conductividad térm. vapor.....:	2.47514454877676E-05	kJ/(s*m*°C)		



## --- Densidad de líquidos ---

Ejemplo: Se tiene propileno en un tanque a 80 °C, y se desea saber su densidad. Sólo hay que escoger en el cuadro de lista superior el compuesto, en éste caso es el propileno, las unidades se escogen en el siguiente cuadro de lista, y se propone una temperatura (corroborando que la temperatura propuesta, no exceda los límites recomendados). Una vez que se han propuesto todos los datos, se hace clic en el botón "Calcular" para que en la parte de abajo del cuadro, aparezcan los resultados en tres unidades diferentes.

**Densidad de Líquidos V1.1** [?] [X]

Compuesto:  
Propylene C3H6

Peso molecular: 42.081

Temperatura:  
Unidades: °C Temp: 80

**Rango de temperatura recomendado:**  
-185.26 a 92.42

Densidad:

kmol/m <sup>3</sup> .....	8.69423327650405
g/cm <sup>3</sup> .....	0.365862030508567
lb/ft <sup>3</sup> .....	22.840025227679

Calcular

Cancelar





### --- Presión de vapor ---

Ejemplo: Se tiene bromobenceno en un tanque a 20 °C, y se desea saber la presión de vapor a esa condición.

Sólo hay que escoger en el cuadro de lista superior el compuesto, en éste caso es el bromobenceno, las unidades se escogen en el siguiente cuadro de lista, y se propone una temperatura (corroborando que la temperatura propuesta, no exceda los límites recomendados). Una vez que se han propuesto todos los datos, se hace clic en el botón "Calcular" para que en la parte de abajo del cuadro, aparezcan los resultados en siete unidades diferentes.

**Presión de Vapor** [?] [X]

Compuesto:

Temperatura:  
 Unidades:  Temp:

**Rango de temperatura recomendado:**

Presión de vapor:

Atm.....	0.00411455325755008
mmHg.....	3.12706047573806
kgf/cm^2.....	0.00425033351504923
lbf/in^2.....	0.060467474672956
inH2O.....	1.67540494094182
inHg.....	0.123107433465898
Pa.....	416.907108821262

Calcular

Cancelar



### --- Tensión superficial ---

Ejemplo: Se desea saber la tensión superficial del 1-hexanol a 25 °C y 1 atmósfera de presión.

Al ejecutar el programa se abrirá un cuadro como el de abajo, en éste, se hace clic en el botón derecho para calcular el Parachor del hexanol.

The screenshot shows a software window titled "Tensión Superficial". It has a standard Windows-style title bar with a question mark icon and a close button. The main area is divided into sections. The first section is labeled "Parámetros:" and contains three rows of input fields. Each row has a text label, an empty input box, a unit label, and a "Calcular" button. The rows are: "Parachor [P]:" with an empty box and "Calcular" button; "Densidad del líquido:" with an empty box, the unit "kmol/m^3", and a "Calcular" button; "Densidad del gas:" with an empty box, the unit "kmol/m^3", and a "Calcular" button. Below this section is another section labeled "Valor de la tensión superficial:" which contains the text "TS [mN/m] =" followed by a large, empty rectangular box. At the bottom of the window, there are two buttons: "Calcular" on the left and "Cancelar" on the right.

Para calcular el Parachor del compuesto (en el cuadro de abajo), se tiene que "dividir" el compuesto en sus grupos, entonces:

- 1 grupo "-CH3"
- 5 grupos "-CH2-"
- 1 grupo "-OH"

por lo tanto, se tiene que hacer clic una vez en el botón del grupo "-CH3", cinco veces el botón del grupo "-CH2-", y una vez en el botón del grupo "-OH".

Recordando que si se tiene una equivocación haciendo clic en algún botón que no correspondía, entonces se puede utilizar el botón "Deshacer última acción" y borrará la última acción realizada.



**Atomic Group Contributions for Calculation of the Parachor [P]**

ATOMIC GROUP:

Carbon-hydrogen:

C	$(-CH_2)_n$ $n = 1 - 12$	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )-	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH(CH <sub>3</sub> )-
H	$(-CH_2)_n$ $n > 12$	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-	CH <sub>3</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -
CH <sub>3</sub> -	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-	CH <sub>3</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -

Special Groups:

H in OH	N	B
H in HN	-NH <sub>2</sub>	Al
O	S	F
-OH	P	Cl
O <sub>2</sub> in acids, esters	Si (silanes)	Br
-COO-	I	
-COOH		

Ring Closure:

3-membered	5-membered	7-membered
4-membered	6-membered	

=O (ketone):

3 carbon atoms	6 carbon atoms	9 carbon atoms
4 carbon atoms	7 carbon atoms	10 carbon atoms
5 carbon atoms	8 carbon atoms	11 carbon atoms

Ethylenic Bond:

4-membered	5-membered	7-membered
------------	------------	------------

Triple Bond:

Triple Bond
-------------

PARACHOR [P] = 0

Deshechar última acción    Aceptar    Cancelar

Una vez que se tiene el Parachor, se puede calcular la densidad del compuesto con el siguiente cuadro, escogiendo el compuesto en el cuadro de lista, las unidades de la temperatura y la temperatura a la cual se encuentra el compuesto:

**Densidad del líquido**

Compuesto:

1-Hexanol C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O

Peso molecular: 102.177

Temperatura:

Unidades: °C    Temp: 25

Rango de temperatura recomendado:  
-44.6 a 338.2

Calcular



Por último, se puede calcular la densidad del gas que está en contacto con el compuesto con el tercer cuadro:

The screenshot shows a window titled "Densidad del gas" with a question mark and close button in the top right. The window contains a section labeled "Condiciones del gas:" with two input fields: "Presión del gas [atm]:" with the value "1" and "Temperatura del gas [K]:" with the value "298.15". To the right of these fields are two buttons: "Calcular" and "Cancelar".

Cuando se tienen los tres datos necesarios para el cálculo se puede hacer clic en "Calcular" en la parte inferior izquierda del cuadro, y entonces se realizará el cálculo y lo mostrará en la parte media del cuadro:

The screenshot shows a window titled "Tensión Superficial" with a question mark and close button in the top right. The window contains a section labeled "Parámetros:" with three input fields, each with a "Calcular" button to its right: "Parachor [P]:" with the value "285.3", "Densidad del líquido:" with the value "7.984519968" and unit "kmol/m^3", and "Densidad del gas:" with the value "0.040872732" and unit "kmol/m^3". Below these fields is a section labeled "Valor de la tensión superficial:" with a text area containing the result "TS [mN/m] = 26.3807346227635". At the bottom of the window are two buttons: "Calcular" and "Cancelar".

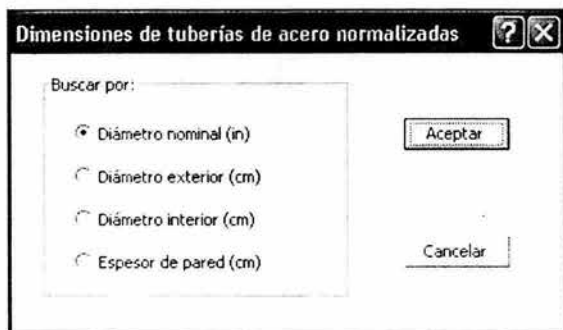


## Bloque Consulta:

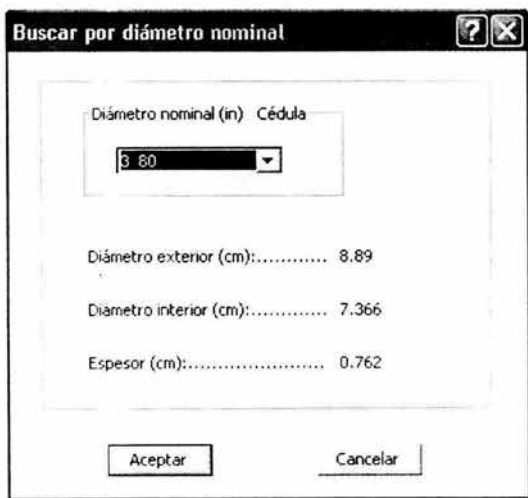
### --- Dimensiones de tuberías ---

Ejemplo: Se necesita saber el espesor y las demás dimensiones de la tubería de 3 in cédula 80.

Primero se tiene que escoger la manera en que se quiere buscar las dimensiones, en éste caso, se buscará por diámetro nominal. Se hace clic en la opción que se necesite y después en el botón "Aceptar". El siguiente cuadro muestra lo explicado anteriormente:



Una vez que se hace clic en "Aceptar" del cuadro anterior, aparecerá un cuadro como el que se muestra a continuación:





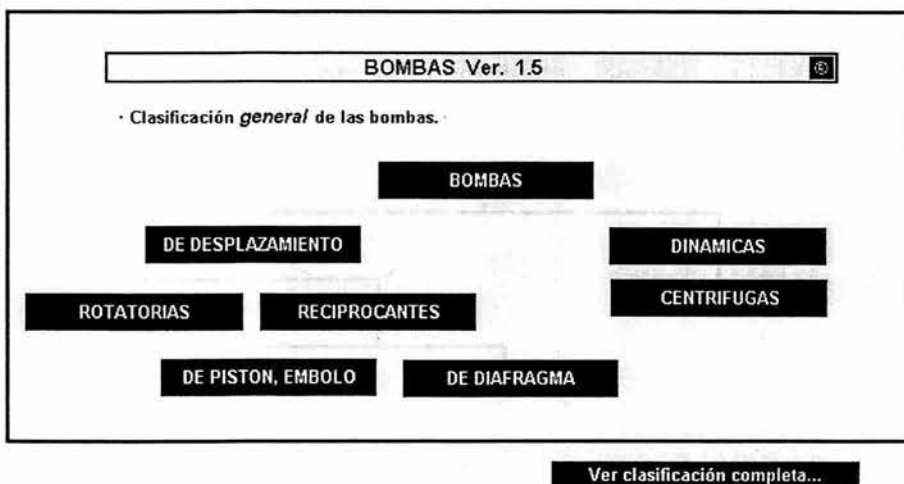
En éste cuadro sólo se tiene que escoger el diámetro nominal y la cédula que requerimos, y automáticamente el programa buscará en la base de datos y los mostrará en la parte inferior del cuadro.

*Nota: considérese que si el título del cuadro en dónde está el cuadro de lista, dice "Diámetro nominal" y después "Cédula"; y en los datos del cuadro de lista hay dos datos, entonces el primero es el diámetro nominal y el segundo la cédula.*

#### ---- Bombas (Clasificación) ----

Ejemplo: Supongamos que el usuario quiere ver cómo es una bomba rotatoria por dentro, y además saber en qué rama de la clasificación general entran éstas.

Al abrir el programa, lo primero que se puede ver es el lugar dentro de la clasificación de las bombas rotatorias.



Al hacer clic en el botón "Rotatorias", se verá una pequeña descripción de éste tipo de bombas:



**Bombas rotatorias** ? X

Las bombas rotatorias fuerzan el líquido a través de la bomba mediante la acción de tornillos, lóbulos, engranes, etc., los cuales operan dentro de una carcaza. La velocidad de bombeo varía cambiando la velocidad del rotor.

Estas bombas pueden mover aire y son autocebables; dan un flujo constante y sin pulsaciones, aunque dependen del líquido para lubricarse, por lo tanto, pueden sufrir daños si operan en seco.

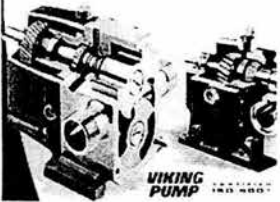
Aceptar Ver gráfico

Y al “oprimir” el botón “Ver gráfico” muestra lo siguiente:

**Bombas rotatorias** ? X

**Bombas Lobulares - Dura Bomi**

Diseadas para aplicaciones CIP (Clean in place) de lavados de botellas, envases y cartuchos de filtro proceso, optimizando su limpieza en tiempo de operación.



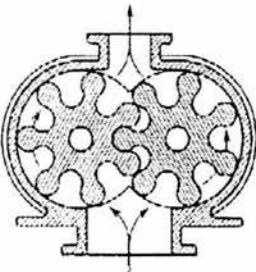
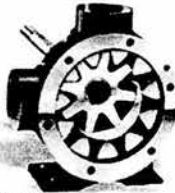


FIG. 10-54 Disposición de un rotor y un engrane en una bomba

**Bombas de uso general Bombas**

**Bombas de engranes Viking**

Usar en servicios generales, manteniendo su tamaño compacto, son bombas de engrane externo con de valor para una gran variedad de aplicaciones.



Aceptar



---- Bombas Serie-Paralelo ----

Ejemplo: Supongamos que el usuario no sabe cómo es el comportamiento de las cabezas y los flujos, cuando hay una serie de bombas en paralelo.

Al abrir el programa, el usuario puede escoger el arreglo de interés; en éste caso, en paralelo, así que se muestra lo siguiente:

**Bombas en serie y en paralelo** ✕

En ciertos sistemas deben instalarse bombas en serie o en paralelo con objeto de aumentar el caudal o la presión de descarga.

BOMBAS EN SERIE    BOMBAS EN PARALELO |

Si las bombas trabajan en paralelo, el flujo volumétrico será la combinación de cada bomba.

$Ca_T = Ca_1 + Ca_2$

Curva característica

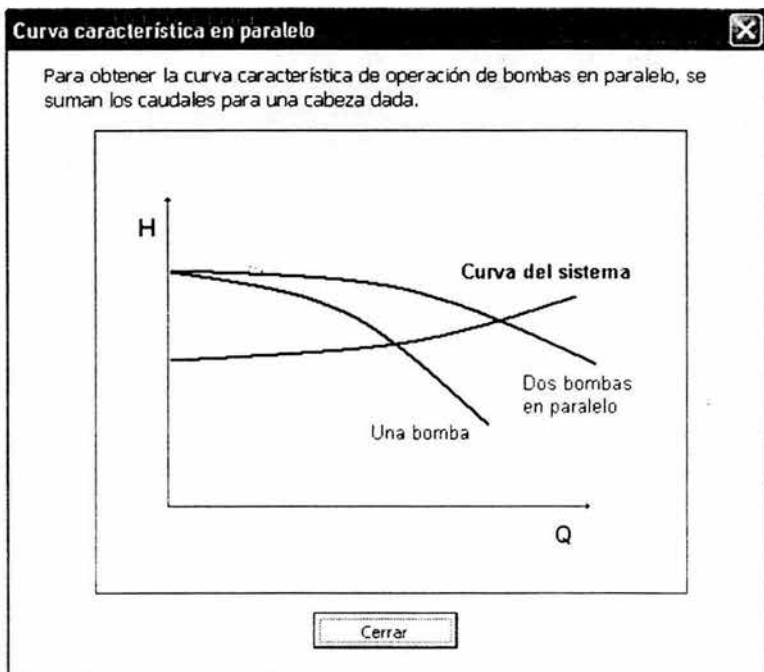
La carga, cabeza o columna total de la combinación de las bombas  $\Delta H(Tot)$ , será igual a la cabeza de cada bomba para el flujo que maneja.

$\Delta H(Tot) = \Delta H(1) = \Delta H(2)$

Cerrar

Al hacer clic en "Curva característica" se podrá ver lo siguiente:

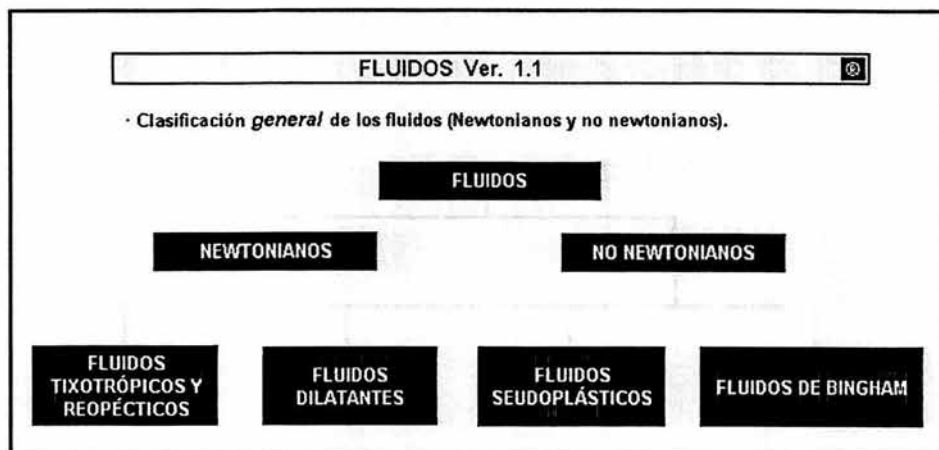




--- Fluidos ---

Ejemplo: Se desea saber cómo es el comportamiento del fluido llamado pseudoplástico frente a una velocidad de corte.

Sólo hay que hacer clic en el botón adecuado en el cuadro siguiente. Se recuerda al usuario que hay un poco de más información en las páginas de teoría pertenecientes a *Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1*.



**Fluidos seudoplásticos**

Su viscosidad decrece al aumentar el gradiente de la velocidad. Como ejemplos podemos mencionar las soluciones poliméricas de peso molecular elevado, la pulpa de papel y la mayonesa.

$$\tau = +\mu_{sp} \left( -\frac{du}{dy} \right)$$

$$\mu_{sp} = +K \left( -\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

$$n < 1$$

$n = \text{índice del comportamiento del flujo}$

$-\frac{du}{dy}$

Aceptar



### --- Velocidades de flujo ---

Ejemplo: Suponga que se desea saber la velocidad recomendada en la succión de una bomba para un hidrocarburo líquido de viscosidad media y el diámetro de succión es de 4 in.

Sólo hay que buscar en el programa el fólder "Velocidades típicas en líquidos" y ver en éste la velocidad recomendada con las características antes mencionadas.

