

Notas breves sobre la historia de flujo de fluidos

*Antonio Valiente Barderas**

El hombre al hacerse sedentario y convertirse en agricultor debió enfrentarse al manejo del agua, primer fluido que le interesó. Existen todavía trazas de los canales de irrigación que desde tiempos prehistóricos existían en Egipto y Mesopotamia. Se sabe que se hicieron embalses del Nilo a la altura de Memfis hace ya más de seis mil años, para proveer el agua necesaria para las cosechas y que el río Tigris fue desviado con el mismo propósito por la misma época. Se han encontrado pozos antiguos de gran profundidad y aun acueductos subterráneos en Tierra Santa. En lo que es ahora Pakistán, en las ruinas de Mojenjo-Daro se ha descubierto que las casas tenían tuberías de cerámica para el agua y para el drenaje. También se han encontrado enormes trabajos hidráulicos en la antigua China, así como en la península de Yucatán.

En la antigua Tenochtitlan, según cuenta la leyenda, el rey Netzahualcoyolt mandó construir el albarradón que separaba las aguas dulces del lago de Xochimilco de las salobres del de Texcoco, así como inició la construcción del primer acueducto que traía agua dulce de Chapultepec al centro de la gran urbe.

Como se ve, el estudio de flujo de fluidos tuvo su inicio en la prehistoria y algunos de los factores que estimularon su crecimiento fueron las necesidades ya mencionadas de la distribución del agua para la irrigación y el consumo humano, el desalojo de las aguas negras, los diseños de los barcos comerciales y de guerra.

Aunque los diseños eran empíricos y no utilizaban conceptos de mecánica o matemáticas, sirvieron para el desenvolvimiento de muchas civilizaciones.

Los escritos más antiguos sobre la mecánica de fluidos son los de Arquímedes (287-212 a.C.) en los que se describen por primera vez los principios de la hidrostática y la flotación. A principios de nuestra era, un ingeniero romano, Sextus Julius Frontinus (40-103 d.C.) escribió sobre los conocimientos hidráulicos de sus compatriotas, conocimientos que los llevaron a construir acueductos como los que todavía subsisten en España y Francia.

No fue sino hasta finales de la Edad Media en que los principios aristotélicos sobre la no existencia del vacío y la

velocidad de caída de los cuerpos como función de su masa, se empezaron a cuestionar en las universidades y a establecerse relaciones mecánicas simples entre la velocidad y la aceleración. Mientras que los griegos tendían a razonar sin observación, Leonardo da Vinci (1452-1519) dio énfasis a la importancia de la observación, lo que plasmó en dibujos sobre olas, ondas, chorros, remolinos, etcétera. Se atribuye también a Leonardo la primera formulación del principio de la hidráulica conocido como principio de la continuidad: "la velocidad de un flujo varía inversamente con la sección transversal del área de flujo de la corriente". Desgraciadamente la mayoría de sus observaciones pasaron inadvertidas para sus contemporáneos.

La segunda gran contribución la efectuó el ingeniero hidráulico holandés Simón Stevin (1548-1620), quien demostró que la fuerza ejercida por un líquido sobre la base de un recipiente es igual al peso de la columna de líquido que se extiende desde la base hasta la superficie libre. Esta fuerza no depende de la forma del recipiente.

Si Leonardo fue el primer científico observador, Galileo (1564-1642) adicionó la experimentación a la observación, aclarando los conceptos de la aceleración gravitacional. En el estudio de ese fenómeno, se dio cuenta de que un cuerpo que se desliza libremente en un plano inclinado obtiene una cierta velocidad después de un tiempo, independientemente de la pendiente. Mientras que Leonardo era un solitario, Galileo reunió a un grupo de estudiantes a su alrededor. Uno de sus estudiantes, el abad Benedetto Castelli (1577-1644), redescubrió el principio de la continuidad. Su más joven colega Evangelista Torricelli (1608-1647) aplicó el análisis de las trayectorias parabólicas de los objetos a la geometría de los chorros de los líquidos. Torricelli experimentó también con el barómetro y encontró que el vacío se producía sobre la columna de líquido empleado en sus barómetros o, en otras palabras, que la naturaleza no aborrece el vacío.

El científico francés Edme Mariotte (1620-1684) es llamado el padre de la hidráulica en Francia por estudiar la presión de los vientos y el agua, y la elasticidad del aire, un científico a quien se le asocia con el inglés Robert Boyle (1627-1691) mediante la ley Boyle-Mariotte.

En Italia se considera que Domenico Guglielmini (1655-1710) fue el fundador del estudio de la hidráulica; pero mientras que Mariotte era un experimentador de laboratorio, Guglielmini hizo muchas mediciones en los ríos.

