

Las ingenierías, historia y conceptos

José Mejía Lacayo

Resumen: La ingeniería es una actividad básica para los seres humanos. Tiene sus inicios en la ingeniería militar, de la que se desprendió la ingeniería civil. La ingeniería mecánica data del siglo III antes de Cristo, la eléctrica del siglo XVII, y la química de los finales del siglo XIX. El autor ha hecho uso de Wikipedia como fuente histórica de las ingenierías, de conceptos propios del autor para el marco teórico. Las ingenierías son aplicaciones de la ciencia física, pero sus aplicaciones prácticas tan antiguas como el hombre mismo. Esperamos que este ensayo, ayude a los lectores a entender la ingeniería.

Palabras claves: Ingeniería militar, ingeniería civil, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería química, operaciones unitarias, fenómenos de transporte.

Abstract: Engineering is a basic activity for human beings. It has its beginnings in the military engineering, from which the civil engineering came off. Mechanical engineering dates back to the third century B.C, electric engineering from the seventeenth century, and chemistry of the late nineteenth century. The author has made use of Wikipedia as a historical source of engineering, and of author's own concepts for the theoretical framework. Engineering is an application of physical science, but its practical applications are as old as man himself. We hope this essay will help readers understand engineering.

Keywords: Military engineering, civil engineering, mechanical engineering, electrical engineering, chemical engineering, unit operations, transport phenomena.

El concepto de ingeniería ha existido desde la antigüedad, cuando los hombres inventaron la polea, la palanca y la rueda. Cada una de estas invenciones es consistente con la definición moderna de ingeniería, explotando principios mecánicos básicos para desarrollar herramientas y objetos útiles. El término ingeniería se remonta a 1325, cuando un motorista, aquel que opera un motor, se refería originalmente a "un constructor de motores militares".

Entre nuestros aborígenes son varios los ejemplos de aplicaciones militares y civiles: el arco y la flecha, las lanzas, los escudos, las chozas, los hornos para fabricar ollas, para cocer alimentos, los anzuelos, las atarrayas, los telares y ruedas para hilar, la preparación de cocciones medicinales, para enumerar los

mejor conocidos. Las siete maravillas el mundo antiguo, y en el Nuevo Mundo las pirámides de Teotihuacán y las ciudades y pirámides de los imperios maya, inca y azteca, las ciudades de la civilización del Valle del Indo, la Gran Muralla de China, entre otras muchas, son un testimonio del ingenio y la habilidad de los antiguos ingenieros civiles y militares.

La ingeniería más antigua es la militar, es el arte, la ciencia y la práctica de diseñar y construir obras militares y mantener líneas de transporte y comunicaciones militares. Los ingenieros militares se encargan también de aumentar el poder defensivo por medio de construcciones o mejoramiento de estructuras de defensa. Además de sus misiones clásicas de apoyo en combate en situaciones de guerra, actúa en épocas de paz colaborando en la solución de problemas de infraestructura de índole nacional. Un ejemplo son las obras hidráulicas en el valle de México, destacándose el drenaje del valle en el siglo XVIII, ejecutado por ingenieros militares.

La ingeniería tenía originalmente dos ramas fundamentales: militar y civil; la civil es la más antigua después de la ingeniería militar, de ahí su nombre **“civil”** para distinguir las actividades no militares de las militares. Las prácticas más tempranas de la ingeniería civil podrían haber comenzado entre 4000 y 2000 a. C. en el Antiguo Egipto y Mesopotamia cuando el hombre comenzó a abandonar la existencia nómada, creando la necesidad de un albergue. Durante este tiempo el transporte empezó a incrementar su importancia, lo que llevó al desarrollo de la rueda y de la navegación.

La ingeniería civil emplea conocimientos de física, cálculo, mecánica hidráulica para encargarse del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras como carreteras, ferrocarriles, puentes, canales, presas, puertos, aeropuertos, diques y construcciones relacionadas. Nuestros aborígenes construían montículos, tallaban bloques de basalto y andesita para hacer estatuas, construían chozas de postes y paja, y casas de bahareque.