Rangos de velocidades recomendadas			
Velocidades típicas en líquidos		Velocidades típicas en gas y vapor	
Velocidades típicas en equipo			
Nominal Pipe Sizes, in	2 or less	3 to 10	10 to 20
Liquid and Line	Velocity, ft/s	Velocity, ft/s	Velocity, ft/s
<b>Water</b>			
Pump suction	1 to 2	2 to 4	3 to 6
Pump discharge (long)	2 to 3	3 to 5	4 to 7
Discharge leads (short)	4 to 9	5 to 12	8 to 14
Boiler feed	4 to 9	5 to 12	8 to 14
Drains	3 to 4	3 to 5	-
Sloped sewer	-	3 to 5	4 to 7
<b>Hydrocarbon liquids</b> (Normal viscosities)			
Pump suction	1.5 to 2.5	2 to 4	3 to 6
Discharge header (long)	2.5 to 3.5	3 to 5	4 to 7
Discharge leads (short)	4 to 9	5 to 12	8 to 15
Drains	3 to 4	3 to 5	-
<b>Viscous oils</b>			
Pump suction,			
Medium viscosity	-	1.5 to 3	2.5 to 5
Tar and fuel oils	-	0.4 to 0.75	0.5 to 1
Discharge (short)	-	3 to 5	4 to 6
Drains	1	1.5 to 3	-

Cerrar



### --- Transporte neumático ---

Ejemplo: Suponga que se desea saber cómo es el flujo neumático cuando se presenta el tipo de flujo "Flujo de dunas".

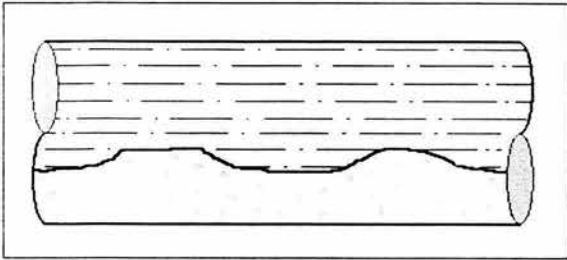
Sólo hay que ejecutar el programa para que aparezca una plantilla con una especie de fólgers en los cuales se describen los tipos de flujo y el gráfico de éstos. Se busca la "pestaña" correspondiente y se hace clic sobre ella, como en el siguiente gráfico:

**Transporte neumático** ✕

En una tubería horizontal, la distribución de los sólidos se hace menos uniforme al decrecer la velocidad del gas. Los siguientes tipos de flujo para velocidades decrecientes son las que más frecuentemente se encuentran:

Flujo de ariete | Flujo de dunas | Flujo lecho móvil | Flujo lecho estacionario | Flujo de tapón

Las partículas se asientan como en el flujo de ariete, pero las dunas permanecen estacionarias con las partículas, arrastrándose sobre las dunas.



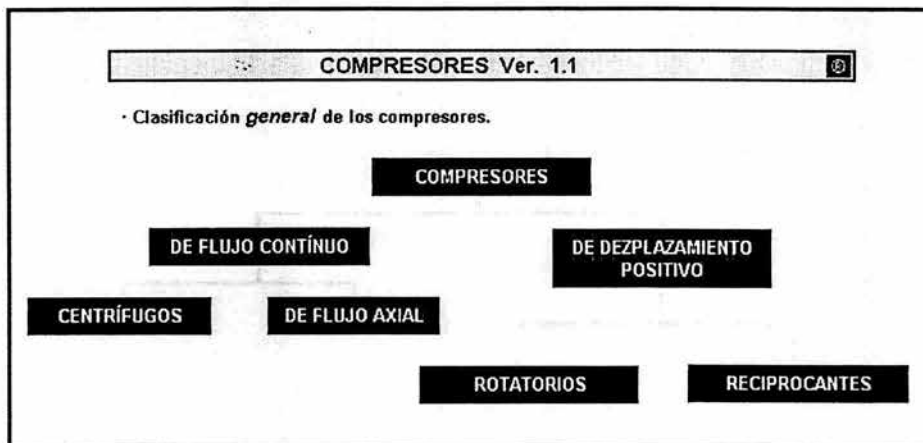
Cerrar



---- Compresores (Clasificación) ----

Ejemplo: Se desea saber cómo es un compresor rotatorio y en qué lugar está dentro de la clasificación.

Sólo se hace clic en el botón "Rotatorios":



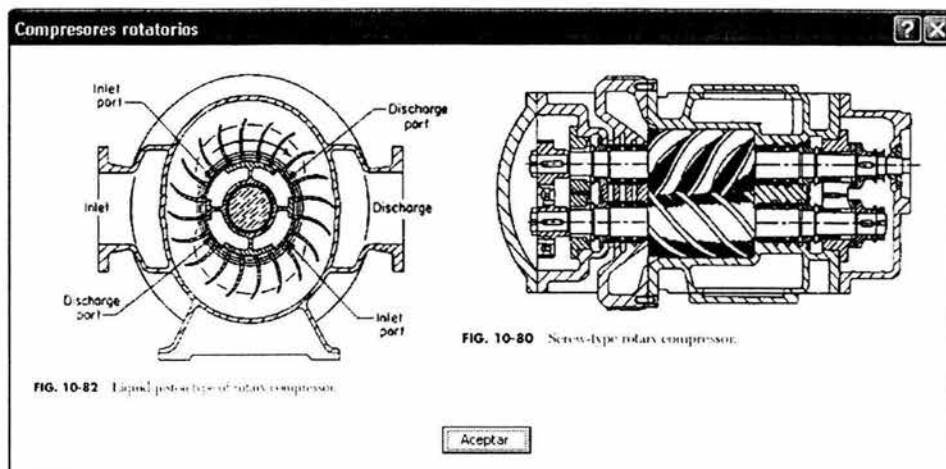
Se podrá ver una breve descripción de éstos:

**Compresores rotatorios**

Estas unidades son esencialmente máquinas de volumen constante con presiones de descarga variables. El volumen sólo se puede modificar al cambiar la velocidad o mediante el desperdicio o derivación de la capacidad de la máquina. La presión de descarga varía con la resistencia del lado de la descarga del sistema. En general, los compresores rotatorios se clasifican como de tipo de lóbulo recto, de gusano, de paletas deslizantes y de pistón líquido.

Aceptar Ver gráfico

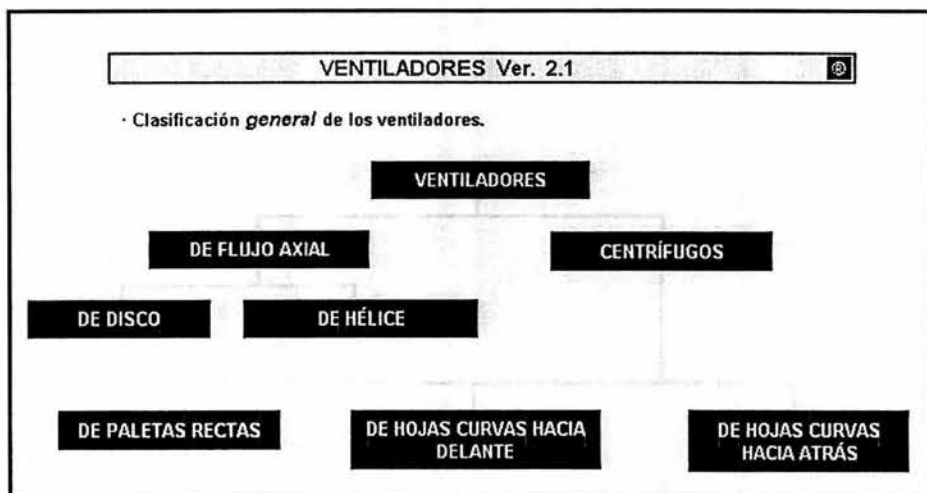
Al hacer clic en "Ver gráfico", se podrá ver cómo es este tipo de compresores y por ejemplo facilitaría al profesor explicar el funcionamiento de las mismas, si se está proyectando en la pantalla del aula.



--- Ventiladores ---

Ejemplo: Se desea saber cómo es un ventilador de hojas curvas hacia delante y algunas características de éstos.

Sólo hay que buscar el tipo de ventilador el cuadro principal:



Y al hacer clic en el botón correspondiente:

**Ventilador de hojas curvas hacia adelante**

Por lo común son de tipo "Sirocco" de aletas múltiples. Los rotores son de menor diámetro y funcionan a velocidades más altas que las unidades de paletas. Estos ventiladores descargan gases a una velocidad relativamente alta. El número de hojas en el rotor es mayor y funcionan de 3600 a 1800 rpm.

**FIG. 10-69** Forward-curved blade, or "sirocco"-type, fan.

Aceptar



## Bloque Cálculos:

### --- Rugosidad relativa ---

Ejemplo: Para calcular el factor de fricción, es necesario calcular la rugosidad relativa del material a utilizar. Por lo tanto se desea saber la rugosidad relativa de todos los materiales con que cuenta la base de datos del programa para una tubería de 8 in de diámetro, con el fin de utilizar la que tenga una rugosidad menor.

Sólo se tiene que proponer el diámetro del tubo y se presentará un cuadro con las rugosidades calculadas:

**Rugosidad relativa** ? X

Dato:

Diámetro del tubo = 8 in

Aceptar Cancelar

**Rugosidad relativa (E/D)** ? X

Diámetro (in) = 8                      E: Rugosidad absoluta.

Resultados: (E/D):

Acero remachado E=0.03	0.04382667
Acero remachado E=0.003	0.00461799
Hormigón E=0.01	0.015
Hormigón E=0.001	0.0015
Madera E=0.003	0.00475512
Madera E=0.0006	0.0009
Hierro fundido E=0.00085	0.00129838
Hierro galvanizado E=0.0005	0.00076646
Hierro fundido asfaltado E=0.0004	0.00059
Acero comercial E=0.00015	0.00022319
Tubo estrado E=0.000005	0.00000755

Aceptar Cancelar





### --- Régimen de Flujo ---

Ejemplo: Calcular el factor de fricción y determinar el régimen de flujo que se desarrolla en una tubería la cual tiene de rugosidad relativa 0.0009, longitud 125 m, diámetro de 0.0525 m, flujo volumétrico 0.00315 m<sup>3</sup>/s, la densidad del fluido es 1000 kg/m<sup>3</sup>, la viscosidad es 0.8937 cp.

Por lo tanto se tiene que escoger la segunda opción, ya que no contamos con el Re, pero tenemos los datos suficientes para calcularlo:

**Régimen de flujo** [?] [X]

En función de qué quieres hacer el cálculo?

Rugosidad relativa y Núm. Re

Rugosidad relativa, viscosidad, densidad, longitud, flujo vol y diámetro.

Aceptar Cancelar

Cuando se escoge la opción y se hace clic en "Aceptar", se muestra un nuevo cuadro con los espacios a llenar de datos. Los resultados se muestran en un nuevo cuadro

**Régimen de flujo** [?] [X]

Datos:

Rugosidad relativa = 0.0009

Viscosidad (cps) = 0.8937

Densidad (kg/m<sup>3</sup>) = 1000

Longitud (m) = 125

Flujo vol. (m<sup>3</sup>/s) = 0.00315

Diámetro (m) = 0.0525

Aceptar Cancelar

**Régimen de flujo** [?] [X]

Resultados:

Velocidad = 1.455

Num. Re = 85473

Factor de fricción = 0.022352

Tipo de flujo = Laminar

Aceptar



--- Problema 3.13 ---

Ejemplo: En éste caso, no podemos variar la estructura del problema; solamente lo que se puede cambiar son los datos que lleva éste con el objeto de que el usuario se dé cuenta del cambio en los resultados al variar uno ó varios datos. Tomando en cuenta lo anterior, se proponen los siguientes datos (los que están ya en el cuadro):

**Problema 3.13** ✕

Problema | Dibujo | Resultados |

Una bomba lleva una solución de  $\sqrt{1.840}$  de densidad relativa de un tanque a otro a través de una tubería de  $\sqrt{2.000}$  in Cd  $\sqrt{40.000}$  la cual tiene un diámetro interno de  $\sqrt{0.052}$  m, con un caudal de  $\sqrt{500.000}$  l/min. El motor de la bomba es de  $\sqrt{5.000}$  HP y tiene  $\sqrt{65.00}$  % de eficiencia. El final de la descarga está a  $\sqrt{15.00}$  m sobre el nivel del líquido de entrada.  
 Calcule las pérdidas por fricción.  
 Calcule la presión que debe desarrollar la bomba en  $\text{kgf/cm}^2$  si la entrada de la bomba es de  $\sqrt{3.000}$  in la cual tiene un diámetro interno de  $\sqrt{0.078}$  m.

Para comprender mejor el problema, el usuario puede ver el dibujo en la correspondiente sección. Una vez que se haya terminado de proponer los datos, se puede calcular y ver los resultados con el respectivo "botón" y sección.



## Problema 3.13

Problema | Dibujo | Resultados |

Velocidad2 m/s..... = 3.924  
Gasto kg/s..... = 15.333  
Potencia dada por la bomba kgf\*m/s ..... = 247.046  
Energía potencial requerida kgf\*m/kg ..... = 15  
Energía cinética kgf\*m/kg ..... = 0.785  
Pérdidas por fricción kgf\*m/kg ..... = 0.327  
Velocidad1 a la entrada de la bomba m/s.. = 1.744  
Diferencia de presión kgf/cm<sup>2</sup>..... = 2.849

Calcular

Restaurar

Salir



## --- Problema 4.16 ---

Éste programa, es similar al anterior, así que se proponen los siguientes datos (los que ya están en los cuadros):

**Problema 4.16** ? X

Un sistema de bombeo extrae  gal/min de agua de un estanque a la parte superior de un almacén en donde se verifica el lavado a presión. El sistema está formado por tubería de hierro fundido cédula 40.

**Carga de la bomba:**  
 La toma está  m abajo de la superficie del estanque.  
 Diámetro de tubería:  in. (interno)  
 \* Longitud total:  m.

**Descarga de la bomba:**  
 Descarga  m sobre la superficie del estanque.  
 Diámetro de tubería:  in. (interno)  
 \* Longitud total:  m.

**Reducción a**  in. de diámetro. (interno)  
 \* Longitud total:  m.

Se requiere que la presión de descarga del agua sea de  atm. Calcular la potencia de la bomba, siendo la eficiencia de  % y la temperatura de 25 °C.

\*Se propone determinar la longitud equivalente de los accesorios mediante el programa "Longitud Equivalente", además de la longitud del tubo.

Una vez que se llenan los datos y que se aprieta el botón "Aceptar", se calculan los números de Reynolds de las tres secciones (en las que se puede dividir el problema según el gráfico), con éstos datos se propone utilizar otro de los programas para calcular la rugosidad relativa y después poder calcular el factor de fricción, de ésta forma llenar el siguiente cuadro:

**Otros datos:** ? X

Factor de fricción 1:

Factor de fricción 2:



Factor de fricción 3:

Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad:  cps



Por último, se muestran los cálculos realizados en un cuadro, y al final de éste, el resultado de la pregunta principal del problema.

**Resultados del Problema 4.16**  

Resultados:

Velocidad del tubo 1 (m/s) .....	2.03070081565575
Velocidad del tubo 2 (m/s) .....	2.03070081565575
Velocidad del tubo 3 (m/s) .....	4.60850446456977
Número Re tubo 1 .....	348990.709274395
Número Re tubo 2 .....	348990.709274395
Número Re tubo 3 .....	525739.853887036
Pérdidas por fricción en tubo 1 (kgf*m/kg) .....	4.82791744003034
Pérdidas por fricción en tubo 2 (kgf*m/kg) .....	2.89462206544068
Pérdidas por fricción en tubo 3 (kgf*m/kg) .....	41.8425723535219
Energía potencial (kgf*m/kg) .....	32
Energía cinética (kgf*m/kg) .....	0.87230212014549
Energía de presión (kgf*m/kg) .....	18.728184553661

Potencia requerida (Hp): 77.2390899436874



### --- Sistema de 4 tanques ---

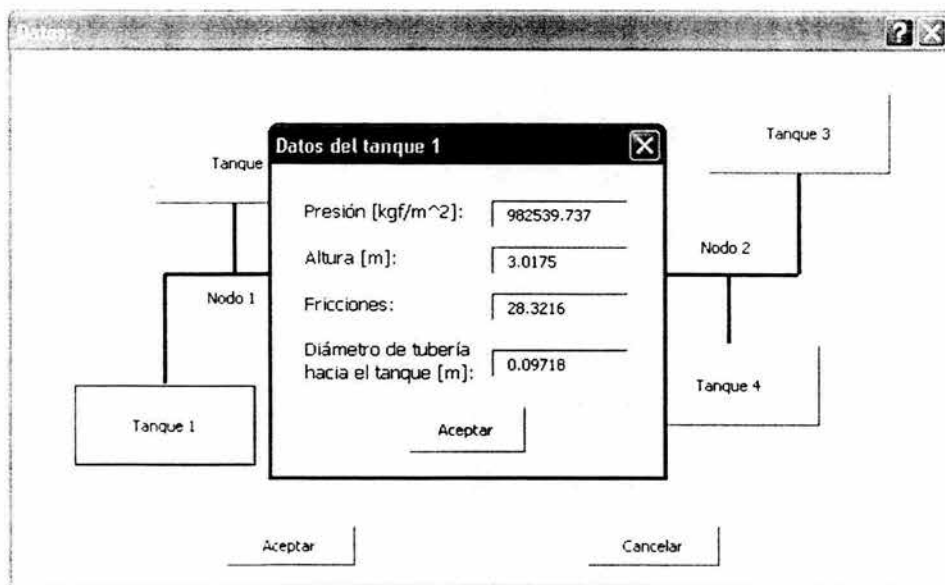
Ejemplo: Se tienen cuatro tanques que contienen agua a 20°C conectados entre sí, los cuales tienen las siguientes características:

Nota: los valores originales eran con unidades inglesas; es por eso que al cambiarlos a internacionales, no son enteros.

Tanque	P (kgf/m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Fricciones	Diám. Del tanque al nodo (m)
1	982539.7	3.02	28.3216	0.09718
2	1757673.95	7.01	75.4776	0.02431
3	711857.95	9.99	15.878	0.2889
4	150667.8	4.99	14.4187	0.25451

Las fricciones entre nodo y nodo son 15.56 y el diámetro en éste tramo es de 0.206375 m. La densidad del fluido es de 1000 kg/m<sup>3</sup>

Primero se tiene que llenar cada cuadro correspondiente a cada tanque, además de los otros datos, como se muestra en la siguiente figura:





Una vez que se llenaron todos los datos, y se hace clic en "Aceptar", se muestra la siguiente figura en la cual se ha variado el valor de H5 con la ayuda de la barra de desplazamiento y el botón "Refinar". (Como se explica en el punto 5.1).

Como se ha llegado ya a un valor de "F8" muy pequeño, entonces se hace clic en el botón de la izquierda.