*Departamento de Ingeniería Química,
Facultad de Química, UNAM, CU,
04510 México D.F.

Correo electrónico: avb@servidor.unam.mx

Recibido 23 de octubre de 2002; aceptado: 26 de noviembre de 2002.

Casi al mismo tiempo, el sabio francés Blaise Pascal (1623-1662) experimentó con el barómetro de Torricelli y completó finalmente el principio de la hidrostática. No sólo aclaró la transmisión de la presión de un punto a otro y sus aplicaciones en la prensa hidráulica, sino que demostró que la presión barométrica debe variar con la altura y que el barómetro debería dar una lectura de cero en el vacío.

René Descartes (1596-1650), el científico a quien se deben las coordenadas cartesianas, tratando de unificar los conocimientos aristotélicos con la mecánica del sistema solar, indicó que los planetas se movían en sus órbitas por un sistema de gigantesco vórtices que contenían una cantidad fija de movimiento. El inglés Isaac Newton (1642-1727) usó correctamente el concepto de momentum para evaluar las órbitas e indicó que si hubiera vórtices en el espacio se retardaría el movimiento de los planetas. Newton llevó a cabo también una serie de experimentos sobre la resistencia que encontraban los cuerpos en movimiento para probar que nada de eso ocurre en el espacio. En el curso de esos estudios formuló la velocidad del sonido en el aire, las bases de la viscosidad y la ecuación que ahora lleva su nombre. También inventó lo que ahora conocemos como cálculo.

Un alemán contemporáneo de Newton, Gottfried Wilhelm von Leibnitz (1646-1716) concibió el concepto de energía cinética. Leibnitz también desarrolló el cálculo diferencial e integral.

Daniel Bernoulli (1700-1782), descendiente de una ilustre familia de científicos, trabajó en numerosas ramas de la física y la matemática. Daniel fue miembro de la academia rusa en San Petersburgo, en donde se le unió Leonhard Euler (1707-1783). En 1738 Daniel publicó su tratado sobre Hidrodinámica; en su trabajo Daniel indica el uso de manómetros, la teoría cinética de los gases y la propulsión a chorro. Al igual que Leibnitz, en la ecuación de Bernoulli se consideraban sólo las energías potencial y cinética. En realidad, la primera ecuación verdadera de Bernoulli fue derivada por Euler, un extraordinario matemático, a partir de sus ecuaciones de aceleración, para las condiciones a régimen permanente del flujo irrotacional bajo el efecto de la aceleración de la gravedad.

Jean Lerond d'Alembert (1717-1783) más conocido por ser coeditor de la Enciclopedia demostró que no hay resistencia al movimiento cuando un cuerpo se mueve a través de un fluido ideal (es decir, con viscosidad cero), conclusión que no es válida cuando los cuerpos se mueven a través de fluidos reales. La inconsistencia entre la teoría y la práctica se conoce como la "paradoja de D'Alembert" y sirvió para demostrar las limitaciones de la teoría en la resolución de problemas de flujo. D'Alembert es también conocido por

haber sido el primero que hizo ensayos sobre la fuerza de arrastre en tanques de prueba con modelos de barcos.

Después de los conocimientos alcanzados en el siglo XVIII, los estudiosos se dividieron en dos grupos que se desarrollaron en forma separada: los que se dedicaron a la hidrodinámica, un término dado al estudio teórico y matemático, y al análisis de los fluidos perfectos, y los que se dedicaron a la hidráulica que se centraban en los aspectos experimentales del comportamiento real de los fluidos. Esta falta de comunicación entre los dos grupos explica el desenvolvimiento lento de la mecánica de los fluidos como ciencia hasta fines del siglo XIX.

A principios del siglo XIX, a pesar de las contribuciones de ingleses e italianos, el liderazgo en hidráulica pertenecía a los franceses debido a la influencia de la Corporación de Puentes y Caminos que funcionaba desde 1719.

En 1822 Louis Marie Heri Navier (1785-1836), un ingeniero de puentes, fue el primero de incluir en las ecuaciones de Euler el flujo de una sustancia viscosa. Navier (1827) y Stokes (1845), en trabajos independientes, generalizan las ecuaciones de movimiento con la inclusión del concepto de viscosidad y con ecuaciones que se aplican a una determinada clase de fluidos, llamados newtonianos.

A fin del siglo XIX, los experimentos realizados por Reynolds comenzaron a mostrar las posibles aplicaciones de las ecuaciones de Navier-Stokes para el establecimiento del concepto de dos diferentes tipos de regímenes, el laminar y el turbulento.