La ingeniería mecánica aplica los principios de la termodinámica, la mecánica, la mecánica de fluidos y el análisis estructural, para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad, tales como maquinaria con diversos fines (térmicos, hidráulicos, de transporte, de manufactura), así como también de sistemas de ventilación, vehículos motorizados terrestres, aéreos y marítimos, entre otras aplicaciones.

Las aplicaciones de esta ingeniería mecánica se encuentran en muchas sociedades antiguas de todo el mundo. En la antigua Grecia, las obras de Arquímedes (siglo III a. C.) ha influido profundamente en la mecánica occidental y Heron de Alejandría (siglo I d. C.), creó la primera máquina de vapor. En China,

Zhang Heng (siglo II d. C.) mejora un reloj de agua e inventó un sismómetro, y Ma Jun (siglo III d. C.) inventó un carro con diferencial de engranajes. El ingeniero chino Su Song (siglo XI d. C.) incorporó un mecanismo de escape en su torre del reloj astronómico dos siglos antes de que cualquier fuga se pudiese encontrar en los relojes de la Europa medieval, así como la primera cadena de transmisión.

Históricamente, esta rama de la ingeniería nació en respuesta a diferentes necesidades que fueron surgiendo en la sociedad. Se requería de nuevos dispositivos con funcionamientos complejos en su movimiento o que soportaran grandes cantidades de fuerza, por lo que fue necesario que esta nueva disciplina estudiara el movimiento y el equilibrio. También fue necesario encontrar una nueva manera de hacer funcionar las máquinas, ya que en un principio utilizaban fuerza humana o fuerza animal. La invención de máquinas que funcionan con energía proveniente del vapor, del carbón, de petroquímicos (como la gasolina) y de la electricidad trajo grandes avances, dando origen a la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII. Más adelante surgiría la producción en serie.

A principios del siglo XIX en Inglaterra, Alemania y Escocia, el desarrollo de herramientas de maquinaria llevó a desarrollar un campo dentro de la ingeniería en mecánica, suministro de máquinas de fabricación y de sus motores. En los Estados Unidos, la American Society of Mechanical Engineers (ASME) se formó en 1880, convirtiéndose en la tercera sociedad de profesionales de ingeniería, después de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (1852) y el Instituto Americano de Ingenieros de Minas (1871). Las primeras escuelas en los Estados Unidos para ofrecer una enseñanza de la ingeniería son la Academia Militar de Estados Unidos en 1817, una institución conocida ahora como la Universidad de Norwich en 1819, y el Instituto Politécnico Rensselaer en 1825. La educación en ingeniería mecánica se ha basado históricamente en una base sólida en matemáticas y la ciencia.

Desde la prehistoria hasta el presente, la minería ha jugado un papel importante en la existencia de la raza humana. Desde el comienzo de la civilización, las personas han usado piedra y cerámica y, más tarde, metales encontrados en la superficie de la Tierra o cerca de ella. Estos fueron utilizados para fabricar herramientas y armas tempranas. Por ejemplo, el pedernal de alta calidad encontrado en el norte de Francia y el sur de Inglaterra se usó para prender fuego y romper rocas. Se han encontrado minas de pedernal en las áreas de tiza donde las grietas de la piedra fueron seguidas bajo tierra por pozos y galerías. La mina más antigua conocida en el registro arqueológico es la "Cueva del León" en Swazilandia. En este sitio, que datación por radiocarbono indica que tiene alrededor de 43,000 años, los humanos paleolíticos extrajeron hematita mineral, que contenía hierro y se molió para producir el pigmento rojo ocre.

Los antiguos romanos fueron innovadores de la ingeniería minera. Desarrollaron métodos de minería a gran escala, como el uso de grandes volúmenes de agua llevados a la cabeza de mina por numerosos acueductos para la minería hidráulica. La roca expuesta fue atacada por el fuego donde se usaban fuegos para calentar la roca, que se apagaría con un chorro de agua. El choque térmico agrietó la roca, lo que permitió que se eliminara. En algunas minas, los romanos utilizaron maquinaria impulsada por el agua, como las ruedas hidráulicas de reversa. Estos se usaron ampliamente en las minas de cobre de Rio Tinto en España, donde una secuencia comprendía 16 de tales ruedas dispuestas en pares, levantando agua a unos 80 pies (24 m).