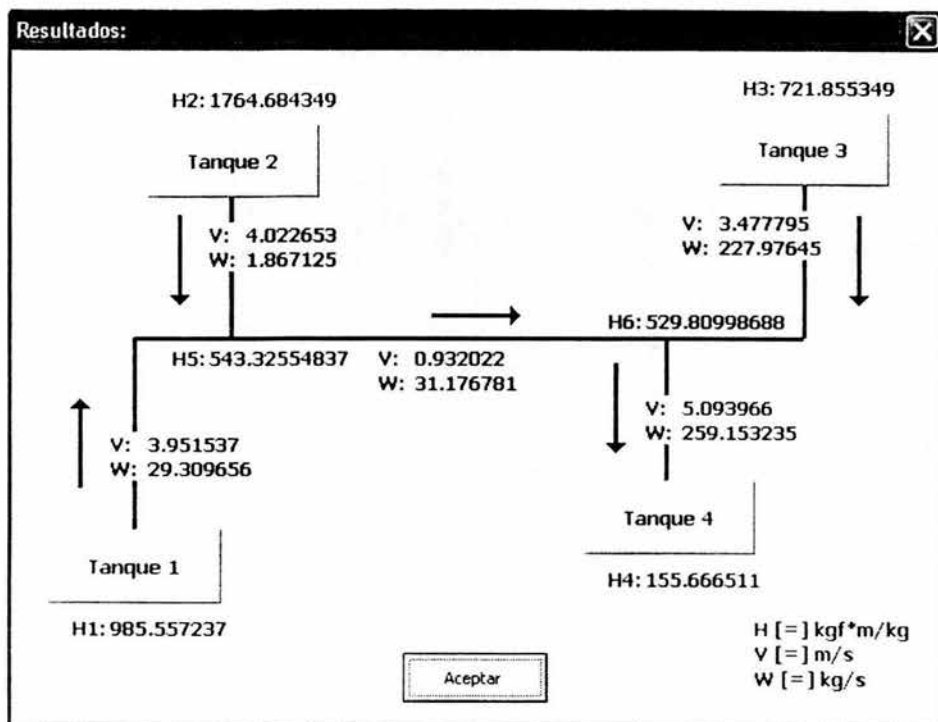
**Resolver el sistema:**

Buscar convergencia en alguna de las funciones, variando el valor de H5:

H5: 543.32554837

<input type="checkbox"/> F1: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F10: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F2: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F11: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F3: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F12: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F4: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F13: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F5: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F14: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F6: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F15: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F7: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F16: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F8: -9.2684E-09	<input type="checkbox"/> F17: #iNUM!
<input type="checkbox"/> F9: #iNUM!	<input type="checkbox"/> F18: #iNUM!

Aparecerá un siguiente cuadro mostrando las características de los flujos y el sentido de los mismos. El cuadro siguiente lo ejemplifica:



### --- Tanques ---

Ejemplo: Se tienen tres tanques que contienen agua a 20°C conectados entre sí, los cuales tienen las siguientes características:

Tanque	P (kgf/m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Fricciones	Diám. Del tanque al nodo (m)
1	281228	15.24	150	0.1016
2	24607	6.096	70	0.1524
3	421842	30.48	120	0.0508

La densidad del fluido es de 1000 kg/m<sup>3</sup>





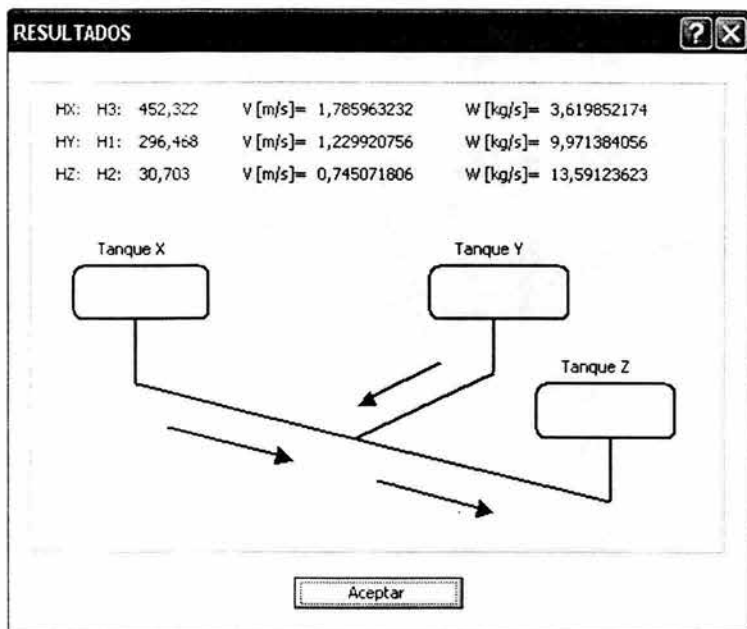
Se tiene que llenar el cuadro correspondiente (de tres tanques) con los datos para que se puedan realizar las iteraciones (en éste programa son automáticas, es decir; el programa las hace y se detiene cuando haya llegado a la convergencia).

**ANÁLISIS DE TRES TANQUES** ? X

DATOS:

Adimensional:	[m]:
Fricciones 1-T= <input type="text" value="150"/>	Diámetro 1= <input type="text" value="0.1016"/>
Fricciones 2-T= <input type="text" value="70"/>	Diámetro 2= <input type="text" value="0.1524"/>
Fricciones 3-T= <input type="text" value="120"/>	Diámetro 3= <input type="text" value="0.0508"/>
[m]:	[kgf/m <sup>2</sup> ]:
Z 1= <input type="text" value="15.24"/>	P 1= <input type="text" value="281228"/>
Z 2= <input type="text" value="6.096"/>	P 2= <input type="text" value="24607"/>
Z 3= <input type="text" value="30.48"/>	P 3= <input type="text" value="421842"/>
[kg/m <sup>3</sup> ]:	
Densidad = <input type="text" value="1000"/>	

Nota: en el dibujo del último cuadro (en el que aparecen los resultados) los nombres (etiquetas) de los tanques son: "HX", "HY" y "HZ". Después de cada etiqueta, se muestra la cabeza dinámica calculada de los tanques, en orden de mayor a menor en valor.



#### ---- Diámetro económico ----

Ejemplo: Determinar el diámetro económico para manejar 1000 GPM de agua a 60 °F. Lo primero que se tiene que hacer es investigar los datos que necesita el programa y que no dependen de las propiedades del agua, por ejemplo; el costo de la energía eléctrica, de la tubería (por cada pulgada de diámetro), y la relación del costo de los accesorios e instalación al costo de la tubería.

Una vez que se tienen esos datos, así como la densidad y viscosidad a la temperatura de trabajo, se proporcionan los datos en el primer cuadro que aparece:



**Diámetro económico** [?] [X]

Datos:

Costo de energía eléctrica (\$/kWh).....	=	0.14
Costo de la tubería por ft de longitud (\$/ft).....	=	6.4
Gasto volumétrico (ft <sup>3</sup> /s) .....	=	2.228
Viscosidad (cp) .....	=	1.1
Relación del costo de los accesorios e instalación, al costo de la tubería .....	=	1
Densidad relativa .....	=	1

Aceptar Cancelar

El programa lo que hace es utilizar los datos para calcular los factores de corrección y mostrarlos junto con el resultado ya corregido:

**Diámetro económico** [?] [X]

Resultados:

Diámetro base (in) = 8.15

Factores de corrección:

Factor por costo de energía =	1.0007
Factor por costo de tubería =	0.999
Factor por viscosidad =	1.0024
Factor por relación "R" =	1.006
Factor por densidad =	1.0005

Diámetro económico (in) = 8.22

Aceptar



### --- Diámetro óptimo ---

Ejemplo: Obtener el diámetro óptimo para una tubería de acero al carbón para manejar un flujo de 290 gal/min de agua a 60 °F, considerar los valores de costos del año 1998. Las propiedades a la temperatura deseada son  $\rho=62.4$  lb/ft<sup>3</sup>,  $\mu=1$  cP, y el flujo es  $Q=0.646$  ft<sup>3</sup>/s.

Al abrir el programa, sólo hay que poner los datos en los correspondientes cuadros de edición, copiar los valores de los costos de la columna "Acero al carbón" en la columna "Propuestos", y proponer un diámetro con el cual el programa empezará la iteración. Una vez que se han propuestos todos los gastos, basta hacer clic en el botón "Calcular" para que se hagan las iteraciones y aparezca el resultado en el cuadro de grupo "Respuesta".

Díametro Óptimo		Costos al año 1998:		Nota
Datos:		Acero al carbón	Acero	Propuesto
Diámetro propuesto (in): <input type="text" value="10"/>				
Flujo (ft <sup>3</sup> /s): <input type="text" value="0.646"/>				
Densidad (lb/ft <sup>3</sup> ): <input type="text" value="62.4"/>				
Viscosidad (cP): <input type="text" value="1.0"/>				
Respuesta:				
Diámetro óptimo:				
4.53 in				
n Exponente en ecuación costo-tubería ( $C=X*D^n$ ), adimensional		1.35	0.7793	<input type="text" value="1.35"/>
X Costo de 1 ft por ft-día de tubería, \$		29.52	130	<input type="text" value="29.52"/>
Le Factor por fricción en accesorios, longitud equivalente por unidad de longitud, 1/ft		2.74	2.74	<input type="text" value="2.74"/>
M = $(a'+b')*E*P/(17.9*K*Y)$ = factor que expresa costos de instalación de tubería, adimensional		0.575	0.575	<input type="text" value="0.575"/>
E Fracción combinada de eficiencia de bomba y motor, adimensional		0.5	0.5	<input type="text" value="0.5"/>
P Costo de instalación de bomba y motor, \$/hp		150	150	<input type="text" value="150"/>
K Costo de la energía entregada al motor, \$/kWh		0.07	0.07	<input type="text" value="0.07"/>
Y Días de operación por año (a 24h/d)		365	365	<input type="text" value="365"/>
Fi Factor por impuestos y otros gastos, adimensional		0.55	0.55	<input type="text" value="0.55"/>
Z Proporción fraccionaria del retorno de inversión, adimensional		0.1	0.1	<input type="text" value="0.1"/>
F Factor por instalación y accesorios, adimensional		6.7	7.5	<input type="text" value="6.7"/>
a Fracción anual de depreciación de tubería, adimensional		0.1	0.1	<input type="text" value="0.1"/>
b Fracción anual de mantenimiento de tubería, adimensional		0.1	0.1	<input type="text" value="0.1"/>
a' Fracción anual de depreciación de instalación de bombeo, adimensional		0.2	0.2	<input type="text" value="0.2"/>
b' Fracción anual de mantenimiento en instalación, adimensional		0.2	0.2	<input type="text" value="0.2"/>



### --- Longitud equivalente ---

Ejemplo: Calcular la longitud equivalente de 3 codos de 90° radio largo de 10 in, 2 válvulas de compuerta abierta de 8 in, 1 válvula de globo abierta 45° de 5 in, y de 4 té de salida bilateral de 6 in.

Se tiene que escoger el accesorio en el cuadro de lista en la parte superior (en éste caso "Codo 90° radio largo"), también el diámetro en el cuadro de lista en la parte inferior izquierda (en éste caso 10 in), y poner la cantidad de accesorios con esta especificación (en nuestro caso, 3). Una vez que estén todos los datos, se hace clic en "Siguiente" para especificar otro accesorio.

LONGITUD EQUIVALENTE

Accesorio: Codo 90° Radio largo

Siguiente

Diámetro [in:]: 10

Cantidad: 3

Terminar

Haciendo el mismo procedimiento para todos y cada uno de los accesorios, al hacer clic en "Terminar", se hará la suma y mostrará el resultado en un cuadro siguiente.

LONGITUD EQUIVALENTE

Resultado:

La longitud equivalente de los accesorios es:  
L = 77,78 metros.

Aceptar



### --- Flujo a dos fases ---

Ejemplo: Calcular las pérdidas por fricción en una tubería de 4 in Cd 40 por la que pasan 26800 kg/h de un líquido con  $500 \text{ kg/m}^3$ , viscosidad de 0.11 cp y 5.07 dinas/cm de tensión superficial. Por la línea viajan 4250 kg/h de vapores con una densidad de  $27 \text{ kg/m}^3$  y una viscosidad de 0.0105 cp.

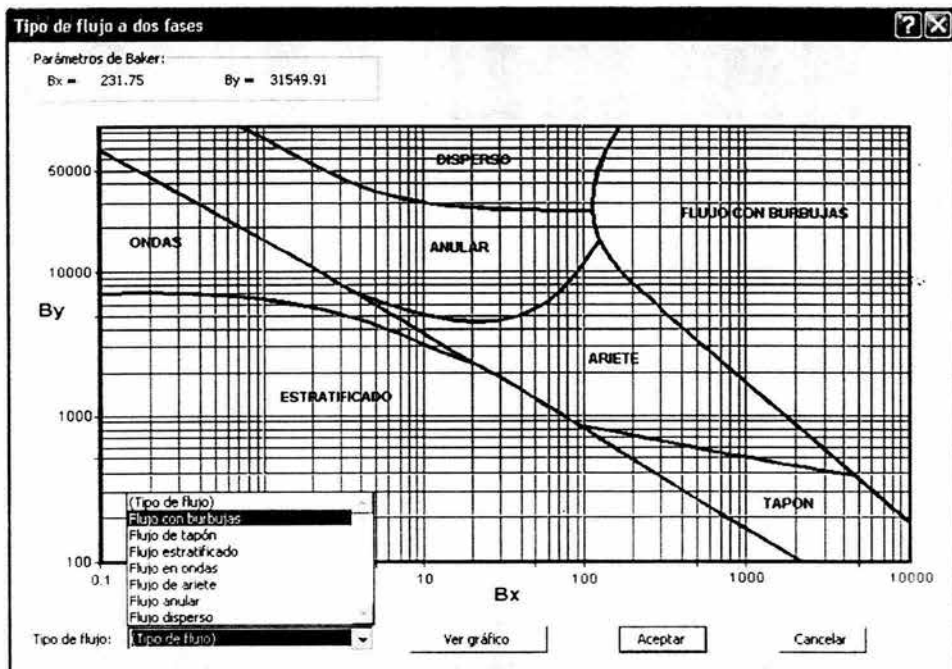
Sólo hay que llenar los datos en el primer cuadro que aparece y hacer clic en "Aceptar".

**Caída de presión** ? X

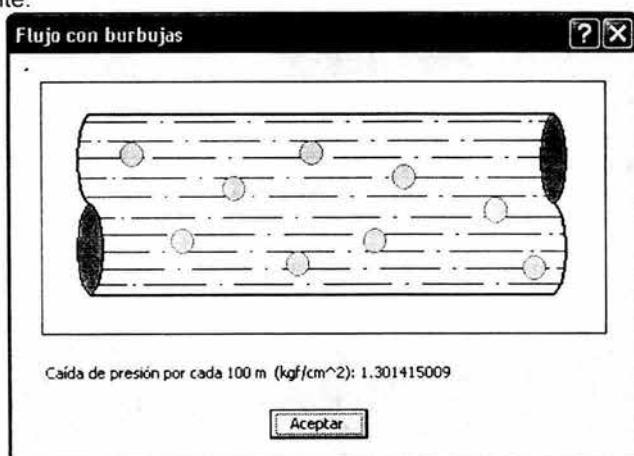
Datos:

L=	<input type="text" value="26800"/>	kg/h	
G=	<input type="text" value="4250"/>	kg/h	
DL=	<input type="text" value="500"/>	$\text{kg/m}^3$	<input type="button" value="Aceptar"/>
DV=	<input type="text" value="27"/>	$\text{kg/m}^3$	
VL=	<input type="text" value="0.11"/>	cp	<input type="button" value="Cancelar"/>
VV=	<input type="text" value="0.0105"/>	cp	
TL=	<input type="text" value="0.00051699"/>	kgf/m	<input type="button" value="Nomenclatura"/>
Di=	<input type="text" value="0.10226"/>	m	
e/D=	<input type="text" value=".0001"/>		

Una vez dados los datos, se presenta un siguiente cuadro, en el cual ya se calcularon los parámetros de Baker y los presenta para que el usuario determine en que región cae el tipo de flujo en la gráfica, y lo seleccione en el cuadro de lista que se encuentra en la parte inferior izquierda del cuadro. En éste caso el tipo de flujo es "Flujo con burbujas". El siguiente cuadro ejemplifica lo anteriormente dicho:



Cuando se ha seleccionado el tipo de flujo en el cuadro de lista, se puede volver a ver el gráfico si se hace clic en el botón correspondiente. Entonces al hacer clic en "Aceptar", se calcula la caída de presión y se presenta el resultado debajo del gráfico correspondiente.

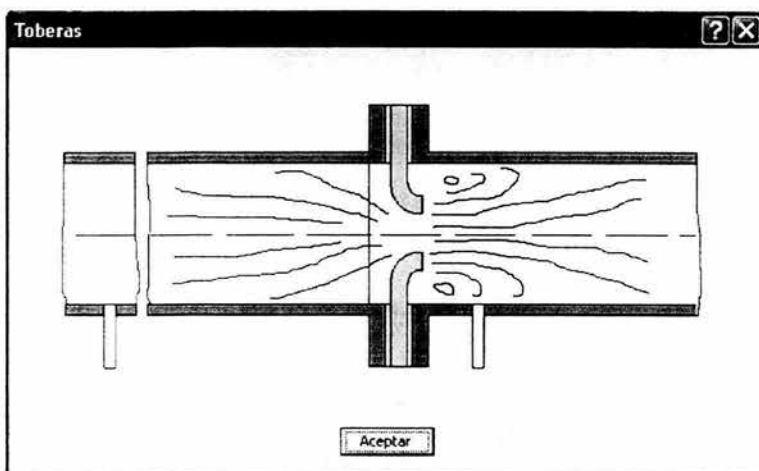




### --- Medidores de Flujo ---

Ejemplo: Una tobera se instala en una tubería de 3 in Cd 40 para medir el caudal de un aceite. La tobera es de 2 in y la caída de presión en el manómetro diferencial es de 10 cm de Hg. Calcular el caudal.

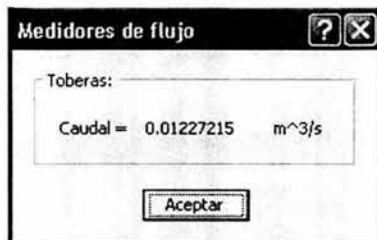
Si se desea, se puede ver el gráfico de la tobera haciendo clic en la opción "Ver gráfico" del primer cuadro que aparece.