Al convertirse la hidráulica en una ciencia aplicada, las matemáticas se fueron desarrollando y con ellas lo que se conoce como hidrodinámica.

Por fortuna, Ludwig Prandtl (1875-1953) un ingeniero mecánico alemán creó una nueva ciencia, la de la mecánica de los fluidos, mediante sus enseñanzas en la universidad de Göttingen. Hacia 1904 pensó que el movimiento relativo entre un fluido y la separación de las líneas de flujo se podrían analizar en dos partes: una pequeña capa de separación que produce la resistencia viscosa al movimiento y una capa externa, que se conduce de acuerdo con los principios del flujo irrotacional. Como en esa época comenzaron a elevarse los primeros aviones, Prandtl y muchos de sus estudiantes se dieron a la tarea de formular los principios del funcionamiento de las alas y las hélices.

Paul Richard Heinrich Blasius (1873-1970), uno de los primeros estudiantes de Prandtl, puso las bases matemáticas de la teoría de la capa de separación y mostró en 1911 que la resistencia al flujo a través de tubos lisos puede expresarse en términos del número de Reynolds para flujo laminar y turbulento. Otro estudiante, Johann Nikuradse (1894-1979), hizo notables experimentos sobre la resistencia en tubos lisos y rugosos.

Para mediados del siglo XX los estudios de Mach y Von Karman sobre el flujo supersónico sentaron las bases para el diseño de los aviones de propulsión a chorro y posteriormente para el de los cohetes teledirigidos y las naves espaciales que llevaron al hombre a la Luna en 1969.

A los científicos desde hacía mucho tiempo les interesaba el flujo sobre objetos sumergidos; Froude y Stokes estudiaron el arrastre y la resistencia que producía el movimiento de cuerpos sobre los fluidos o el flujo de fluidos sobre objetos inmóviles. Sus estudios los llevaron al perfeccionamiento de naves y a la medida de la viscosidad. Ergung posteriormente estudió el flujo en lechos empacados, lo que se utilizó para el diseño de filtros y el movimiento de fluidos en torres de separación. Estudios posteriores permitieron aclarar el comportamiento de agitadores y mezcladores.

Fue también en el siglo XX cuando se comenzaron a estudiar otro tipo de fluidos en los que la viscosidad a temperatura constante depende del gradiente de velocidades; esos fluidos resultaron ser muy comunes en los seres vivos, en la naturaleza, en los fluidos de perforación y en los polímeros. A partir de los estudios de Bingham, Ostwald, Nutting, De Waale, Dodge y Metzner comenzó la nueva ciencia de la reología. Este término fue sugerido en 1929 por Eugene Cook Bingham para definir la rama de la Física que tiene por objeto el conocimiento de la deformación o flujo de la materia.

Sin embargo, desde un punto de vista histórico, el origen de la reología se remonta a la segunda mitad del siglo XVII, época en la que Robert Hook e Isaac Newton dieron a conocer sus ideas acerca del sólido elástico y del fluido viscoso ideales, respectivamente. La reología moderna estudia el comportamiento de todos los fluidos y en especial de aquellos que no siguen la ley de Newton, tales como los fluidos de Bingham, los pseudoplásticos, los dilatantes, los tixotrópicos, los reopécticos, y otros. Estudia también sistemas complejos que presentan simultáneamente propiedades elásticas y viscosas, es decir sustancias viscoelásticas. Así, son objeto de la reología materiales tales como plásticos, fibras sintéticas, pastas, lubricantes, cremas, suspensiones, emulsiones, y otros más, los cuales constituyen la materia prima de las industrias farmacéutica, cosmética, agroalimentaria, cerámica, de pinturas, de barnices y otras.

Por esa época también llamó la atención de los científicos el movimiento de sistemas fluidos que presentan dos fases, tal como sucede con las mezclas de líquido y gas, de líquido y sólidos, y de gas y sólidos. Esos sistemas son muy comunes en el transporte hidráulico y neumático, y en el diseño de filtros, ciclones, secadores, columnas de destilación y absorción, reactores fluidizados, entre otros. Asociados al estudio de estos sistemas están los nombres de Baker, Robert Kern, Lockart y Martinelli.