La pólvora **se usó por primera vez en la minería en Banská Štiavnica**, Reino de Hungría (actual Eslovaquia) en 1627. [5] Esto permitió que la voladura de roca y tierra se aflojara y revelara las vetas de mineral, que era mucho más rápido que el fuego. La Revolución Industrial vio nuevos avances en las tecnologías mineras, incluidos explosivos mejorados y bombas, elevadores y taladros impulsados a vapor, siempre que permanecieran seguros.

La ingeniería eléctrica data desde principios del siglo XVII. El primer ingeniero electricista fue probablemente William Gilbert quien diseñó el "versorium", un aparato que detectaba la presencia de objetos estáticamente cargados. Él también fue el primero en marcar una clara distinción entre electricidad magnética y estática y se le atribuye la creación del término electricidad. En 1775 la experimentación científica de Alessandro Volta resultó en la creación del electróforo, un aparato que producía carga eléctrica estática, y por el 1800 Volta inventó la pila voltaica, el predecesor de la batería eléctrica.

La ingeniería eléctrica se ocupa del estudio y la aplicación de la electricidad, la electrónica y el electromagnetismo. Aplica conocimientos de ciencias como la física y las matemáticas para diseñar sistemas y equipos que permiten generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica. La electricidad si es parte de la ingeniería mecánica por el diseño y construcción de máquinas eléctricas. La energía eléctrica no utiliza los fenómenos de transporte.

La ingeniería química es todavía más moderna, ya que data de finales del siglo XIX. surgió en el desarrollo de las operaciones unitarias, un concepto fundamental en la ingeniería química. La mayoría opina que George Edward Davis (1850–1907) inventó el concepto de operaciones unitarias si no lo desarrolló sustancialmente. Él dio una serie de conferencias sobre las operaciones unitarias en la Escuela Técnica de Manchester en 1887, donde por primera vez ofreció doce cursos relacionados con los procesos químicos y convocó a la formación de esta nueva profesión. En 1901, publicó el *Handbook of Chemical Engineering*, considerado el primer texto de la profesión.

En ingeniería química y campos relacionados, una operación unitaria es una etapa básica en un proceso. Las operaciones unitarias implican un cambio físico o una transformación química tales como separación, cristalización, evaporación, filtración, polimerización, isomerización y otras reacciones. Por ejemplo, en el procesamiento de la leche, la homogeneización, la pasteurización, el enfriamiento y el envasado son operaciones unitarias que están conectadas para crear el proceso global. Un procedimiento puede requerir muchas operaciones unitarias para obtener el producto deseado a partir de las materias primas.

Nuestros aborígenes conocían algunas operaciones unitarias como la fermentación del maíz (chicha) y del plátano y la yuca, malteado del maíz, la evaporación para obtener sal, la molienda para elaborar pinol. Sin embargo, no elaboraban productos que requirieran muchas operaciones unitarias encadenadas.

En la década de 1940, quedó claro que las operaciones unitarias por sí solas eran insuficientes en el desarrollo de reactores químicos. Mientras que el predominio de las operaciones unitarias en los cursos de ingeniería química en Gran Bretaña y los Estados Unidos continuó hasta la década de 1960, los *fenómenos de transporte* comenzaron a experimentar mayor enfoque. Los fenómenos de transporte dieron un enfoque analítico a la ingeniería química.

Se puede entender las ingenierías clásicas desde el punto de vista de los fenómenos de transporte. La expresión fenómenos de transporte refiere al estudio de la transferencia de fluidos, de calor y de masa. El transporte de estas cantidades guarda fuertes analogías, tanto físicas como matemáticas, de tal forma que el análisis matemático empleado es prácticamente el mismo. Cada una de las ingenierías es una mezcla de estos tres fenómenos de transporte.

Los fenómenos de transporte abarcan todos los agentes del cambio físico en el universo. Además, son considerados como bloques de construcción fundamentales que desarrollaron el universo, y que es responsable del éxito de toda la vida en la tierra. Sin embargo, el alcance aquí se limita a la relación de los fenómenos de transporte con los sistemas de ingeniería artificial. En cierta manera, unifica todas las ingenierías bajo el mismo marco teórico.