Al hacer clic en "Calcular caudal", aparecerá el siguiente cuadro en el cual se debe poner los datos correspondientes y una vez que se han llenado los datos, y se hace clic en el botón "Aceptar", entonces aparece un cuadro con el resultado como el siguiente:

Toberas			
Datos:			
Coefficiente para toberas:	<input type="text" value="0.99"/>		
Diámetro de garganta:	<input type="text" value="0.0508"/>	m	<input type="button" value="Aceptar"/>
Diferencia de presión:	<input type="text" value="1359"/>	kgf/m <sup>2</sup>	
Densidad:	<input type="text" value="870"/>	kg/m <sup>3</sup>	<input type="button" value="Cancelar"/>
Diámetro de la tubería:	<input type="text" value="0.07792"/>	m	

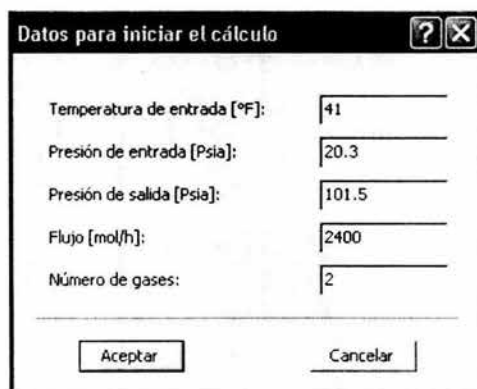




#### ---- Compresores ----

Ejemplo: Calcular el compresor Elliott requerido para que opere bajo las siguientes condiciones: Temperatura de entrada 41 °F, presión de entrada 20.3 psia, presión de descarga 101.5 psia, flujo 2400 moles/h, de una mezcla de propano (90%) y butano (10%) en porcentaje en volumen.

Lo primero que se tiene que hacer es proporcionar los primeros datos para que se realicen los primeros cálculos necesarios:





Dependiendo del número de gases que se hayan puesto en el cuadro anterior, será el mismo número de veces que aparecerá el cuadro de abajo pidiendo información de cada uno de los gases.

Propiedades del gas		?	X
Gas No. 1	<input type="text" value="Propano"/>		
% en mol:	<input type="text" value="90"/>	<input type="button" value="Aceptar"/>	
Masa molecular [g/mol]:	<input type="text" value="44.09"/>		
Temperatura crítica [°R]:	<input type="text" value="666"/>		
Presión crítica [Psi]:	<input type="text" value="617"/>		<input type="button" value="Cancelar"/>
Cp [Btu/mol*°F]:	<input type="text" value="16.58"/>		

En el caso de nuestro ejemplo, sólo aparecerá el cuadro dos veces; el anterior y el siguiente:

Propiedades del gas		?	X
Gas No. 2	<input type="text" value="n-Butano"/>		
% en mol:	<input type="text" value="10"/>	<input type="button" value="Aceptar"/>	
Masa molecular [g/mol]:	<input type="text" value="58.12"/>		
Temperatura crítica [°R]:	<input type="text" value="766"/>		
Presión crítica [Psi]:	<input type="text" value="551"/>		<input type="button" value="Cancelar"/>
Cp [Btu/mol*°F]:	<input type="text" value="22.53"/>		

Cuando el programa realice algunos cálculos, mostrará el flujo másico que se está manejando y preguntará al usuario la eficiencia politrópica del compresor (dato que el proveedor proporcionará). En el caso de nuestro ejemplo, la eficiencia politrópica es del 77%.



**Eficiencia politrópica** ? X

El flujo volumétrico es [ft<sup>3</sup>/min]:  
10292.7979113247

Seleccionar un compresor... Aceptar

el % de la eficiencia politrópica es:

Cuando se termine de introducir todos los datos, el programa mostrará todos los cálculos que realizó para llegar a la potencia del compresor y temperatura de salida.

**Resultados:** ? X

Flujo máscico [lb/min]:	1819.72
Presión reducida en entrada:	0.033256880733945
Temperatura reducida en salida:	0.740532544378698
Factor de compresibilidad en entrada:	0.973181497435728
Flujo Vol en entrada [ft <sup>3</sup> /min]:	10292.7979113247
Eficiencia politrópica:	0.77
Eficiencia adiabática:	0.748106697335378
Presión reducida en salida:	0.166284403669725
Temperatura reducida en salida:	0.943456681144901
Factor de compresibilidad en salida:	0.9296934281749
Cabeza politrópica [ft]:	29437.2858012933
Potencia requerida [Hp]:	2108.13135451906
Temperatura de salida [°F]:	178.176716453953
Flujo Vol en salida [ft <sup>3</sup> /min]:	2505.02802298945

---

Nota: Se tiene que considerar pérdidas características del compresor, como las pérdidas por fricciones. Datos que el proveedor tiene que proporcionar.

Aceptar



### --- Unidades ---

Ejemplo: Se desea saber cuántos Btu son 52 calorías.

Sólo hay que hacer clic en el botón "Energía" del cuadro que aparece al abrir el programa. Una vez hecho lo anterior, aparecerá un cuadro como el que se muestra a continuación; en éste, se tiene que buscar las unidades "primarias" en el cuadro de lista, además de poner el valor primario u original. Una vez hecho lo anterior, se hace clic en el botón "Aceptar" para que se realicen las conversiones y aparezcan en la parte inferior del cuadro, con diferentes unidades.

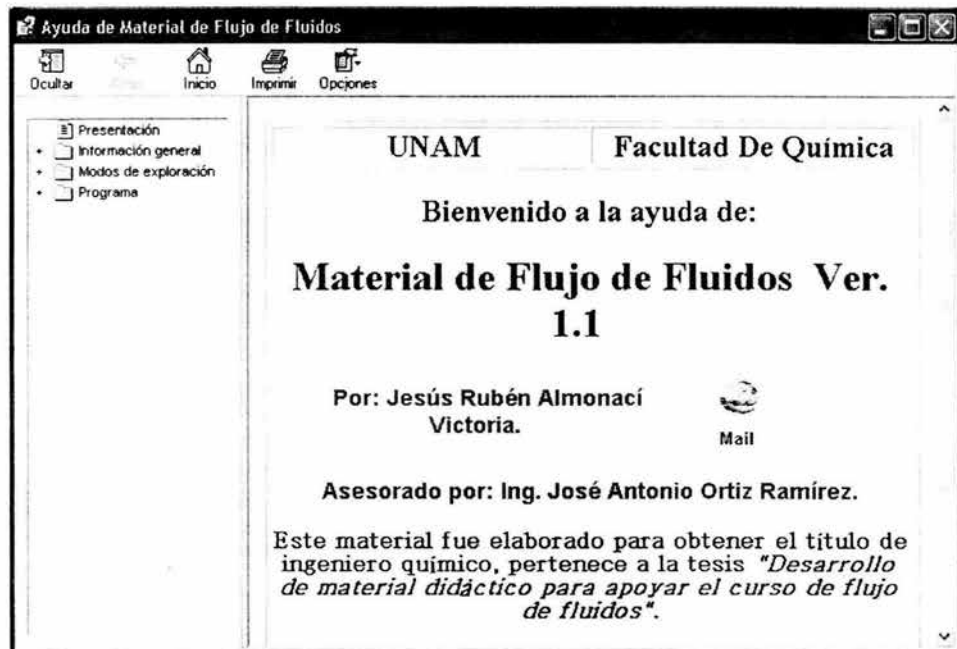
Resultados:	
J =	217.7136
erg =	2177136000
kcal =	0.052
cal =	52
Btu =	0.20635267740516
lb*ft =	160.5773107432
l*atm =	2.1460998761852
kWh =	0.00006046511627884



### 6.3.- Cómo utilizar el archivo de ayuda

Como se mencionó anteriormente, el archivo de ayuda se encuentra en el programa principal, en el menú "Ayuda" hay una opción que dice "Ayuda de Material de Flujo de Fluidos"; sólo hay que hacer clic. Como ya se ha descrito el formato del archivo, entonces sólo se describirá cómo utilizarlo con un ejemplo.

Una vez que se tenga abierto el archivo se verá lo siguiente:



Supongamos que se desea saber cómo se utiliza el programa *Agua*, entonces se tiene que hacer clic en el pequeño fólder "Programa" y se abrirá una lista de más fólders. Ahora, se tiene que buscar el fólder "Programas en VB para Aplicaciones" y abrirlo; una vez hecho esto, se busca el bloque "Propiedades" y en él se busca el programa en el cual estamos interesados y se hace clic sobre él. Lo que se verá es algo como el cuadro de abajo. En la parte derecha del cuadro, se puede revisar las características del programa y la manera de utilizarlo.



**Ayuda de Material de Flujo de Fluidos**

Ocultar   Atrás   Inicio   Imprimir   Opciones

- Presentación
- + Información general
- + Modos de exploración
- Programa
  - + Menús
  - + Teoría
  - Programas en VB para aplicar
    - Propiedades
      - Agua**
      - Densidad de líquidos
      - Presión de vapor
      - Tensión superficial
    - + Consulta
    - + Cálculos

## Agua

Éste es un programa que calcula las propiedades del agua en función de la temperatura.

Sólo hay que seleccionar las unidades a las que se quiere hacer el cálculo.

**AGUA / UNIDADES**

Sistema de unidades:

Internacionales  
Inglesas  
Internacionales

Aceptar   Cancelar



# CAPÍTULO 7

## BENEFICIOS DIDÁCTICOS (RESULTADOS Y CONCLUSIONES)

---



## 7.- Beneficios didácticos (resultados y conclusiones)

### 7.1.- Beneficios al profesor

*Un principal beneficio al profesor, es que cuenta con otra herramienta para ofrecer a sus alumnos como parte ó por lo menos complementaria a la clase. Actualmente, no hay muchas herramientas para que los profesores y alumnos las integren y/o sean complementos de la clase; principalmente sólo es el laboratorio de ingeniería química, la biblioteca y la hemeroteca (refiriéndose sólo a la Facultad de Química de la UNAM). Es por eso que éste material, se suma a las herramientas que el profesor puede utilizar en su clase ó si lo prefiere (dependiendo del estilo de cada profesor) recomendar el material a sus alumnos para que éstos lo revisen como una actividad fuera de clase.*

*Otro gran beneficio es que se optimiza el tiempo para el profesor en su clase. Muchas veces, el profesor invierte gran fracción del tiempo de una clase, en realizar dibujos y/o gráficos en el pizarrón del aula para poder dar una mejor explicación en la misma. El autor del presente material no conoce (ó conoció) a un sólo profesor que no necesitara representar ya sea gráficamente y/o textualmente alguna idea, para poder darse a entender mejor en la clase. Y lo que notó (el autor), es que el profesor invierte mucho tiempo en la realización de dichos gráficos; tiempo que podría ser aprovechado para dedicarlo a otras actividades de la clase misma. Es por lo anterior, que la utilización del presente material ahorra tiempo al profesor, al no tener que hacer gráficos en el pizarrón (por lo menos ya no tantos) y poder optimizar el tiempo de la misma clase.*

*El profesor, puede apoyarse en el material elaborado y por lo tanto explicarse con un material por lo menos visual y en consecuencia darse a entender un poco mejor. Retomando un poco el punto anterior, generalmente el profesor hace gráficos en el pizarrón para poder explicar algunas (ó generalmente muchas) ideas referentes a la clase. Para poder hacer lo anterior, el profesor tuvo que interpretar y representar en el pizarrón información que obtuvo de una fuente, y el alumno tiene que interpretar y representar la información en sus notas, previamente puesta por el profesor (a su punto de vista, entendimiento, estilo, etc.). Por lo tanto, con el presente material; se reduce la posibilidad de "distorsionamiento" de la información, es decir, el profesor puede explicar a sus alumnos directamente de un dibujo y/o gráfico obtenido de la fuente, con color, profundidad, volumen, etc.*

*A los profesores les gustaría que sus alumnos llegaran al aula con por lo menos algunos antecedentes de lo que se impartirá en ese momento. Aumentaría la eficacia del proceso enseñanza-aprendizaje si el alumno llegara al aula con por lo menos un poco de conocimiento del ó los temas que se verán en ese momento. Al profesor le beneficiaría directamente, por que le sería más fácil que sus alumnos entiendan, comprendan y apliquen los conocimientos que se les está transmitiendo en ese momento. Es decir, el profesor puede comentar previamente a sus alumnos los temas que se verán en el futuro, y de ésta forma tratarlos de inducir a que revisen el material*





(y no sólo éste material) previamente a las clases para que puedan entender mejor y con mayor rapidez lo que explica el profesor. Se recomienda éste material por lo "ligero" que es, es decir, éste material no es muy profundo en los temas, por el contrario, es un material de introducción a la clase y/o a libros más especializados.

*El profesor tiene una herramienta que soporta de manera más efectiva el aprendizaje por asociación.* Como se mencionó al principio del presente trabajo, una forma muy efectiva de incrementar y/o estimular el aprendizaje, es por medio de la asociación. Con el material realizado, el profesor podrá asociar alguna idea con algún concepto, gráfico, cuadro, programa, etc., que se encuentre en el mismo material; de ésta forma hay más posibilidad de que cuando el alumno vuelva a ver el concepto, gráfico, etc., recuerde fácilmente lo que el profesor explicó.

*Se puede aplicar al proceso enseñanza-aprendizaje de manera individualizada; al conocimiento y ritmo del estudiante.* Sabemos que el profesor, si pudiera, se dividiría en el número de alumnos que tuviera en determinado momento para poder explicarle de una forma más personalizada e individualizada a todos y cada uno de ellos. Pero, también sabemos que lo anterior no es posible, es por eso que el presente material, si se utiliza por ejemplo en una sala de cómputo de la Facultad de Química, puede ayudar al profesor; ya que todos y cada uno de los alumnos tendrá un monitor frente a él, en el cual podrá manipular el material, además de que el profesor estará al frente de la sala con el material proyectado en la pantalla de la misma.

*El seguimiento del curso en los diferentes momentos que involucra el proceso de enseñanza-aprendizaje.* Supongamos que el profesor se tiene que ausentar por una semana y no podrá presentarse a dar su clase (una posible situación de muchas otras), por lo tanto durante una semana los alumnos no tendrán nueva información que asimilar. En los mejores de los casos, el profesor hará lo posible por pedirle a alguien más que lo supla, ó tal vez dará instrucciones a los alumnos de que recopilen y/o estudien por su cuenta ciertos temas (para tratar de disminuir el tiempo perdido). Pero, tenemos que tener en cuenta y estar concientes, de que cada profesor se inclina un poco más por unos libros (las fuentes más utilizadas) que por otros, y que éstos últimos generalmente no son suficientes para todo un grupo. Por lo tanto, sólo una fracción del grupo tendrá acceso al libro, y la otra parte tal vez por medio del fotocopiado; pero, ¿y si a la hora de revisar las fotocopias se requieren datos que se encuentran en el apéndice del libro?. Por la anterior y muchas situaciones más, otro de los grandes beneficios del material elaborado, es que se le puede dar un seguimiento al curso en diferentes panoramas que se pudieran presentar. Además, de la facilidad de acceso que el profesor ofrecerá a los alumnos.



## 7.2.- Beneficios al usuario

*Facilidad de utilización, con una estructura que los alumnos conocen muy bien porque tienen experiencia en navegación.* Éste es uno de los beneficios más evidentes, puesto que sabemos que los estudiantes de la Facultad de Química manejan (en los peores de los casos; por lo menos un poco) un ordenador. Al mencionar lo anterior, se refiere a que saben manejar paquetes en ambiente Windows y explorar páginas (Htm, Html, Shtm, Stm etc.) con alguno de los exploradores que se encuentran en uso hoy en día. Además de tener dos materias en los primeros semestres que invitan y acercan a los alumnos a la utilización de los ordenadores, como lo son *Programación y computación* y *Métodos numéricos* en el caso de los que estudian Ingeniería Química. De tal forma, que con el presente material elaborado los alumnos no tendrán problema alguno en la utilización del mismo, puesto que está hecho en un formato que hoy en día ellos manejan muy bien.

*El alumno, puede aprender donde desee hacerlo.* Con la sola disponibilidad de una computadora PC o portátil, o en la sala de cómputo, el alumno puede decidir estudiar en su casa, en una biblioteca, la Facultad, en un cybercafé, etc., ó escoger cualquier entorno que prefiera. La consulta, reforzamiento, estudio, etc., de la materia de *flujo de fluidos*, ya no se sujetará a tenerlo que hacer dentro de la biblioteca, hemeroteca ó en la casa del alumno. No tendrá que devolverlo al transcurrir cierto tiempo, como es el caso de los libros que la biblioteca presta a los alumnos por una semana.

*El alumno puede aprender a su propio ritmo fuera de clase.* Cuando el alumno encuentre algo más complicado de entender, simplemente le dedica más tiempo a esa parte, con la tranquilidad de que nadie se va a desesperar. Muchas veces en el aula, hay personas un poco más hábiles que otras, entonces las más hábiles se pueden llegar a desesperar y perder un poco el interés en la clase cuando el profesor repite la explicación de algo. O peor aún, las menos hábiles no sólo se pueden llegar a desesperar, sino a frustrar un poco por no poder asimilar las cosas al mismo ritmo de los demás. Es por eso que éste material apoya y beneficia directamente al usuario; éste puede aprender y/o reforzar lo aprendido a su ritmo, sin tener que esperar a otras personas ó sentir la presión de tener que hacerlo rápido por que hay personas más hábiles que uno.

*El usuario sabe hacia donde se dirige.* Podrá regresar y estudiar de nuevo estos materiales en cualquier momento y podrá leer tantas veces como desee. Esto es muy importante para el autor en los momentos de las primeras ideas para desarrollar éste material como trabajo de tesis. El material se diseñó de tal forma y con tal formato, para que sea accesible a toda persona que desee tenerlo; el disco que contiene el material se puede copiar, como se copiaría cualquier disco de archivos, y se puede transportar como se haría con cualquier disco compacto. Además, como ya se ha mencionado, el material tendrá la opción de poderlo leer desde el CD ó si el usuario lo prefiere, poderlo instalar en el ordenador. La instalación y desinstalación (si en algún momento se requiere), se hace por medio (o más bien con la ayuda) de *programas*



asistentes, con los cuales el usuario sólo tiene que seguir los pasos que el asistente le indica para la correcta instalación ó desinstalación.