Biografías de algunos investigadores y científicos relacionados con el flujo de los fluidos



Arquímedes (287-212 a.C)

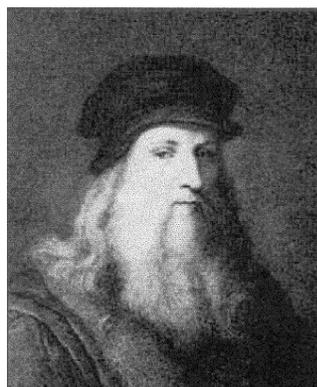
Nace en Siracusa, Sicilia. Tras recibir su primera formación de su padre, un astrónomo de nombre Fidas, Arquímedes se dirigió a Alejandría desde Egipto para completar su formación científica. Tiene como maestro a Conon de Samos, gran matemático y discípulo de Euclides. Concluidos sus estudios regresa a Siracusa, aunque vuelve a regresar a Egipto para realizar obras de ingeniería tendientes a regu-

lar las aguas del Nilo. Durante ese tiempo se cree que perfeccionó su famoso tornillo-sin-fin con el que se podía bombear agua. En Siracusa se dedica a las matemáticas y a la mecánica y construye máquinas y naves de guerra. Entre sus aportaciones matemáticas destacan tratados sobre esferas, cilindros, espirales y cuerpos flotantes. Resuelve el problema de la corona de Hieron, develando el fraude del orfebre que había sustituido una parte de oro por otra de plata y con motivo de ello descubre el principio que lleva su nombre.

Al ser Siracusa atacada por los romanos se le confía la defensa de la ciudad, y gracias a su ingenio y a la construcción de máquinas militares consigue rechazar por ocho meses los ataques; sin embargo, la ciudad fue finalmente tomada por los enemigos y es durante ese episodio que muere a manos de un soldado enemigo.

*

Genio italiano, dibujante, pintor, escultor y científico. Fue el primero que hizo énfasis en el estudio de la naturaleza, lo que lo llevó a planear la construcción de un canal en el río Arno de manera que fuera navegable entre Pisa y Florencia. Las observaciones hidráulicas de Leonardo quedaron grabadas en numerosos dibujos que incluyen ondas, olas, chorros, remolinos y el vuelo de las aves. En particular, fue Leonardo el primero que formu-



Leonardo da Vinci (1452-1519).

ló correctamente el principio básico de la hidráulica, conocido como principio de la continuidad: “la velocidad de un flujo varía inversamente con el área seccional de la corriente”. También hizo diseños para máquinas y molinos movidos por la fuerza del agua. Desgraciadamente sus observaciones las transcribía con escritura de espejo (probablemente para guardar el secreto) y además estuvieron perdidas por mucho tiempo, así que sus descubrimientos tuvieron poco efecto en el desarrollo de la ciencia.



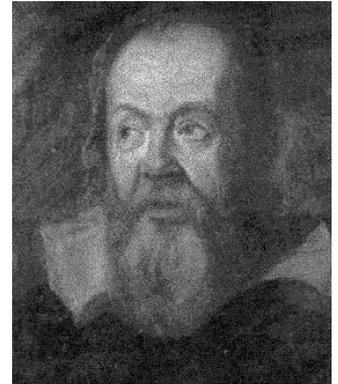
Simon Stevin (1548-1620).

*
Matemático e ingeniero holandés fundador de la ciencia de la hidrostática al demostrar que la presión ejercida por un líquido sobre una superficie depende de la altura del líquido y del área de la superficie. Stevin era auxiliar contable en Amberes, luego oficinista en la Casa de Impuestos de Brujas; más tarde se movió a Leiden en donde asistió a la escuela primaria y luego entró a la Universidad de Leiden en 1583 a la edad de 35 años.

Al formar parte del ejército holandés, Stevin inventó una forma de inundar las partes bajas del país abriendo diques seleccionados y causando grandes perjuicios a la armada española invasora. Fue un gran ingeniero que construyó molinos de viento, puertos y esclusas. Como autor de 11 libros hizo aportaciones importantes en trigonometría, geografía, fortificaciones y navegación. Inspirado por Arquímedes, Stevin escribió varios libros sobre mecánica. Aunque no fue el inventor de la notación decimal (habían sido inventadas por los chinos y los árabes hacía mucho tiempo) introdujo su uso en las matemáticas. Su notación fue seguida por Clavius y Napier. Stevin indicó que el uso universal de los decimales en las monedas, medidas y pesos era sólo cuestión de tiempo. La noción de Stevin sobre los números reales fue aceptada por los demás científicos, así como el concepto de número negativo. En sus libros utilizó las notaciones $+$, $-$ y $\sqrt{\quad}$. En 1583, tres años antes que Galileo informó que pesos diferentes caen desde una altura dada al mismo tiempo.