La ingeniería química se encarga del diseño, mantenimiento, evaluación, optimización, simulación, planificación, construcción y operación en la industria de procesos, que es aquella relacionada con la producción de compuestos y productos cuya elaboración requiere de sofisticadas transformaciones físicas y químicas de la materia.

Todas las ingenierías son aplicaciones prácticas de la Física. La Física es una de las más antiguas disciplinas académicas, tal vez la más antigua, ya que la astronomía es una de sus subdisciplinas. Durante la Revolución Científica en el siglo XVII surgió para convertirse en una ciencia moderna, única por derecho

propio. La mayoría de las civilizaciones de la antigüedad trataron de explicar el funcionamiento de su entorno; miraban las estrellas y pensaban cómo ellas podían regir su mundo. Nuestros aborígenes mesoamericanos observaban los astros e inventaron el calendario de 260 días y otro de 365 días.

Clave para estudiar y aplicar la transferencia de energía es la termodinámica, creada a medidas del siglo XVII; es la rama de la física relacionada con el calor y la temperatura y su relación con la energía y el trabajo. Las leyes de la termodinámica se explican en términos de constituyentes microscópicos por la mecánica estadística. La termodinámica se aplica a una amplia variedad de temas en la ciencia y la ingeniería, especialmente la físico-química, y las ingenierías química y mecánica.

La resistencia de materiales clásica estudia la mecánica de sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo, es una transferencia de momentos, que forma la triada transferencia de momentos, de energía y de materia.

La historia de la termodinámica como disciplina científica comienza generalmente con Otto von Guericke que, en 1650, construyó y diseñó la primera bomba de vacío del mundo y demostró el vacío con sus hemisferios de Magdeburgo. Poco después de Guericke, el físico y químico inglés Robert Boyle, que había aprendido de los diseños de Guericke y, en 1656, en coordinación con el científico inglés Robert Hooke, construyó una bomba de aire. Usando esta bomba, Boyle y Hooke notaron una correlación entre presión, temperatura y volumen. Con el tiempo, se formuló la Ley de Boyle, que establece que la presión y el volumen son inversamente proporcionales. Luego, en 1679, basado en estos conceptos, un asociado de Boyle llamado Denis Papin construyó un digestor de vapor.

Bajo el enfoque de los fenómenos de transporte, la ingeniería civil se especializa en la transferencia de la cantidad de movimiento, que deriva en la mecánica de fluidos, o hidráulica. La ingeniería mecánica aplica las transferencias de momentos y de energía, que se llaman resistencia de materiales y transferencia de calor, y transferencia de masa en las aplicaciones de aire acondicionado y ventilación. La mezcla de los tres fenómenos de transporte es diferente al de la ingeniería civil.

La ingeniería química hace hincapié en la transferencia de masa, como en los procesos de destilación; y generaliza el transporte de fluidos a gases y líquidos de cualquier naturaleza; y la transferencia de energía. Hace menos hincapié en la

resistencia de materiales. Evidencia de la destilación proviene de los alquimistas que trabajan en Alejandría, el Egipto romano, en el siglo I. El agua destilada se conoce desde al menos c. 200, cuando Alejandro de Aphrodisias describió el proceso.

Nuestros aborígenes evaporaban agua del mar para obtener sal en recipientes de arcilla. En las tasaciones de 1548 se especifica el tributo pagado en sal: «El tributo más alto de sal era el de Çindega con 2,200 libras¹, seguido por Sutiaba con 1,900 libras, Gualteveo con 1,250 libras, Comayna y Niagalpa, y Coyatega con 1,000 libras cada una, todas en la provincia de León. En la de Granada destacan Masaya con 2,000 libras, Managua con 1,140 libras, y Diriamba, Nomotiva, Nandayme, Niquenohomo, y Nicaragua y Guatigalpa cada una con 1,000 libras». ■

¹Las tasaciones especifican la sal en carguillas. Parece que la carguilla era de 5 libras en León y de 10 libras en Granada. Con estas cifras Stanislawski estima los totales de sal en libras. Véase Stanislawski, Dan, *The Transformation of Nicaragua: 1519-1548*, Tablas 1 a 4 en el apéndice, University of California Press, Berkeley y Los Angeles, 1983s.