*El alumno podrá equivocarse "cómodamente".* Aprender cometiendo errores es una forma productiva y eficaz de aprender; cuando alguien descubre cual es el problema, por lo general ya esta encaminado para resolverlo y la retención se incrementa. A todos no ha pasado que queremos resolver algún problema, y a pesar de que intentamos opciones de solución, no se logra resolver, hasta que se nos "prende el foco" y aplicamos esa idea de solución para resolver el problema y efectivamente; el problema se resuelve. El método de solución para ese tipo de problemas, generalmente ya no se nos olvida, y lo tratamos de aplicar cada vez que se nos presenta una situación similar. De la misma forma, el material elaborado está diseñado para su fácil manipulación y que el usuario pueda explorarlo cómoda y fácilmente, estudiando complementariamente con él, y equivocándose las veces que sea necesario para la retención y entendimiento de las ideas.

*El usuario puede decidir que partes saltar en forma parcial o total, si sabe que domina el tema en cuestión.* El material está diseñado de tal forma que no se tengan que ver todos los temas del principio, si sólo se quiere ver los del final. El autor ha notado que en muchos materiales para ordenadores, se tiene que pasar por todo el material buscando algo en específico (por ejemplo en los archivos con extensión .PDF). Con el diseño que se le dio al material elaborado, el usuario puede saltar en forma parcial o total temas completos, si está buscando algo en específico, o si ya conoce los temas que está saltando. Además, vale la pena recordar que en todas y cada una de las páginas, en la parte inferior de la parte izquierda de la pantalla, hay un hipervínculo en forma de texto que dice "Mapa principal". El "Mapa principal", es una página con el desglose de todos los temas generales, sus subtemas y sus puntos para que el usuario pueda acceder a él en cualquier momento y/o página.

*El usuario podrá seguir practicando hasta que domine las cosas difíciles.* Generalmente a todas las personas se nos hacen más difíciles algunas cosas que otras, y en el caso del material elaborado, habrá algunas cosas que sean un poco más complicadas para entender que otras. Pero la ventaja y/o beneficio de éste material hacia el usuario, es que le da la facilidad de poder practicar todo lo que el usuario crea necesario para poder dominar el tema.

*Otra gran ventaja del material elaborado, es que se puede imprimir toda una página o sólo una sección.* De esta forma, el usuario podrá imprimir tanto la información como las fórmulas y hasta los diagramas y/o nomogramas que se incluyeron en el material para su utilización cuando no tenga a la mano un ordenador.



### 7.3.- *Discusión de resultados y conclusiones*

El material elaborado (*Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1*), tiene versatilidad en el uso; ya que permite utilizarlo a través de un servidor, en una red local situándola en el servidor de la red o en forma local en un ordenador en el aula o en hogar (según lo que se requiera). La forma de hacer lo anterior no se discute en el presente material puesto que no es éste el caso y tampoco es el área general en la que se desarrolló el tema, que es *flujo de fluidos*.

*Material de Flujo de Fluidos Ver. 1.1* no sólo tiene la función para lo que fue diseñado (sección 2 y 3), sino también induce y fomenta en el alumno y en el profesor el interés por las nuevas tecnologías y como obtener beneficios de ellas. Desafortunadamente el autor del presente material, durante su vida escolar (por lo pronto, hasta una carrera universitaria), se encontró con profesores que no manejaban ni tan sólo un poco, un ordenador. Es más, se encontró con un profesor que hizo el comentario que *el manejo de las computadoras no valía la pena!!*. Cosa que el autor no estuvo ni está de acuerdo, por que sabemos que las computadoras pueden hacer cientos de procesos, con una rapidez y precisión extraordinarias (entre muchas otras cosas); pero no olvidando que es bajo la supervisión de una persona y además que los softwares que hacen todas esas cosas extraordinarias, fueron diseñados por personas.

Así que tomando en cuenta lo anterior, el autor piensa que se ha elaborado un buen material, por que no sólo cumple con sus objetivos; sino que puede ser base y principio para fomentar la utilización de éstas nuevas tecnologías y aplicarlas al proceso enseñanza-aprendizaje. Es decir, puede dar ideas para hacer en un futuro no muy lejano más materiales mucho más completos y con una mejor estructura, presentación, etc., no sólo en el área de flujo de fluidos, sino en otras áreas.

La enseñanza a distancia (con un material que el usuario pueda llevar a cualquier parte) contribuirá cualitativamente a mejorar la comprensión de los fenómenos, en la cual la tradicional explicación oral acompañada de la lectura y/o ejercicios para la casa, no podrá competir con la articulación simultánea de textos, hipertextos, imágenes, películas, disponibilidad inmediata de masas de información (si es el caso), reconstitución de escenarios, simulación de situaciones, etc. La comprensión de fenómenos y este tipo de enseñanza será más eficaz y más clara para el alumno, consiguiendo además reproducir, repetir y profundizar los temas sin mayores obstáculos. La enseñanza será menos directiva, el educador estará obligado a la interactividad, al debate de ideas y a un rol formador del alumno en el aprendizaje.

De esta forma el sistema de enseñanza a distancia y multimedia va a contribuir al desarrollo del aprendizaje autónomo del alumno, al desarrollo de la educación no presencial, al desarrollo de los estudios en los cuales el alumno tenga más interés, al aprendizaje de los mismos elementos anteriores en menos tiempo y con representaciones más claras y precisas. Gracias a la introducción de esta tecnología se abrirán posibilidades de educación y la formación para cualquier persona, en cualquier lugar y a cualquier hora.



Desde la visión planteada desde un punto de vista global del proceso educativo, la incorporación de innovación tecnológica integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje y con la gestión educativa del profesor, puede traer diversos beneficios, algunos de ellos son:

- ✓ Permite explorar los temas de manera lineal, y también no lineal, logrando realizarlo a través de diversos criterios y relaciones.
- ✓ Posibilita transmitir el conocimiento en forma interactiva, dando al transmisor nuevos recursos didácticos.
- ✓ Se puede acceder a él desde cualquier lugar, sin ningún costo adicional por cada nueva persona que acceda; considerando que el material se pueda consultar en un futuro desde Internet.
- ✓ Disminuye la necesidad de espacio físico para aulas.
- ✓ Se adapta a la disponibilidad horaria de las personas.
- ✓ El conocimiento queda en la institución, y no sólo en la "cabeza" de sus alumnos y docentes, y por lo tanto puede ser reutilizado.
- ✓ Permite mejorar la relación con, y entre alumnos y docentes, al incorporar alternativas que facilitan y en algunos casos mejoran la forma en que se realizan las actividades educativas.
- ✓ Permite acercar al docente y al alumno mediante el aprendizaje interactivo en cualquier momento y desde cualquier lugar.
- ✓ Disminuye costos, el costo es fijo, sin importar la cantidad de alumnos.



## Apéndice

### Datos y constantes del programa *Densidad de líquidos*:

La correlación utilizada fue la siguiente:

$$\rho = \frac{C1}{C2 \left[ 1 + \left( 1 - \frac{T}{C3} \right)^{C4} \right]}$$

donde:

T = temperatura (K)

$\rho$  = densidad (kmol/m<sup>3</sup>)

Nombre	Fórmula	Mol. wt.	C1	C2	C3	C4	Tmin, K	Tmax, K
Methane	CH4	16.043	2.9214	0.28976	190.56	0.28881	90.69	190.56
Ethane	C2H6	30.07	1.9122	0.27937	305.32	0.29187	90.35	305.32
Propane	C3H8	44.097	1.3757	0.27453	369.83	0.29359	85.47	369.83
n-Butane	C4H10	58.123	1.0677	0.27188	425.12	0.28688	134.86	425.12
n-Pentane	C5H12	72.15	0.84947	0.26726	469.7	0.27789	143.42	469.7
n-Hexane	C6H14	86.177	0.70824	0.26411	507.6	0.27537	177.83	507.6
n-Heptane	C7H16	100.204	0.61259	0.26211	540.2	0.28141	182.57	540.2
n-Octane	C8H18	114.231	0.53731	0.26115	568.7	0.28034	216.38	568.7
n-Nonane	C9H20	128.258	0.48387	0.26147	594.6	0.28281	219.66	594.6
n-Decane	C10H22	142.285	0.42831	0.25745	617.7	0.28912	243.51	617.7
n-Undecane	C11H24	156.312	0.39	0.25678	639	0.2913	247.57	639
n-Dodecane	C12H26	170.338	0.35541	0.25511	658	0.29368	263.57	658
n-Tridecane	C13H28	184.365	0.3216	0.2504	675	0.3071	267.76	675
n-Tetradecane	C14H30	198.392	0.30545	0.2535	693	0.30538	279.01	693
n-Pentadecane	C15H32	212.419	0.28445	0.25269	708	0.30786	283.07	708
n-Hexadecane	C16H34	226.446	0.26807	0.25287	723	0.31143	291.31	723
n-Heptadecane	C17H36	240.473	0.2545	0.254	736	0.31072	295.13	736
n-Octadecane	C18H38	254.5	0.23864	0.25272	747	0.31104	301.31	747
n-Nonadecane	C19H40	268.527	0.22451	0.25133	758	0.3133	305.04	758
n-Eicosane	C20H42	282.553	0.21624	0.25287	768	0.31613	309.58	768
2-Methylpropane	C4H10	58.123	1.0463	0.27294	408.14	0.27301	113.54	408.14
2-Methylbutane	C5H12	72.15	0.9079	0.2761	460.43	0.28673	113.25	460.43
2,3-Dimethylbutane	C6H14	86.177	0.76929	0.27524	499.98	0.27691	145.19	499.98
2-Methylpentane	C6H14	86.177	0.73335	0.2687	497.5	0.28361	119.55	497.5
2,3-Dimethylpentane	C7H16	100.204	0.7229	0.28614	537.35	0.2713	160	537.35
2,3,3-Trimethylpentane	C8H18	114.231	0.6028	0.27446	573.5	0.2741	172.22	573.5
2,2,4-Trimethylpentane	C8H18	114.231	0.5886	0.27373	543.96	0.2846	165.78	543.96
Ethylene	C2H4	28.054	2.0961	0.27657	282.34	0.29147	104	282.34
Propylene	C3H6	42.081	1.4094	0.26465	365.57	0.295	87.89	365.57
1-Butene	C4H8	56.108	1.0972	0.2649	419.95	0.29043	87.8	419.95
cis-2-Butene	C4H8	56.108	1.1609	0.27104	435.58	0.2816	134.26	435.58
trans-2-Butene	C4H8	56.108	1.1426	0.27095	428.63	0.2854	167.62	428.63



1-Pentene	C5H10	70.134	0.9038	0.26648	464.78	0.2905	107.93	464.78
1-Hexene	C6H12	84.161	0.7389	0.26147	504.03	0.2902	133.39	504.03
1-Heptene	C7H14	98.188	0.63734	0.26319	537.29	0.27375	154.27	537.29
1-Octene	C8H16	112.215	0.5871	0.27005	566.65	0.27187	171.45	566.65
1-Nonene	C9H18	126.242	0.4945	0.26108	593.25	0.27319	191.78	593.25
1-Decene	C10H20	140.269	0.44244	0.25838	616.4	0.28411	206.89	616.4
2-Methylpropene	C4H8	56.108	1.1454	0.2725	417.9	0.28186	132.81	417.9
2-Methyl-1-butene	C5H10	70.134	0.91619	0.26752	465	0.28164	135.58	465
2-Methyl-2-butene	C5H10	70.134	0.93322	0.27251	471	0.26031	139.39	471
1,2-Butadiene	C4H6	54.092	1.187	0.26114	452	0.3065	136.95	452
1,3-Butadiene	C4H6	54.092	1.2384	0.2725	425.17	0.28813	164.25	425.17
2-Methyl-1,3-butadiene	C5H8	68.119	0.95673	0.26488	484	0.28571	127.27	484
Acetylene	C2H2	26.038	2.4091	0.27223	308.32	0.28477	192.4	308.32
Methylacetylene	C3H4	40.065	1.6086	0.26448	402.39	0.279	170.45	402.39
Dimethylacetylene	C4H6	54.092	1.1717	0.25895	473.2	0.27289	240.91	473.2
3-Methyl-1-butyne	C5H8	68.119	0.94575	0.26008	463.2	0.30807	183.45	463.2
1-Pentyne	C5H8	68.119	0.8491	0.2352	481.2	0.353	167.45	481.2
2-Pentyne	C5H8	68.119	0.92099	0.25419	519	0.31077	163.83	519
1-Hexyne	C6H10	82.145	0.84427	0.27185	516.2	0.2771	141.25	516.2
2-Hexyne	C6H10	82.145	0.76277	0.25248	549	0.31611	183.65	549
3-Hexyne	C6H10	82.145	0.78045	0.26065	544	0.28571	170.05	544
1-Heptyne	C7H12	96.172	0.67366	0.26003	559	0.29804	192.22	559
1-Octyne	C8H14	110.199	0.59229	0.26118	585	0.29357	193.55	585
Vinylacetylene	C4H4	52.076	1.2703	0.26041	454	0.297	173.15	454
Cyclopentane	C5H10	70.134	1.124	0.28859	511.76	0.2506	179.28	511.76
Methylcyclopentane	C6H12	84.161	0.84798	0.27042	532.79	0.28276	130.73	532.79
Ethylcyclopentane	C7H14	98.188	0.7193	0.26936	569.52	0.2777	134.71	569.52
Cyclohexane	C6H12	84.161	0.8908	0.27396	553.58	0.2851	279.69	553.58
Methylcyclohexane	C7H14	98.188	0.735	0.27041	572.19	0.2927	146.58	572.19
1,1-Dimethyl-cyclohexane	C8H16	112.215	0.55873	0.25143	591.15	0.27758	239.66	591.15
Ethylcyclohexane	C8H16	112.215	0.61587	0.26477	609.15	0.28054	161.84	609.15
Cyclopentene	C5H8	68.119	1.1035	0.27035	507	0.28699	138.13	507
1-Methylcyclopentene	C6H10	82.145	0.88824	0.26914	542	0.27874	146.62	542
Cyclohexene	C6H10	82.145	0.92997	0.27056	560.4	0.28943	169.67	560.4
Benzene	C6H6	78.114	1.0162	0.2655	562.16	0.28212	278.68	562.16
Toluene	C7H8	92.141	0.8488	0.26655	591.8	0.2878	178.18	591.8
o-Xylene	C8H10	106.167	0.69883	0.26113	630.33	0.27429	247.98	630.33
m-Xylene	C8H10	106.167	0.69555	0.26204	617.05	0.27602	225.3	617.05
p-Xylene	C8H10	106.167	0.6816	0.25963	616.23	0.2768	286.41	616.23
Ethylbenzene	C8H10	106.167	0.6952	0.26037	617.2	0.2844	178.15	617.2
Propylbenzene	C9H12	120.194	0.57695	0.25395	638.32	0.283	183.15	638.32
1,2,4-Trimethylbenzene	C9H12	120.194	0.60394	0.25955	649.13	0.27716	229.33	649.13
Isopropylbenzene	C9H12	120.194	0.604	0.25912	631.1	0.2914	177.14	631.1
1,3,5-Trimethylbenzene	C9H12	120.194	0.59879	0.25916	637.36	0.27968	228.42	637.36
p-Isopropyltoluene	C10H14	134.221	0.51036	0.25383	653.15	0.28816	205.25	653.15
Naphthalene	C10H8	128.174	0.61674	0.25473	748.35	0.27355	333.15	748.35
Biphenyl	C12H10	154.211	0.5039	0.25273	789.26	0.281	342.2	789.26
Styrene	C8H8	104.152	0.7397	0.2603	636	0.3009	242.54	636
m-Terphenyl	C18H14	230.309	0.30826	0.23669	924.85	0.29678	360	924.85
Methanol	CH4O	32.042	2.288	0.2685	512.64	0.2453	175.47	512.64
Ethanol	C2H6O	46.069	1.648	0.27627	513.92	0.2331	159.05	513.92
1-Propanol	C3H8O	60.096	1.235	0.27136	536.78	0.24	146.95	536.78
1-Butanol	C4H10O	74.123	0.965	0.2666	563.05	0.24419	184.51	563.05
2-Butanol	C4H10O	74.123	0.966	0.26064	536.05	0.2746	158.45	536.05
2-Propanol	C3H8O	60.096	1.24	0.27342	508.3	0.2353	185.28	508.3
2-Methyl-2-propanol	C4H10O	74.123	0.9212	0.2544	506.21	0.276	298.97	506.21