*
Físico, matemático y astrónomo italiano. Fue un genio prolífico que destacó en numerosos campos, sobre todo en mecánica y astronomía. Es uno de los constructores de los primeros telescopios y desde luego el primero que lo utilizó

para la observación de los astros. Al defender las teorías de Copérnico entró en conflicto con la Iglesia. Se le acredita además la invención del termoscopio (un termómetro primitivo), de una máquina para bombear agua mediante un caballo y de una brújula militar. Las contribuciones de Galileo a la mecánica son fundamentales, en especial las relacionadas con la caída de los cuerpos sobre planos inclinados, la formulación de la ley de la caída libre, el isocronismo del movimiento del péndulo y el movimiento de los proyectiles.



Galileo Galilei (1564-1642).

*
Evangelista Torricelli entró al colegio jesuita de Faenza en 1624, después al Colegio Romano en Roma en donde mostró un gran talento ante su maestro, Castelli. Mientras recibía lecciones, Torricelli se convirtió en su secretario, puesto que ocupó desde 1626 a 1632. De 1641 a 1642 se convirtió en secretario de Galileo y fue su sucesor como matemático de la corte del Gran Duque Fernando II de Toscana. Ocupó ese puesto hasta su muerte en la ciudad de Florencia. Torricelli fue el primer hombre que creó el vacío y que descubrió el principio del barómetro. En 1643 Torricelli propuso un experimento, que posteriormente llevó a cabo su colega Vincenzo Viviani para demostrar que la presión atmosférica determina la altura a la cual un fluido se eleva en un tubo invertido sobre el mismo líquido. Este concepto lo llevó a la construcción del barómetro. Fue tan hábil pulidor de lentes (construyó telescopios y un microscopio) que obtenía la mayor parte de sus entradas a partir de este oficio. Probó también que el flujo de un líquido a través de un orificio es proporcional a la raíz cuadrada de la altura del líquido, resultado que se conoce como teorema de Torricelli. También encontró la longitud del arco de la cicloide, o sea, aquella curva trazada por un punto sobre la circunferencia de un círculo en rotación. Al hacer uso de los métodos infinitesimales determinó el punto en el plano de un trián-

Evangelista Torricelli entró al colegio jesuita de Faenza en 1624, después al Colegio Romano en Roma en donde mostró un gran talento ante su maestro, Castelli. Mientras recibía lecciones, Torricelli se convirtió en su secretario, puesto que ocupó desde 1626 a 1632. De 1641 a 1642 se convirtió en secretario de Galileo y fue su sucesor como matemático de la corte del Gran Duque Fernando II de Toscana. Ocupó ese puesto hasta su muerte en la ciudad de Florencia. Torricelli fue el primer hombre que creó el vacío y que descubrió el principio del barómetro. En 1643 Torricelli propuso un experimento, que posteriormente llevó a cabo su colega Vincenzo Viviani para demostrar que la presión atmosférica determina la altura a la cual un fluido se eleva en un tubo invertido sobre el mismo líquido. Este concepto lo llevó a la construcción del barómetro. Fue tan hábil pulidor de lentes (construyó telescopios y un microscopio) que obtenía la mayor parte de sus entradas a partir de este oficio. Probó también que el flujo de un líquido a través de un orificio es proporcional a la raíz cuadrada de la altura del líquido, resultado que se conoce como teorema de Torricelli. También encontró la longitud del arco de la cicloide, o sea, aquella curva trazada por un punto sobre la circunferencia de un círculo en rotación. Al hacer uso de los métodos infinitesimales determinó el punto en el plano de un trián-



Evangelista Torricelli (1608-1647).

gulo tal que la suma de sus distancias a los vértices es un mínimo (centro isogónico). Torricelli también estudió el movimiento de los proyectiles. Su trabajo *Opera Geométrica* (1664) incluye importante material sobre este tópico.

*

Filósofo, matemático y físico francés. A los diecisiete años escribió un magnífico tratado de las cónicas, que contiene además, el teorema de su nombre sobre el hexágono, En 1642 construyó la primera calculadora, “la Pascalina” para



Blaise Pascal (1623-1662).

ayudar a su padre con los cálculos contables que hacía. En el campo de la física es notable por descubrir la utilidad del barómetro, como altímetro, e investigar la estática de los fluidos, comprobando que la presión en el interior de un fluido es proporcional a la altura de la columna del fluido que hay sobre ese punto y a la densidad del mismo. El principio de Pascal indica que “la presión que se ejerce sobre un fluido se distribuye en todos los sentidos y con la misma

intensidad”. En 1654, después de una visión religiosa, se retiró de la vida mundana, reclusándose en un convento. En sus *Pensamientos* de 1669, se esforzó en encontrar un camino entre el estado filosófico y la verdad religiosa.

En su tratado de triángulos aritméticos, de 1665, que fue publicado después de su muerte, desarrolla la combinatoria y el cálculo de probabilidades.

*



Isaac Newton (1643-1727).