1-Pentanol	C5H12O	88.15	0.8164	0.2673	586.15	0.2506	195.56	586.15
2-Methyl-1-butanol	C5H12O	88.15	0.82046	0.26829	565	0.2322	203	565
3-Methyl-1-butanol	C5H12O	88.15	0.837	0.27375	577.2	0.22951	155.95	577.2
1-Hexanol	C6H14O	102.177	0.70617	0.26901	611.35	0.2479	228.55	611.35
1-Heptanol	C7H16O	116.203	0.60481	0.2632	631.9	0.273	239.15	631.9
Cyclohexanol	C6H12O	100.161	0.8243	0.26546	650	0.2848	296.6	650
Ethylene glycol	C2H6O2	62.068	1.3151	0.25125	719.7	0.2187	260.15	719.7
1,2-Propylene glycol	C3H8O2	76.095	1.0923	0.26106	626	0.20459	213.15	626
Phenol	C6H6O	94.113	1.3798	0.31598	694.25	0.32768	314.06	694.25
o-Cresol	C7H8O	108.14	1.0861	0.30624	697.55	0.30587	304.19	697.55
m-Cresol	C7H8O	108.14	0.9061	0.28268	705.85	0.2707	285.39	705.85
p-Cresol	C7H8O	108.14	1.1503	0.31861	704.65	0.30104	307.93	704.65
Dimethyl ether	C2H6O	46.069	1.5693	0.2679	400.1	0.2882	131.65	400.1
Methyl ethyl ether	C3H8O	60.096	1.2635	0.27878	437.8	0.2744	160	437.8
Methyl-n-propyl ether	C4H10O	74.123	1.0124	0.27942	476.3	0.2555	133.97	476.3
Methyl isopropyl ether	C4H10O	74.123	1.0318	0.28478	464.5	0.2444	127.93	464.5
Methyl-n-butyl ether	C5H12O	88.15	0.8281	0.27245	510	0.2827	157.48	510
Methyl isobutyl ether	C5H12O	88.15	0.8252	0.27282	497	0.2857	150	497
Methyl tert-butyl ether	C5H12O	88.15	0.82157	0.27032	497.1	0.2829	164.55	497.1
Diethyl ether	C4H10O	74.123	0.9554	0.26847	466.7	0.2814	156.85	466.7
Ethyl propyl ether	C5H12O	88.15	0.7908	0.266	500.23	0.292	145.65	500.23
Ethyl isopropyl ether	C5H12O	88.15	0.82049	0.26994	489	0.30381	140	489
Methyl phenyl ether	C7H8O	108.14	0.77488	0.26114	645.6	0.28234	235.65	645.6
Diphenyl ether	C12H10O	170.211	0.52133	0.26218	766.8	0.31033	300.03	766.8
Formaldehyde	CH2O	30.026	1.9415	0.22309	408	0.28571	181.15	408
Acetaldehyde	C2H4O	44.053	1.6994	0.26167	466	0.2913	150.15	466
1-Propanal	C3H6O	58.08	1.296	0.26439	504.4	0.29471	170	504.4
1-Butanal	C4H8O	72.107	1.0361	0.26731	537.2	0.28397	176.75	537.2
1-Pentanal	C5H10O	86.134	0.83871	0.26252	566.1	0.29444	182	566.1
1-Hexanal	C6H12O	100.161	0.71899	0.26531	591	0.27628	217.15	591
1-Heptanal	C7H14O	114.188	0.62649	0.26376	617	0.29221	229.8	617
1-Octanal	C8H16O	128.214	0.56833	0.26939	638.1	0.26975	246	638.1
1-Nonanal	C9H18O	142.241	0.49587	0.26135	658	0.30736	255.15	658
1-Decanal	C10H20O	156.268	0.46802	0.27146	674.2	0.26869	267.15	674.2
Acetone	C3H6O	58.08	1.2332	0.25886	508.2	0.2913	178.45	508.2
Methyl ethyl ketone	C4H8O	72.107	0.93767	0.25035	535.5	0.29964	186.48	535.5
2-Pentanone	C5H10O	86.134	0.90411	0.27207	561.08	0.30669	196.29	561.08
Methyl isopropyl ketone1	C5H10O	86.134	0.8374	0.26204	553	0.2857	181.15	553
2-Hexanone	C6H12O	100.161	0.70659	0.26073	587.05	0.2963	217.35	587.05
Methyl isobutyl ketone	C6H12O	100.161	0.71791	0.26491	571.4	0.28544	189.15	571.4
3-Methyl-2-pentanone	C6H12O	100.161	0.6969	0.2587	573	0.2857	167.15	573
3-Pentanone	C5H10O	86.134	0.71811	0.24129	560.95	0.27996	234.18	560.95
Ethyl isopropyl ketone	C6H12O	100.161	0.66469	0.24527	567	0.34305	200	567
Diisopropyl ketone	C7H14O	114.188	0.56213	0.23385	576	0.2618	204.81	576
Cyclohexanone	C6H10O	98.145	0.8663	0.26941	653	0.2977	242	653
Methyl phenyl ketone	C8H8O	120.151	0.64417	0.24863	709.5	0.28661	292.81	709.5
Formic acid	CH2O2	46.026	1.938	0.24225	588	0.24435	281.45	588
Acetic acid	C2H4O2	60.053	1.4486	0.25892	591.95	0.2529	289.81	591.95
Propionic acid	C3H6O2	74.079	1.1041	0.25659	600.81	0.26874	252.45	600.81
n-Butyric acid	C4H8O2	88.106	0.89213	0.25938	615.7	0.24909	267.95	615.7
Isobutyric acid	C4H8O2	88.106	0.88575	0.25736	605	0.26265	227.15	605
Benzoic acid	C7H6O2	122.123	0.71587	0.24812	751	0.2857	395.45	751
Acetic anhydride	C4H6O3	102.09	0.86852	0.25187	606	0.31172	200.15	606
Methyl formate	C2H4O2	60.053	1.525	0.2634	487.2	0.2806	174.15	487.2
Methyl acetate	C3H6O2	74.079	1.13	0.2593	506.55	0.2764	175.15	506.55
Methyl propionate	C4H8O2	88.106	0.9147	0.2594	530.6	0.2774	185.65	530.6





Methyl n-butyrate	C5H10O2	102.133	0.76983	0.26173	554.5	0.26879	187.35	554.5
Ethyl formate	C3H6O2	74.079	1.1343	0.26168	508.4	0.2791	193.55	508.4
Ethyl acetate	C4H8O2	88.106	0.8996	0.25856	523.3	0.278	189.6	523.3
Ethyl propionate	C5H10O2	102.133	0.7405	0.25563	546	0.2795	199.25	546
Ethyl n-butyrate	C6H12O2	116.16	0.63566	0.25613	571	0.27829	175.15	571
n-Propyl formate	C4H8O2	88.106	0.915	0.26134	538	0.28	180.25	538
n-Propyl acetate	C5H10O2	102.133	0.73041	0.25456	549.73	0.27666	178.15	549.73
n-Butyl acetate	C6H12O2	116.16	0.669	0.26028	579.15	0.309	199.65	579.15
Methyl benzoate	C8H8O2	136.15	0.53944	0.23519	693	0.2676	260.75	693
Ethyl benzoate	C9H10O2	150.177	0.4883	0.23878	698	0.28487	238.45	698
Vinyl acetate	C4H6O2	86.09	0.9591	0.2593	519.13	0.27448	180.35	519.13
Methylamine	CH5N	31.057	1.39	0.21405	430.05	0.2275	179.69	430.05
Dimethylamine	C2H7N	45.084	1.5436	0.27784	437.2	0.2572	180.96	437.2
Trimethylamine	C3H9N	59.111	1.0116	0.25683	433.25	0.2696	156.08	433.25
Ethylamine	C2H7N	45.084	1.1477	0.23182	456.15	0.26053	192.15	456.15
Diethylamine	C4H11N	73.138	0.85379	0.25675	496.6	0.27027	223.35	496.6
Triethylamine	C6H15N	101.192	0.7035	0.27386	535.15	0.2872	158.45	535.15
n-Propylamine	C3H9N	59.111	0.9195	0.23878	496.95	0.2461	188.36	496.95
di-n-Propylamine	C6H15N	101.192	0.659	0.26428	550	0.2766	210.15	550
Isopropylamine	C3H9N	59.111	1.2801	0.2828	471.85	0.2972	177.95	471.85
Diisopropylamine	C6H15N	101.192	0.6181	0.25786	523.1	0.271	176.85	523.1
Aniline	C6H7N	93.128	1.0405	0.2807	699	0.29236	267.13	699
N-Methylaniline	C7H9N	107.155	0.6527	0.24324	701.55	0.25374	216.15	701.55
N,N-Dimethylaniline	C8H11N	121.182	0.4923	0.22868	687.15	0.2335	275.6	687.15
Ethylene oxide	C2H4O	44.053	1.836	0.26024	469.15	0.2696	160.65	469.15
Furan	C4H4O	68.075	1.1339	0.24741	490.15	0.2612	187.55	490.15
Thiophene	C4H4S	84.142	1.2875	0.28195	579.35	0.3077	234.94	579.35
Pyridine	C5H5N	79.101	0.9815	0.24957	619.95	0.29295	231.51	619.95
Formamide	CH3NO	45.041	1.2486	0.20352	771	0.25178	275.6	771
N,N-Dimethyl-formamide	C3H7NO	73.095	0.89615	0.23478	649.6	0.28091	212.72	649.6
Acetamide	C2H5NO	59.068	1.016	0.21845	761	0.26116	353.33	761
N-Methylacetamide	C3H7NO	73.095	0.88268	0.23568	718	0.27379	301.15	718
Acetonitrile	C2H3N	41.053	1.3064	0.22597	545.5	0.28678	229.32	545.5
Propionitrile	C3H5N	55.079	1.0224	0.23452	564.4	0.2804	180.26	564.4
n-Butyronitrile	C4H7N	69.106	0.87533	0.24331	582.25	0.28586	161.25	582.25
Benzonitrile	C7H5N	103.123	0.73136	0.24793	699.35	0.2841	260.4	699.35
Methyl mercaptan	CH4S	48.109	1.9323	0.28018	469.95	0.28523	150.18	469.95
Ethyl mercaptan	C2H6S	62.136	1.3047	0.2694	499.15	0.27866	125.26	499.15
n-Propyl mercaptan	C3H8S	76.163	1.0714	0.27214	536.6	0.29481	159.95	536.6
n-Butyl mercaptan	C4H10S	90.189	0.89458	0.27463	570.1	0.28512	157.46	570.1
Isobutyl mercaptan	C4H10S	90.189	0.88801	0.27262	559	0.29522	128.31	559
sec-Butyl mercaptan	C4H10S	90.189	0.89137	0.27365	554	0.2953	133.02	554
Dimethyl sulfide	C2H6S	62.136	1.4029	0.27991	503.04	0.2741	174.88	503.04
Methyl ethyl sulfide	C3H8S	76.163	1.067	0.27101	533	0.29363	167.23	533
Diethyl sulfide	C4H10S	90.189	0.82413	0.26333	557.15	0.27445	169.2	557.15
Fluoromethane	CH3F	34.033	2.1854	0.24725	317.42	0.27558	131.35	317.42
Chloromethane	CH3Cl	50.488	1.817	0.25877	416.25	0.2833	175.43	416.25
Trichloromethane	CHCl3	119.377	1.0841	0.2581	536.4	0.2741	209.63	536.4
Tetrachloromethane	CCl4	153.822	0.99835	0.274	556.35	0.287	250.33	556.35
Bromomethane	CH3Br	94.939	1.6762	0.26141	467	0.28402	179.47	467
Fluoroethane	C2H5F	48.06	1.6525	0.27099	375.31	0.2442	129.95	375.31
Chloroethane	C2H5Cl	64.514	2.176	0.3377	460.35	0.3361	134.8	460.35
Bromoethane	C2H5Br	108.966	1.1908	0.25595	503.8	0.29152	154.55	503.8
1-Chloropropane	C3H7Cl	78.541	1.087	0.26832	503.15	0.28055	150.35	503.15
2-Chloropropane	C3H7Cl	78.541	1.1202	0.27669	489	0.27646	155.97	489
1,1-Dichloropropane	C3H6Cl2	112.986	0.91064	0.26561	560	0.28571	200	560



1,2-Dichloropropane	C3H6Cl2	112.986	0.89833	0.26142	572	0.2868	172.71	572
Vinyl chloride	C2H3Cl	62.499	1.5115	0.2707	432	0.2716	119.36	432
Fluorobenzene	C6H5F	96.104	1.0146	0.27277	560.09	0.28291	230.94	560.09
Chlorobenzene	C6H5Cl	112.558	0.8711	0.26805	632.35	0.2799	227.95	632.35
Bromobenzene	C6H5Br	157.01	0.8226	0.26632	670.15	0.2821	242.43	670.15
Air		28.951	2.8963	0.26733	132.45	0.27341	59.15	132.45
Hydrogen	H2	2.016	5.414	0.34893	33.19	0.2706	13.95	33.19
Helium-4	He	4.003	7.2475	0.41865	5.2	0.24096	2.2	5.2
Neon	Ne	20.18	7.3718	0.3067	44.4	0.2786	24.56	44.4
Argon	Ar	39.948	3.8469	0.2881	150.86	0.29783	83.78	150.86
Fluorine	F2	37.997	4.2895	0.28587	144.12	0.28776	53.48	144.12
Chlorine	Cl2	70.905	2.23	0.27645	417.15	0.2926	172.12	417.15
Bromine	Br2	159.808	2.1872	0.29527	584.15	0.3295	265.85	584.15
Oxygen	O2	31.999	3.9143	0.28772	154.58	0.2924	54.35	154.58
Nitrogen	N2	28.014	3.2091	0.2861	126.2	0.2966	63.15	126.2
Ammonia	NH3	17.031	3.5383	0.25443	405.65	0.2888	195.41	405.65
Hydrazine	N2H4	32.045	1.0516	0.16613	653.15	0.1898	274.69	653.15
Nitrous oxide	N2O	44.013	2.781	0.27244	309.57	0.2882	182.3	309.57
Nitric oxide	NO	30.006	5.246	0.3044	180.15	0.242	109.5	180.15
Cyanogen	C2N2	52.036	1.0761	0.20984	400.15	0.20635	245.25	400.15
Carbon monoxide	CO	28.01	2.897	0.27532	132.92	0.2813	68.15	132.92
Carbon dioxide	CO2	44.01	2.768	0.26212	304.21	0.2908	216.58	304.21
Carbon disulfide	CS2	76.143	1.7968	0.28749	552	0.3226	161.11	552
Hydrogen fluoride	HF	20.006	2.5635	0.1766	461.15	0.3733	189.79	461.15
Hydrogen chloride	HCl	36.461	3.342	0.2729	324.65	0.3217	158.97	324.65
Hydrogen bromide	HBr	80.912	2.832	0.2832	363.15	0.28571	185.15	363.15
Hydrogen cyanide	HCN	27.026	1.3413	0.18589	456.65	0.28206	259.83	456.65
Hydrogen sulfide	H2S	34.082	2.7672	0.27369	373.53	0.29015	187.68	373.53
Sulfur dioxide	SO2	64.065	2.106	0.25842	430.75	0.2895	197.67	430.75
Sulfur trioxide	SO3	80.064	1.4969	0.19013	490.85	0.4359	289.95	490.85
Water	H2O	18.015	5.459	0.30542	647.13	0.081	273.15	333.15



Datos del programa Dimensiones de tuberías:

Diám. CED	D. Ext. Cm	D int. Cm	Espesor cm	Cédula	Diám. Nom.
1/8 40	1.029	0.683	0.173	40	1/8
1/8 80	1.029	0.546	0.241	80	1/8
1/4 40	1.372	0.925	0.224	40	1/4
1/4 80	1.372	0.767	0.302	80	1/4
3/8 40	1.715	1.252	0.231	40	3/8
3/8 80	1.715	1.074	0.32	80	3/8
1/2 40	2.134	1.58	0.277	40	1/2
1/2 80	2.134	1.387	0.373	80	1/2
3/4 40	2.667	2.093	0.287	40	3/4
3/4 80	2.667	1.885	0.391	80	3/4
1 40	3.34	2.664	0.338	40	1
1 80	3.34	2.431	0.455	80	1
1 1/4 40	4.216	3.505	0.356	40	1 1/4
1 1/4 80	4.216	3.246	0.485	80	1 1/4
1 1/2 40	4.826	4.089	0.368	40	1 1/2
1 1/2 80	4.826	3.81	0.508	80	1 1/2
2 40	6.033	5.25	0.391	40	2
2 80	6.033	4.925	0.554	80	2
2 1/2 40	7.303	6.271	0.516	40	2 1/2
2 1/2 80	7.303	5.9	0.701	80	2 1/2
3 40	8.89	7.793	0.549	40	3
3 80	8.89	7.366	0.762	80	3
3 1/2 40	10.16	9.012	0.574	40	3 1/2
3 1/2 80	10.16	8.545	0.808	80	3 1/2
4 40	11.43	10.226	0.602	40	4
4 80	11.43	9.718	0.856	80	4
5 40	14.13	12.819	0.655	40	5
5 80	14.13	12.225	0.953	80	5
6 40	16.83	15.405	0.711	40	6
6 80	16.83	14.633	1.097	80	6
8 40	21.91	20.272	0.818	40	8
8 80	21.91	19.368	1.27	80	8
10 40	27.31	25.451	0.927	40	10
10 80	27.31	24.287	1.509	80	10
12 40	32.39	30.323	1.031	40	12
12 80	32.39	28.89	1.748	80	12



Datos del programa Longitud equivalente:

Accesorios	Leq. [m]				Entrada de	
	Codo 90°	Codo 90°	Codo 90°	Codo 45°	normal	borda
D [in]	RL	RM	RC			
0.5	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.4
0.75	0.4	0.6	0.7	0.3	0.2	0.5
1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.7
1.25	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.9
1.5	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	1
2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.7	1.5
2.5	1.3	1.7	2	0.9	0.9	1.9
3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.1	2.2
4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.6	3.2
5	2.7	3.7	4.2	1.9	2	4
6	3.4	4.3	4.9	2.3	2.5	5
8	4.3	5.5	6.4	3	3.5	6
10	5.5	6.7	7.9	3.8	4.5	7.5
12	6.1	7.9	9.5	4.6	5.5	9
14	7.3	9.5	10.5	5.3	6.2	11
16	8.4	10.8	12.4	6.1	7.2	12.3
20	10.5	13.4	15.5	7.6	9	15.4
24	12.6	16.1	18.5	9.1	10.9	18.5

D [in]	Válv. globo			Té paso directo	Té salida		Válv. de pie
	Válvula de comp. abier.	abierta 90	Válv. de áng. abierta		lateral	bilateral	
0.5	0.1	4.9	2.6	0.3	1	1	3.6
0.75	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6
1	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3
1.25	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10
1.5	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6
2	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14
2.5	0.4	21	10	1.3	4.3	4.3	17
3	0.5	26	13	1.6	5.2	5.2	20
4	0.7	34	17	2.1	6.7	6.7	23
5	0.9	43	21	2.7	8.4	8.4	30
6	1.1	51	26	3.4	10	10	39
8	1.4	67	34	4.3	13	13	52
10	1.7	85	43	5.5	16	16	65
12	2.1	102	51	6.1	19	19	78
14	2.4	120	60	7.3	22	22	90
16	2.8	136.1	68.3	8.4	25.3	25.3	102.7
20	3.5	170.1	85.3	10.5	31.6	31.6	128.2
24	4.1	204	102.3	12.6	37.8	37.8	153.7



D [in]	Salida de tubería	Válv. de ret. liviana	Válv. de ret. pesado	Valv. globo abierta 60°	Valv. globo abierta 45°	Check Swing	Check bola
0.5	0.4	1.1	1.6	3.49	2.83	3.12	3.51
0.75	0.5	1.6	2.4	4.54	3.7	3.91	4.4
1	0.7	2.1	3.2	5.59	4.57	4.69	5.28
1.25	0.9	2.7	4	6.64	5.44	5.48	6.17
1.5	1	3.2	4.8	7.01	5.49	5.18	5.83
2	1.5	4.2	6.4	9.14	7.32	6.71	7.62
2.5	1.9	5.2	8.1	11.58	9.14	8.23	9.14
3	2.2	6.3	9.7	13.72	11.58	10.67	11.58
4	3.2	6.4	12.9	18.29	14.63	13.72	15.24
5	4	10.4	16.1	22.39	18.48	17.23	19.08
6	5	12.5	19.3	26.82	21.95	19.81	22.86
8	6	16	25	36.58	28.96	27.43	30.48
10	7.5	20	32	45.72	39.62	36.58	39.62
12	9	24	38	51.82	44.2	42.67	45.72
14	11	28	45	57.91	48.77	45.72	51.82
16	12.3	32	51	67.06	54.86	51.82	57.91
20	15.4	39.9	63.8	88.39	73.15	60.96	73.15
24	18.5	47.9	76.5	100.58	82.3	76.2	88.39



### Datos y constantes del programa *Presión de vapor*.

La correlación utilizada fue la siguiente:

$$P^0 = \exp \left[ C1 + \frac{C2}{T} + C3 \ln(T) + C4 T^{C5} \right]$$

donde:

$P^0$ : Pa

T: K

Nombre	Fórmula	C1	C2	C3	C4	C5	Tmin, K	Tmax, K
Methane	CH4	39.21	-1324	-3.437	3.10E-05	2	90.69	190.56
Ethane	C2H6	51.86	-2599	-5.128	1.49E-05	2	90.35	305.32
Propane	C3H8	59.08	-3493	-6.067	1.09E-05	2	85.47	369.83
n-Butane	C4H10	66.34	-4363	-7.046	9.45E-06	2	134.86	425.12
n-Pentane	C5H12	78.74	-5420	-8.825	9.62E-06	2	143.42	469.7
n-Hexane	C6H14	104.7	-6996	-12.7	1.24E-05	2	177.83	507.6
n-Heptane	C7H16	87.83	-6996	-9.88	7.21E-06	2	182.57	540.2
n-Octane	C8H18	96.08	-7900	-11	7.18E-06	2	216.38	568.7
n-Nonane	C9H20	109.4	-9030	-12.88	7.85E-06	2	219.66	594.6
n-Decane	C10H22	112.7	-9750	-13.25	7.13E-06	2	243.51	617.7
n-Undecane	C11H24	131	-11143	-15.86	8.19E-06	2	247.57	639
n-Dodecane	C12H26	137.5	-11976	-16.7	8.09E-06	2	263.57	658
n-Tridecane	C13H28	137.5	-12549	-16.54	7.13E-06	2	267.76	675
n-Tetradecane	C14H30	140.5	-13231	-16.86	6.59E-06	2	279.01	693
n-Pentadecane	C15H32	135.6	-13478	-16.02	5.61E-06	2	283.07	708
n-Hexadecane	C16H34	156.1	-15015	-18.94	6.82E-06	2	291.31	723
n-Heptadecane	C17H36	157	-15557	-18.97	6.46E-06	2	295.13	736
n-Octadecane	C18H38	157.7	-16093	-18.95	5.93E-06	2	301.31	747
n-Nonadecane	C19H40	182.5	-17897	-22.5	7.40E-06	2	305.04	758
n-Eicosane	C20H42	203.7	-19441	-25.53	8.84E-06	2	309.58	768
2-Methylpropane	C4H10	100.2	-4842	-13.54	2.01E-02	1	113.54	408.14
2-Methylbutane	C5H12	72.35	-5011	-7.883	8.98E-06	2	113.25	460.43
2,3-Dimethylbutane	C6H14	77.24	-5696	-8.511	8.02E-06	2	145.19	499.98
2-Methylpentane	C6H14	77.36	-5792	-8.491	7.79E-06	2	119.55	497.5
2,3-Dimethylpentane	C7H16	78.28	-6347	-8.502	6.42E-06	2	160	537.35
2,3,3-Trimethylpentane	C8H18	83.11	-6904	-9.186	6.47E-06	2	172.22	573.5
2,2,4-Trimethylpentane	C8H18	87.87	-6832	-9.978	7.77E-06	2	165.78	543.96
Ethylene	C2H4	74.24	-2707	-9.846	2.25E-02	1	104	282.34
Propylene	C3H6	57.26	-3382	-5.771	1.04E-05	2	87.89	365.57
1-Butene	C4H8	68.49	-4350	-7.412	1.05E-05	2	87.8	419.95
cis-2-Butene	C4H8	102.6	-5260	-13.76	1.92E-02	1	134.26	435.58
trans-2-Butene	C4H8	70.59	-4530	-7.723	1.09E-05	2	167.62	428.63
1-Pentene	C5H10	120.2	-6192	-16.6	2.19E-02	1	107.93	464.78
1-Hexene	C6H12	85.3	-6172	-9.702	8.96E-06	2	133.39	504.03
1-Heptene	C7H14	92.68	-7055	-10.68	8.45E-06	2	154.27	537.29
1-Octene	C8H16	97.57	-7836	-11.27	7.73E-06	2	171.45	566.65



1-Nonene	C9H18	144.5	-9676	-19.45	1.80E-02	1	191.78	593.25
1-Decene	C10H20	78.81	-8368	-7.955	8.74E-18	6	206.89	616.4
2-Methylpropene	C4H8	102.5	-5022	-13.88	2.03E-02	1	132.81	417.9
2-Methyl-1-butene	C5H10	97.33	-5632	-12.59	1.54E-02	1	135.58	465
2-Methyl-2-butene	C5H10	82.61	-5607	-9.424	1.05E-05	2	139.39	471
1,2-Butadiene	C4H6	39.71	-3770	-2.641	6.94E-18	6	136.95	452
1,3-Butadiene	C4H6	73.52	-4564	-8.196	1.16E-05	2	164.25	425.17
2-Methyl-1,3-butadiene	C5H8	79.66	-5240	-9.431	9.59E-03	1	127.27	484
Acetylene	C2H2	172.1	-5319	-27.22	5.46E-02	1	192.4	308.32
Methylacetylene	C3H4	119.4	-5365	-16.81	2.55E-02	1	170.45	402.39
Dimethylacetylene	C4H6	66.59	-5000	-6.839	6.68E-06	2	240.91	473.2
3-Methyl-1-butyne	C5H8	69.46	-5250	-7.113	7.93E-17	6	183.45	463.2
1-Pentyne	C5H8	82.81	-5684	-9.43	1.08E-05	2	167.45	481.2
2-Pentyne	C5H8	137.3	-7447	-19.01	2.14E-02	1	163.83	519
1-Hexyne	C6H10	133.2	-7493	-18.41	2.21E-02	1	141.25	516.2
2-Hexyne	C6H10	123.7	-7639	-16.45	1.65E-02	1	183.65	549
3-Hexyne	C6H10	47.09	-5104	-3.637	5.16E-04	1	170.05	544
1-Heptyne	C7H12	66.45	-6396	-6.385	1.13E-17	6	192.22	559
1-Octyne	C8H14	82.35	-7241	-9.184	5.80E-03	1	193.55	585
Vinylacetylene	C4H4	55.68	-4439	-5.014	1.97E-17	6	173.15	454
Cyclopentane	C5H10	51.43	-4771	-4.352	1.96E-17	6	179.28	511.76
Methylcyclopentane	C6H12	79.67	-6087	-8.793	7.40E-06	2	130.73	532.79
Ethylcyclopentane	C7H14	88.62	-7011	-10.04	7.45E-06	2	134.71	569.52
Cyclohexane	C6H12	116.5	-7103	-15.49	1.70E-02	1	279.69	553.58
Methylcyclohexane	C7H14	92.61	-7078	-10.68	8.12E-06	2	146.58	572.19
1,1-Dimethylcyclohexane	C8H16	81.18	-6927	-8.85	5.46E-06	2	239.66	591.15
Ethylcyclohexane	C8H16	80.21	-7203	-8.602	4.59E-06	2	161.84	609.15
Cyclopentene	C5H8	49.88	-4650	-4.119	1.96E-17	6	138.13	507
1-Methylcyclopentene	C6H10	52.73	-5287	-4.451	1.09E-17	6	146.62	542
Cyclohexene	C6H10	88.18	-6625	-10.06	8.26E-06	2	169.67	560.4
Benzene	C6H6	83.92	-6518	-9.345	7.12E-06	2	278.68	562.16
Toluene	C7H8	80.88	-6902	-8.776	5.80E-06	2	178.18	591.8
o-Xylene	C8H10	90.36	-7949	-10.08	5.98E-06	2	247.98	630.33
m-Xylene	C8H10	84.78	-7598	-9.261	5.54E-06	2	225.3	617.05
p-Xylene	C8H10	85.48	-7596	-9.378	5.69E-06	2	286.41	616.23
Ethylbenzene	C8H10	88.09	-7688	-9.771	5.88E-06	2	178.15	617.2
Propylbenzene	C9H12	136.8	-9545	-18.19	1.66E-02	1	324.18	638.32
1,2,4-Trimethylbenzene	C9H12	60.66	-7260	-5.377	4.58E-18	6	229.33	649.13
Isopropylbenzene	C9H12	143.6	-9688	-19.31	1.77E-02	1	177.14	631.1
1,3,5-Trimethylbenzene	C9H12	48.6	-6545	-3.641	1.93E-18	6	228.42	637.36
p-Isopropyltoluene	C10H14	107.7	-9403	-12.55	6.67E-06	2	205.25	653.15
Naphthalene	C10H8	62.45	-8109	-5.557	2.08E-18	6	353.43	748.35
Biphenyl	C12H10	76.81	-9879	-7.438	2.04E-18	6	342.2	789.26
Styrene	C8H8	105.9	-8686	-12.42	7.56E-06	2	242.54	636
m-Terphenyl	C18H14	88.04	-13367	-8.648	8.79E-19	6	360	924.85
Methanol	CH4O	81.77	-6876	-8.708	7.19E-06	2	175.47	512.64
Ethanol	C2H6O	74.48	-7164	-7.327	3.13E-06	2	159.05	513.92
1-Propanol	C3H8O	88.13	-8499	-9.077	8.33E-18	6	146.95	536.78
1-Butanol	C4H10O	93.17	-9186	-9.746	4.78E-18	6	184.51	563.05
2-Butanol	C4H10O	152.5	-11111	-19.03	1.04E-05	2	158.45	536.05
2-Propanol	C3H8O	76.96	-7624	-7.492	5.94E-18	6	185.28	508.3
2-Methyl-2-propanol	C4H10O	172.3	-11590	-22.12	1.37E-05	2	298.97	506.21
1-Pentanol	C5H12O	169	-12659	-21.37	1.16E-05	2	195.56	586.15



2-Methyl-1-butanol	C5H12O	410.4	-20262	-62.37	6.34E-02	1	203	565
3-Methyl-1-butanol	C5H12O	107	-10237	-11.7	6.80E-18	6	155.95	577.2
1-Hexanol	C6H14O	117.3	-11239	-13.15	9.37E-18	6	228.55	611.35
1-Heptanol	C7H16O	160.1	-14095	-19.21	1.70E-17	6	239.15	631.9
Cyclohexanol	C6H12O	135	-12238	-15.7	1.03E-17	6	296.6	650
Ethylene glycol	C2H6O2	79.28	-10105	-7.521	7.34E-19	6	260.15	719.7
1,2-Propylene glycol	C3H8O2	212.8	-15420	-28.11	2.16E-05	2	213.15	626
Phenol	C6H6O	95.44	-10113	-10.09	6.76E-18	6	314.06	694.25
o-Cresol	C7H8O	210.9	-13928	-29.48	2.52E-02	1	304.19	697.55
m-Cresol	C7H8O	95.4	-10581	-10	4.30E-18	6	285.39	705.85
p-Cresol	C7H8O	118.5	-11957	-13.29	8.70E-18	6	307.93	704.65
Dimethyl ether	C2H6O	44.7	-3526	-3.444	5.46E-17	6	131.65	400.1
Methyl ethyl ether	C3H8O	205.8	-9835	-28.74	3.53E-05	2	160	437.8
Methyl n-propyl ether	C4H10O	50.83	-4782	-4.177	9.41E-18	6	133.97	476.3
Methyl isopropyl ether	C4H10O	55.1	-4793	-4.869	2.95E-17	6	127.93	464.5
Methyl-n-butyl ether	C5H12O	102	-6955	-12.28	1.21E-05	2	157.48	510
Methyl isobutyl ether	C5H12O	58.17	-5362	-5.257	2.02E-17	6	150	497
Methyl tert-butyl ether	C5H12O	55.88	-5132	-4.96	1.91E-17	6	164.55	497.1
Diethyl ether	C4H10O	136.9	-6954	-19.25	2.45E-02	1	156.85	466.7
Ethyl propyl ether	C5H12O	143.1	-8354	-18.75	2.06E-05	2	145.65	500.23
Ethyl isopropyl ether	C5H12O	57.72	-5237	-5.214	2.30E-17	6	140	489
Methyl phenyl ether	C7H8O	128.1	-9308	-16.69	1.49E-02	1	235.65	645.6
Diphenyl ether	C12H10O	59.97	-8586	-5.154	2.00E-18	6	300.03	766.8
Formaldehyde	CH2O	101.5	-4917	-13.77	2.20E-02	1	181.15	408
Acetaldehyde	C2H4O	193.7	-8037	-29.5	4.37E-02	1	150.15	466
1-Propanal	C3H6O	80.58	-5896	-8.93	8.22E-06	2	170	504.4
1-Butanal	C4H8O	99.33	-7084	-11.73	1.00E-05	2	176.75	537.2
1-Pentanal	C5H10O	149.6	-8890	-20.7	2.21E-02	1	182	566.1
1-Hexanal	C6H12O	81.51	-7777	-8.452	1.51E-17	6	217.15	591
1-Heptanal	C7H14O	107.2	-9070	-12.5	7.44E-06	2	229.8	617
1-Octanal	C8H16O	250.3	-16162	-33.93	2.23E-05	2	246	638.1
1-Nonanal	C9H18O	337.7	-18506	-50.22	4.73E-02	1	255.15	658
1-Decanal	C10H20O	201.6	-15133	-26.26	1.46E-05	2	267.15	674.2
Acetone	C3H6O	69.01	-5600	-7.099	6.22E-06	2	178.45	508.2
Methyl ethyl ketone	C4H8O	72.7	-6144	-7.578	5.65E-06	2	186.48	535.5
2-Pentanone	C5H10O	84.64	-7078	-9.3	6.27E-06	2	196.29	561.08
Methyl isopropyl ketone	C5H10O	308.7	-13693	-47.56	5.70E-02	1	181.15	553
2-Hexanone	C6H12O	65.84	-7042	-6.138	7.22E-18	6	217.35	587.05
Methyl isobutyl ketone	C6H12O	153.2	-10055	-19.85	1.64E-05	2	189.15	571.4
3-Methyl-2-pentanone	C6H12O	64.64	-6457	-6.218	3.45E-06	2	167.15	573
3-Pentanone	C5H10O	44.29	-5415	-3.091	1.86E-18	6	234.18	560.95
Ethyl isopropyl ketone	C6H12O	206.8	-12537	-27.89	2.25E-05	2	200	567
Diisopropyl ketone	C7H14O	96.92	-8014	-11.09	7.35E-06	2	204.81	576
Cyclohexanone	C6H10O	95.12	-8300	-10.8	6.50E-06	2	242	653
Methyl phenyl ketone	C8H8O	62.69	-8089	-5.543	2.08E-18	6	292.81	709.5
Formic acid	CH2O2	50.32	-5378	-4.203	3.47E-06	2	281.45	588
Acetic acid	C2H4O2	53.27	-6305	-4.299	8.89E-18	6	289.81	591.95
Propionic acid	C3H6O2	54.55	-7149	-4.277	1.18E-18	6	252.45	600.81
n-Butyric acid	C4H8O2	93.82	-9942	-9.802	9.31E-18	6	267.95	615.7
Isobutyric acid	C4H8O2	110.4	-10540	-12.26	1.43E-17	6	227.15	605
Benzoic acid	C7H6O2	88.51	-11829	-8.683	2.32E-19	6	395.45	751
Acetic anhydride	C4H6O3	101	-8873	-11.45	6.13E-06	2	200.15	606
Methyl formate	C2H4O2	77.18	-5606	-8.392	7.85E-06	2	174.15	487.2