Matemático y físico inglés, famoso por la ley de la gravitación universal, por el estudio de la luz y por la invención del cálculo diferencial e integral. Fue el constructor del primer telescopio de reflexión. Estudió entre otras cosas el movimiento de los fluidos, enunciando la ley que hoy lleva su nombre. A pesar de sus numerosos estudios sobre alquimia no hizo contribución importante en ese campo.

*

Nació el 29 de enero de 1700 en Groningen, Holanda. Era hijo de Jean Bernoulli y sobrino de Jacques Bernoulli, dos investigadores que hicieron aportaciones importantes en el desarrollo del cálculo. En 1721 obtuvo el título de médico y fue profesor de matemáticas en la academia Rusa de San Petersburgo en 1725.

En ese lugar, junto con su hermano Nicolás, comenzó a trabajar en matemáticas junto con Euler, incluyendo problemas de estadística de la salud. Dos años después regresó a Basilea, Suiza, en donde fungió como profesor de anatomía, botánica, filosofía y física.

Sus trabajos más importantes están relacionados con la hidrodinámica, en la que considera las relaciones que existen entre los diferentes tipos de energía, potencial, cinética y de presión, lo que dio origen al Principio de Bernoulli o teoría dinámica de los fluidos. Entre 1725 y 1749 obtuvo diez premios por sus trabajos en astronomía, gravitación, mareas, magnetismo, corrientes oceánicas y comportamiento de embarcaciones.



Daniel Bernoulli (1700-1782).

*

Matemático, físico y astrónomo suizo, nacido en Basilea. Desde 1727 vivió en San Petersburgo donde fue profesor en 1730; allí mismo estudió matemáticas con Johann Bernoulli, teología y lenguas orientales. De 1741 a 1766 fue llamado por Federico II el Grande de Prusia para que fuera director de la Academia de Berlín. Tiene muchas fórmulas y teorías con su nombre, que demuestran su enorme fecundidad y actividad en matemáticas y física. Su memoria excepcional le permitió seguir sus trabajos científicos aún después de quedarse ciego. A su muerte dejó unas 900 obras. Existe un número adimensional que lleva su nombre.



Leonhard Euler (1707-1783)



Robert Boyle (1627-1691).

*

Químico inglés (1627-1691) por sus trabajos sobre la iatroquímica y la alquimia es considerado el padre de la química. Boyle demostró que la química era una ciencia en la que la experimentación rigurosa y los métodos cuantitativos daban resultados reproducibles. Él fue el primero que dio una definición moderna de los elementos químicos. Efectuó numerosas investigaciones utilizando

una bomba de vacío, notando que al extraer el aire de una cámara se extinguía el fuego y se morían los animales que estaban dentro, y que durante estos experimentos la columna de mercurio del barómetro descendía. Boyle presentó su famosa ley en la que indica que la presión varía inversamente con el volumen a temperatura constante. Su libro *El químico escéptico*, publicado en 1661, tenía por misión eliminar de la química el lenguaje intrascendente. Boyle fue el primero que usó indicadores que cambiaban de color con la acidez.

*

Investigador, marinero e inventor francés. En su juventud tomó parte en la guerra de Independencia de Norteamérica



Jean Charles de Borda (1733-1799).

y luego participó en misiones navales técnicas; sus investigaciones le hicieron acreedor a la entrada a la Academia de Ciencias. Es autor de numerosas invenciones, como el perfeccionamiento de las ruedas hidráulicas y las bombas, y la mejora de los instrumentos de navegación. Fue nombrado inspector de construcciones navales. Sus trabajos se relacionan también con el estudio de la resistencia de

los fluidos y sobre la medida del arco del meridiano terrestre con Delambre y Mechain. Con Lavoisier y Monge contribuyó a la creación del sistema métrico.

*

A Henry Darcy se le acredita la invención del tubo Pitot moderno. Fue el primer investigador que sospechó la exis-

tencia de la capa de separación en flujo de fluidos y contribuyó al desarrollo de la ecuación Darcy-Weisbach para obtener las pérdidas por fricción en tuberías. Hizo también grandes contribuciones al flujo en canales abiertos y desarrolló la ley de Darcy para el flujo en medios porosos. Su ley puso los cimientos para varios campos de estudio que incluyen la hidrología del agua subterránea, la física de suelo y la ingeniería petrolera.



Henry Philibert Gaspard Darcy (1803-1858).

*

Nació en París en 1799. Médico y físico que realizó diversos estudios sobre el corazón y la circulación de la sangre. Sus trabajos más importantes son una serie de experimentos que le permitieron en 1844 formular las leyes de la circulación a flujo laminar y publicar la ley que lleva su nombre. En su honor una de las unidades de viscosidad lleva el nombre de Poise.