Methyl acetate	C3H6O2	61.27	-5619	-5.647	2.11E-17	6	175.15	506.55
Methyl propionate	C4H8O2	70.72	-6440	-6.985	2.01E-17	6	185.65	530.6
Methyl n-butyrate	C5H10O2	71.87	-6886	-7.094	1.49E-17	6	187.35	554.5
Ethyl formate	C3H6O2	73.83	-5817	-7.809	6.32E-06	2	193.55	508.4
Ethyl acetate	C4H8O2	66.82	-6228	-6.41	1.79E-17	6	189.6	523.3
Ethyl propionate	C5H10O2	105.6	-8007	-12.48	9.00E-06	2	199.25	546
Ethyl n-butyrate	C6H12O2	57.66	-6347	-5.032	8.25E-18	6	175.15	571
n-Propyl formate	C4H8O2	104.1	-7536	-12.35	9.60E-06	2	180.25	538
n-Propyl acetate	C5H10O2	115.2	-8434	-13.93	1.03E-05	2	178.15	549.73
n-Butyl acetate	C6H12O2	71.34	-7286	-6.946	9.99E-18	6	199.65	579.15
Methyl benzoate	C8H8O2	82.98	-9226	-8.443	5.91E-18	6	260.75	693
Ethyl benzoate	C9H10O2	53.02	-7677	-4.159	1.69E-18	6	238.45	698
Vinyl acetate	C4H6O2	57.41	-5703	-5.031	1.10E-17	6	180.35	519.13
Methylamine	CH5N	75.21	-5083	-8.092	8.11E-06	2	179.69	430.05
Dimethylamine	C2H7N	71.74	-5302	-7.332	6.42E-17	6	180.96	437.2
Trimethylamine	C3H9N	134.7	-6056	-19.42	2.86E-02	1	156.08	433.25
Ethylamine	C2H7N	81.56	-5597	-9.078	8.79E-06	2	192.15	456.15
Diethylamine	C4H11N	49.31	-4949	-3.926	9.20E-18	6	223.35	496.6
Triethylamine	C6H15N	56.55	-5682	-4.982	1.24E-17	6	158.45	535.15
n-Propylamine	C3H9N	58.4	-5313	-5.288	1.99E-06	2	188.36	496.95
di-n-Propylamine	C6H15N	54	-6019	-4.498	9.97E-18	6	210.15	550
Isopropylamine	C3H9N	136.7	-7202	-18.93	2.23E-02	1	177.95	471.85
Diisopropylamine	C6H15N	462.8	-18227	-73.73	9.28E-02	1	176.85	523.1
Aniline	C6H7N	66.29	-8207	-6.013	2.84E-18	6	267.13	699
N-Methylaniline	C7H9N	70.84	-8518	-6.701	5.64E-18	6	216.15	701.55
N,N-Dimethylaniline	C8H11N	51.35	-7160	-4.013	8.15E-07	2	275.6	687.15
Ethylene oxide	C2H4O	91.94	-5293	-11.68	1.49E-02	1	160.65	469.15
Furan	C4H4O	74.74	-5417	-8.064	7.47E-06	2	187.55	490.15
Thiophene	C4H4S	89.17	-6860	-10.1	7.48E-06	2	234.94	579.35
Pyridine	C5H5N	82.15	-7211	-8.865	5.25E-06	2	231.51	619.95
Formamide	CH3NO	100.3	-10763	-10.95	3.85E-06	2	275.6	771
N,N-Dimethylformamide	C3H7NO	82.76	-7956	-8.804	4.24E-06	2	212.72	649.6
Acetamide	C2H5NO	125.8	-12376	-14.59	5.08E-06	2	353.33	761
N-Methylacetamide	C3H7NO	79.13	-9524	-7.736	3.16E-18	6	301.15	718
Acetonitrile	C2H3N	58.3	-5386	-5.495	5.36E-06	2	229.32	545.5
Propionitrile	C3H5N	82.7	-6704	-9.151	7.54E-06	2	180.26	564.4
n-Butyronitrile	C4H7N	66.32	-6715	-6.309	1.35E-17	6	161.25	582.25
Benzonitrile	C7H5N	55.46	-7431	-4.548	1.75E-18	6	260.4	699.35
Methyl mercaptan	CH4S	54.15	-4338	-4.813	4.50E-17	6	150.18	469.95
Ethyl mercaptan	C2H6S	65.55	-5027	-6.685	6.32E-06	2	125.26	499.15
n-Propyl mercaptan	C3H8S	62.17	-5624	-5.86	2.06E-17	6	159.95	536.6
n-Butyl mercaptan	C4H10S	65.38	-6262	-6.259	1.49E-17	6	157.46	570.1
Isobutyl mercaptan	C4H10S	61.74	-5909	-5.755	1.51E-17	6	128.31	559
sec-Butyl mercaptan	C4H10S	60.65	-5786	-5.611	1.59E-17	6	133.02	554
Dimethyl sulfide	C2H6S	83.49	-5712	-9.5	9.84E-06	2	174.88	503.04
Methyl ethyl sulfide	C3H8S	79.07	-6114	-8.631	6.53E-06	2	167.23	533
Diethyl sulfide	C4H10S	60.87	-5970	-5.598	1.45E-17	6	169.2	557.15
Fluoromethane	CH3F	59.12	-3044	-6.185	1.66E-05	2	131.35	317.42
Chloromethane	CH3Cl	64.7	-4048	-6.807	1.04E-05	2	175.43	416.25
Trichloromethane	CHCl3	146.4	-7792	-20.61	2.46E-02	1	207.15	536.4
Tetrachloromethane	CCl4	78.44	-6128	-8.577	6.85E-06	2	250.33	556.35
Bromomethane	CH3Br	72.59	-4699	-7.997	1.16E-05	2	179.47	467
Fluoroethane	C2H5F	56.64	-3577	-5.58	9.90E-06	2	129.95	375.31



Chloroethane	C2H5Cl	70.16	-4787	-7.539	9.34E-06	2	134.8	460.35
Bromoethane	C2H5Br	62.22	-5113	-5.976	4.72E-17	6	154.55	503.8
1-Chloropropane	C3H7Cl	79.24	-5719	-8.789	8.45E-06	2	150.35	503.15
2-Chloropropane	C3H7Cl	46.85	-4446	-3.653	1.33E-17	6	155.97	489
1,1-Dichloropropane	C3H6Cl2	83.5	-6661	-9.239	6.77E-06	2	200	560
1,2-Dichloropropane	C3H6Cl2	65.96	-6016	-6.551	4.32E-06	2	172.71	572
Vinyl chloride	C2H3Cl	91.43	-5142	-10.98	1.43E-05	2	119.36	432
Fluorobenzene	C6H5F	51.92	-5439	-4.29	8.75E-18	6	230.94	560.09
Chlorobenzene	C6H5Cl	54.14	-6244	-4.534	4.70E-18	6	227.95	632.35
Bromobenzene	C6H5Br	63.75	-7130	-5.879	5.21E-18	6	242.43	670.15
Air <sup>3</sup>		21.66	-692.4	-0.392	4.76E-03	1	59.15	132.45
Hydrogen	H2	12.69	-94.9	1.1125	3.29E-04	2	13.95	33.19
Helium-44	He	11.53	-8.99	0.6724	2.74E-01	1	1.76	5.2
Neon	Ne	29.76	-271.1	-2.608	5.27E-04	2	24.56	44.4
Argon	Ar	42.13	-1093	-4.143	5.73E-05	2	83.78	150.86
Fluorine	F2	42.39	-1103	-4.12	5.78E-05	2	53.48	144.12
Chlorine	Cl2	71.33	-3855	-8.517	1.24E-02	1	172.12	417.15
Bromine	Br2	108.3	-6592	-14.16	1.60E-02	1	265.85	584.15
Oxygen	O2	51.25	-1200	-6.436	2.84E-02	1	54.36	154.58
Nitrogen	N2	58.28	-1084	-8.314	4.41E-02	1	63.15	126.2
Ammonia	NH3	90.48	-4670	-11.61	1.72E-02	1	195.41	405.65
Hydrazine	N2H4	76.86	-7245	-8.22	6.16E-03	1	274.69	653.15
Nitrous oxide	N2O	96.51	-4045	-12.28	2.89E-05	2	182.3	309.57
Nitric oxide	NO	72.97	-2650	-8.261	9.70E-15	6	109.5	180.15
Cyanogen	C2N2	88.59	-5060	-10.48	1.54E-05	2	245.25	400.15
Carbon monoxide	CO	45.7	-1077	-4.881	7.57E-05	2	68.15	132.92
Carbon dioxide	CO2	140.5	-4735	-21.27	4.09E-02	1	216.58	304.21
Carbon disulfide	CS2	67.11	-4820	-7.53	9.17E-03	1	161.11	552
Hydrogen fluoride	HF	59.54	-4144	-6.176	1.42E-05	2	189.79	461.15
Hydrogen chloride	HCl	104.3	-3731	-15.05	3.13E-02	1	158.97	324.65
Hydrogen bromide	HBr	29.32	-2425	-1.135	2.38E-18	6	185.15	363.15
Hydrogen cyanide	HCN	36.75	-3927	-2.125	3.89E-17	6	259.83	456.65
Hydrogen sulfide	H2S	85.58	-3840	-11.2	1.88E-02	1	187.68	373.53
Sulfur dioxide	SO2	47.37	-4085	-3.647	1.80E-17	6	197.67	430.75
Sulfur trioxide	SO3	181	-12060	-22.84	7.24E-17	6	289.95	490.85
Water	H2O	73.65	-7258	-7.304	4.17E-06	2	273.16	647.13



## Bibliografía

<sup>1</sup> Problemas de Flujo de Fluidos

Antonio Valiente Barderas

Edit. Limusa Segunda reimpresión

México D.F.

<sup>2</sup> Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants

Ernest E. Ludwig

Volumen 1 Segunda edición

Gula Publishing Company

Houston, Texas.

<sup>3</sup> Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías

CRANE

Edit. McGraw-Hill Interamericana

Edo. De México

<sup>4</sup> Perry's Chemical Engineer's Handbook on CD-ROM

Robert H. Perry / Don W. Green

McGraw-Hill

<sup>5</sup> Principios Elementales de los Procesos Químicos

Richard M. Felder / Ronald W. Rousseau

Segunda edición

Edit. Addison-Wesley Iberoamericana

Wilmington, Delaware, EUA.

<sup>6</sup> Fenómenos de Transporte

R.B. Bird / W.E. Stewart

Cuarta reimpresión

Edit. Reverté S.A.

México, D.F.

<sup>7</sup> Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química

Smith / Van Ness / Abbott

Quinta edición

Edit. McGraw-Hill

México D.F.



<sup>8</sup> Teoría y Problemas de Dinámica de Fluidos

W. F. Hughes / J. A. Brighton

Versión Latinoamericana de Editorial Norma

Edit. McGraw-Hill México D.F.

<sup>9</sup> Fluid Flow for Chemical Engineers

Segunda Edición

F.A. Holland / R. Bragg

Edit. Edward Arnold

<sup>10</sup> Principios de Operaciones Unitarias

A.S. Foust / L.A. Wenzel / C.W. Clump / L. Maus / L.B. Andersen

Compañía Editorial Continental S.A.

México D.F.

<sup>11</sup> Creación de Software Científico como Herramienta Educacional en Ingeniería Química

Dra. Silvia Estrada Flores

Centro de Investigaciones Teóricas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

<sup>12</sup> Ensayo de Actuaciones en Bombas Hidráulicas Centrifugas

Departamento de Ingeniería

Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior

<sup>13</sup> Bombas y Sistemas de Bombeo de Fluidos

Departamento de Ingeniería Química

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

<sup>14</sup> Estimación de Propiedades de Transporte: Viscosidades

María Aguilera / Dosinda González / Aurora López / Luis Matamoros / Cesar Oronet

Universidad Simón Bolívar

Departamento de Termodinámica y Fenómenos de Transporte

<sup>15</sup> Compresores

Pedro Fernández Díez

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Universidad de Cantabria



**16 Pérdidas de Carga**

Prácticas de Mecánica de Fluidos  
Universidad de Oviedo

**17 Otros Sistemas de Flujo (capítulo 3)**

Departamento de Ingeniería Química  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile

**18 Fórmulas Empíricas para el Cálculo de Pérdidas de Carga Continuas en Tuberías**  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

**19 Especificaciones de Válvulas de Control**

Ing. Agustín Arroyo Arroyo  
CCI

**20 Impacto de un Facilitador Didáctico y Videos, con Contenidos de Termodinámica, en la Enseñanza-Aprendizaje de Fisicoquímica**  
Reguera Mónica / Masachs Mónica / Stoppello Marta  
Facultad de Agroindustrias UNNE

**21 Aprender a Investigar (Módulo 3, Recolección de la Información)**

Yolanda Gallardo de Parada / Adonai Moreno Garzón  
ICFES – Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación

**22 Metodología para la Elaboración de Software Educativo**

Pere Marquéz  
Editorial Estel, Barcelona 1995

**23 Diseño y Elaboración de Software de Gestión**

Clodoaldo Robledo  
Grupo LOGO-Madrid

**24 Los Materiales Educativos en la Educación Virtual**

Joseph Maria Duart  
Universidad Oberta de Catalunya  
Barcelona



- <sup>25</sup> [http://www.geocities.com/cscience\\_sky/arquimedes.htm](http://www.geocities.com/cscience_sky/arquimedes.htm)
- <sup>26</sup> <http://quimica.fceqyn.unam.edu.ar/fisica/curso/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>
- <sup>27</sup> [http://www.cueronet.com/tecnica/grados\\_seta.htm](http://www.cueronet.com/tecnica/grados_seta.htm)
- <sup>28</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/ecuacion/ecuacion.htm>
- <sup>29</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/introduccion/Introduccion.htm>
- <sup>30</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/densidad/densidad.htm>
- <sup>31</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/aerometro/aerometro.htm>
- <sup>32</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>
- <sup>33</sup> [http://www.geocities.com/dalber\\_99/fluids\\_e.htm](http://www.geocities.com/dalber_99/fluids_e.htm)
- <sup>34</sup> <http://www.liceodigital.com/segundo/fisica2/hidrost2.htm>
- <sup>35</sup> <http://newton.cnice.mecd.es/primerasunidades/ud-fluidos/presion.htm>
- <sup>36</sup> <http://www.escolar.com/article.php?sid=27>
- <sup>37</sup> <http://cipres.cec.uchile.cl/~gecontre/bar.html>
- <sup>38</sup> <http://cipres.cec.uchile.cl/~gecontre/b1.html>
- <sup>39</sup> <http://cipres.cec.uchile.cl/~rgalvez/visco.htm>
- <sup>40</sup> <http://www.geocities.com/tehiceentrar/Viscosidad.htm>
- <sup>41</sup> <http://www.lenntech.com/espanol/fluidizacion.htm>
- <sup>42</sup> <http://docentes.uacj.mx/lcamacho/3syf.htm>
- <sup>43</sup> <http://www.ssvsa.cl/calcfosa.htm>
- <sup>44</sup> <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Componentes/SCAUDAL.htm>
- <sup>45</sup> <http://www.sater.org.ar/Art.%20de%20De%20Notta.htm>



- 46 <http://www.uvg.edu.gt/~rgarcia/Fluidos.htm>
- 47 [http://www.construaprende.com/Lab/10/Prac10\\_1.html](http://www.construaprende.com/Lab/10/Prac10_1.html)
- 48 <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt028.html>
- 49 <http://www.geocities.com/CollegePark/Pool/1549/instru1/c01.html>
- 50 [http://www.manufacturaweb.com/prnfriend.asp?clave\\_id=50\\_03](http://www.manufacturaweb.com/prnfriend.asp?clave_id=50_03)
- 51 <http://www.geocities.com/CollegePark/Pool/1549/instru1/c02.html>
- 52 <http://www.geocities.com/CollegePark/Pool/1549/instru1/c06.html>
- 53 <http://tucanos.udea.edu.co/Hidraulica/Capitulo3.htm>
- 54 <http://tucanos.udea.edu.co/Hidraulica/Capitulo4.htm>
- 55 [http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/Quiceno/Capitulo\\_5.html](http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/Quiceno/Capitulo_5.html)
- 56 <http://www.geocities.com/MadisonAvenue/6883/trabajos/1valvulas/valvulas98.htm>
- 57 <http://www.esimeupt.ipn.mx/esimeweb/poli/carrera/hidronew/valvula.htm>
- 58 <http://www.triominperu.com/VALVFLEXGATE.htm>
- 59 <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/lab/8833/valvulas.htm>
- 60 <http://www.fastpack.cl/valvulas.htm>
- 61 [http://www.bombasmejorada.com.mx/Paginas/Valvulas\\_pie.htm](http://www.bombasmejorada.com.mx/Paginas/Valvulas_pie.htm)
- 62 [http://www.lafacu.com/apuntes/fisica/proc\\_valvu\\_estrangu/default.htm](http://www.lafacu.com/apuntes/fisica/proc_valvu_estrangu/default.htm)
- 63 <http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica2.htm>
- 64 <http://www.geocities.com/usmindustrial/Compresores.htm>
- 65 [http://www.elsitioaeronautico.com/Motores/T\\_Turbina.htm](http://www.elsitioaeronautico.com/Motores/T_Turbina.htm)
- 66 [http://www.supercampo.uol.com.ar/edicion\\_0087/nota\\_03.htm](http://www.supercampo.uol.com.ar/edicion_0087/nota_03.htm)
- 67 <http://www.gpooasis.com/p-7delta-ducon.htm>
- 68 <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernouilli.htm>



<sup>69</sup> <http://www1.ceit.es/asignaturas/Fluidos1/WEBMF/Mecanica%20de%20Fluidos%20I/FAQMFI/FAQ9.html>

<sup>70</sup> [http://www.uct.cl/ciencias/cursosweb/mramirez/apunte\\_fisica1/din1/din1.htm](http://www.uct.cl/ciencias/cursosweb/mramirez/apunte_fisica1/din1/din1.htm)

<sup>71</sup> <http://humanidades.mty.itesm.mx/Analisis/Investigacion.jsp>

<sup>72</sup> <http://www.esmic.edu.co/page4.html>

<sup>73</sup> <http://biblioteca.uniandes.edu.co/Anacosta/estrategias.html>

<sup>74</sup> <http://www.construaprende.com/Lab/9/Prac9.html>

<sup>75</sup> <http://web.eead.csic.es/oficinaregante/riego/a2/rsup5.html>

<sup>76</sup> <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

<sup>77</sup>

[http://www.elriego.com/dom/informa\\_te/materiales\\_riego/Bombas/bomb\\_agricultura\\_clasificacion.htm](http://www.elriego.com/dom/informa_te/materiales_riego/Bombas/bomb_agricultura_clasificacion.htm)

<sup>78</sup> [http://www.elriego.com/dom/informa\\_te/Calculos/bombas/introduccion.htm](http://www.elriego.com/dom/informa_te/Calculos/bombas/introduccion.htm)

<sup>79</sup> [http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/Toro/Laboratorio7/Guia\\_lab7\\_bombas.html](http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/Toro/Laboratorio7/Guia_lab7_bombas.html)

<sup>80</sup> <http://www.minolta.es/be/colour/cn3102e/>

<sup>81</sup> [http://guille.costasol.net/colabora/Microsoft\\_Help.htm](http://guille.costasol.net/colabora/Microsoft_Help.htm)

<sup>82</sup> <http://www.Livronline.com/cursos/gratuitos/Ma004/capitulo3/3a.html>

<sup>83</sup> <http://www.plazaboricua.com/fp2000/html/sonido.html>

<sup>84</sup> [http://www.htmlweb.net/disenio/graficos\\_digitales/graficos\\_1.html](http://www.htmlweb.net/disenio/graficos_digitales/graficos_1.html)

<sup>85</sup> <http://www.aceproject.org/main/espanol/ve/vee01d03.htm>

<sup>86</sup> [http://www.ugr.es/~jgodino/Teoria\\_Metodos/profmat98.htm](http://www.ugr.es/~jgodino/Teoria_Metodos/profmat98.htm)

<sup>87</sup> <http://148.206.105.40/materialdidactico/co/intr.html>

<sup>88</sup> [http://www.encolombia.com/museos\\_material.htm](http://www.encolombia.com/museos_material.htm)

<sup>89</sup> <http://www.uib.es/depart/gte/edutec99/modelos.htm>





<sup>90</sup> [http://www.uned\\_terrassa.es/informacio/castellano/modeloeducativo/material.htm](http://www.uned_terrassa.es/informacio/castellano/modeloeducativo/material.htm)

<sup>91</sup> [http://alpha.rec.uabc.mx/dgaa/matdidac2/didactica/sistema/el\\_curso.htm](http://alpha.rec.uabc.mx/dgaa/matdidac2/didactica/sistema/el_curso.htm)