Jean Leonard Marie Poiseuille (1799-1869).

*

Ingeniero francés especialista en puentes que estudió bajo Fourier en la Ecole Polytechnic. Navier es recordado hoy en día no por sus puentes sino por la ecuación de dinámica de fluidos llamada de Navier-Stokes. Trabajó en matemáticas aplicadas en tópicos tales como ingeniería, elasticidad y mecánica de fluidos; además, hizo contribuciones a las series de Fourier y las aplicó a la resolución de problemas físicos. En 1821 publicó la ecuación Navier-Stokes para flujos incompresibles y en 1822 pu-

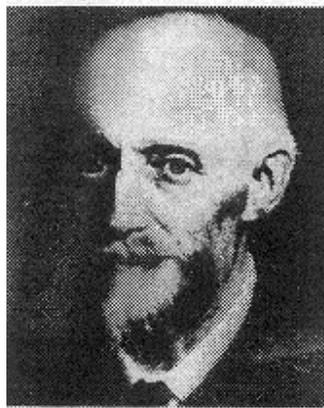


Claude Louis Marie Henri Navier (1785-1836).

blicó otra ecuación “par fluido viscoso”. Navier derivó su ecuación sin comprender completamente la situación física que estaba modelando. No sabía en aquel tiempo acerca del esfuerzo cortante en los fluidos y por ello se basó en una modificación de la ecuación de Euler para tomar en cuenta las fuerzas intermoleculares de los fluidos. Navier recibió en vida muchos honores; el más importante fue la entrada a la Academia de las Ciencias de París en 1824. Desde 1830 trabajó como consultor.

*

Ingeniero británico nacido en Belfast en 1842. Trabajó en su juventud en un taller mecánico y posteriormente realizó



Osborne Reynolds (1842-1912)

estudios en Cambridge. En 1868 se hizo cargo de una cátedra especial para ingenieros que acababa de crear la universidad de Manchester, puesto que desempeñó hasta 1905. Sus trabajos versaron principalmente sobre hidrodinámica. Llevó a cabo ensayos sobre la propulsión por hélice y estudió el comportamiento dinámico de los fluidos viscosos. Como resultado de sus investigaciones en este campo demostró la importancia del número de

Reynolds, que interviene en muchas aplicaciones de flujo de fluidos, transferencia de calor y de masa. Elaboró también una teoría sobre la lubricación, introdujo perfeccionamientos en las turbinas y los frenos hidráulicos, y estableció los diagramas de las máquinas de expansión múltiple.

*



William Froude (1810-1879).

Ingeniero naval inglés, notable por la investigación sobre los efectos de las corrientes y el oleaje en modelos y en tanques experimentales. Esto era particularmente importante en su época porque la máquina de vapor estaba reemplazando a las velas como la fuerza motriz y se necesitaba un diseño más científico de los cascos y las propelas para utilizar las ventajas de la propulsión a vapor. Con el resultado de

sus experimentos se pudieron construir buques más seguros, eliminando muchos errores de diseño mediante la aplicación de pruebas rigurosas sobre modelos precisos y a escala de las naves. Sus investigaciones y descubrimientos fueron prontamente aplicados en todo el mundo para el diseño y las pruebas experimentales. En sus empresas fue apoyado por su hijo Robert Froude, otro gran ingeniero.

*

Físico y matemático inglés. Desde 1849 fue profesor en Cambridge. Tiene muchos trabajos sobre análisis (teorema de la integral de Stokes); sobre todo, en la aplicación a campos eléctricos e hidrodinámicos, absorción, espectros, luminiscencia y éter. En 1849 fue profesor de matemáticas en Cambridge y en 1851 elegido como miembro de la Royal Society, de la que llegó a ser secretario en 1854. Los trabajos de Stokes sobre el movimiento pendular en los fluidos lo llevaron a publicar un artículo fundamental sobre hidrodinámica en 1851, en el que se describía su ley de la viscosidad y la velocidad a la que cae una esfera a través de un fluido viscoso.



George Gabriel Stokes (1819-1903).

La fórmula de Stokes describe la resistencia de rozamiento en el movimiento de esferas en medios viscosos. Una esfera que se mueve en un líquido de viscosidad μ a la velocidad v y que tiene un radio r , tiene una resistencia de:

$$W = 6\pi\mu vr$$

En su honor la unidad de viscosidad cinemática es el Stokes ($1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)

*

Físico inglés. Fue catedrático de física en Cambridge entre los años 1879 y 1884, y a partir de 1887 se movió al Instituto Real de Londres. Entre los años 1905 y 1908 fue presidente de la Royal Society. Dominaba por igual todos los campos de la ciencia, si bien centró su actividad investigadora en la acústica y los fenómenos relacionados con las radiaciones, en cuyo

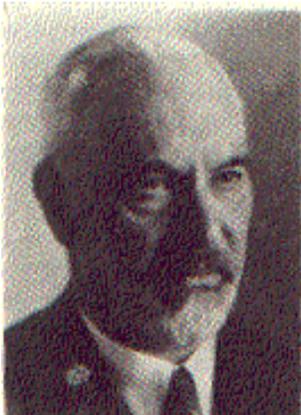


John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919).

campo descubrió nuevas leyes y métodos de medición. Durante los trabajos de determinación de la densidad de diversos gases halló la existencia del argón, o sea el primer gas noble conocido, lo que permitió ampliar el sistema periódico de los elementos. En el campo de la destilación es conocida su famosa ecuación que permite calcular la destilación de mezclas en los alambiques. Implementó también un método de análisis dimensional que lleva su nombre y con el cual se pueden encontrar los números adimensionales que controlan un proceso. Rayleigh fue galardonado con el Premio Nobel de Física en el año de 1904.

*

Nació en Freising, Bavaria, en 1875. Físico alemán famoso por



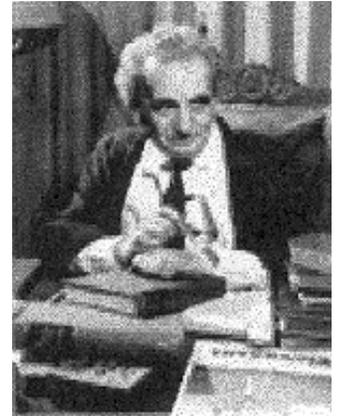
Ludwig Prandtl (1875-1953).

sus trabajos sobre aeronáutica. Fue profesor de mecánica aplicada en Göttingen por 49 años. En 1925, Prandtl se convirtió en director del Instituto Káiser Wilhelm para Mecánica de Fluidos. Su descubrimiento en 1904 sobre la Capa Límite llevó al entendimiento de la fuerza de arrastre. Sus trabajos en la teoría de las alas dieron lugar al mejoramiento de estos aditamentos aeronáuticos. Hizo también importantes contribuciones a las teorías de flujo supersónico y sobre la turbulencia, y contribuyó al desarrollo de los túneles de viento.

*

Físico húngaro nacido en Budapest. Fue profesor en la universidad de Göttingen y en Aquisgran y, desde 1930, en Pasadena (EUA). Es el impulsor del desarrollo de la investigación en aerodinámica. Trabajó preferentemente sobre las turbulencias y sobre la teoría de la capa límite. En 1912 fue nombrado profesor y director de la Institución Aeronáutica

de Aachen, puesto en que permaneció hasta 1930. Durante la Primera Guerra Mundial estuvo trabajando para el imperio austrohúngaro en el desarrollo de los primeros helicópteros. En 1926 estuvo involucrado en la creación de una escuela de aeronáutica en California que fue apoyada por la compañía Douglas fabricante de aviones. Desde 1936 se refugió en los Estados Unidos en donde trabajó en el desarrollo de los modernos cohetes y del helicóptero, y tomó la dirección de la Institución de Ciencias Aeronáuticas y fue uno de los fundadores de la NASA. Tiene importantes trabajos sobre el flujo de fluidos a velocidades subsónicas, sónicas y supersónicas. Fue una persona ingeniosa, políglota, amigable y que pertenecía a numerosos círculos de científicos. La línea de remolinos de Karman es la línea de turbulencias que se forman detrás de un cuerpo que se desplaza en una corriente de fluido; se resuelven periódicamente con un giro contrario o son causa de la pérdida de energía del cuerpo que se desplaza.



Theodore von Karman (1881-1963)

Bibliografía consultada

The turbulent history of Fluid Mechanics.

<http://www.engr.sju.edu/nikos/courses/me111/pdf/poem-Naomi.pdf>

Hydraulics Collection

<http://www.lib.uiowa.edu/spec-call/Bai/hydraul.htm>

Desenvolvimento histórico da mecânica dos fluidos

<http://www.ime.eb.br/webde1/gloria/Projfinal/Profinal99/grupo15/historico.html>

Alvarez Sánchez, J., *Forjadores de la ciencia*, Diccionario Rioduero, Madrid, 1983.

1500 nuevas biografías. Editorial América, Panamá, 1989.

Munson, Young & Okushi. *Fundamentos de mecánica de fluidos*. México: Limusa. 1990.