



Octubre 2010

BREVE CRONOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO-TÉCNICO DESDE LA ANTIGÜEDAD HASTA LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Nelson H. García Borrajero

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

García Borrajero, N.H.: *Breve cronología del conocimiento científico-técnico desde la antigüedad hasta la ingeniería industrial*, en *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, octubre 2010.
www.eumed.net/rev/cccss/10/

Ingeniería es un término aplicado hoy en día a la profesión en la que el conocimiento de las ciencias básicas, alcanzado con estudio, experiencia y práctica, se aplica a la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza en atención a los requerimientos crecientes del ser humano.

El quehacer de esta profesión está ligado íntimamente a la historia de la formación cultural de los pueblos puesto que constituye la conformación práctica de los logros técnicos que expresan la manera en que la humanidad ha adaptado el mundo a sus necesidades. El filósofo español José Ortega y Gasset expresó: "La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto. Esto ya bastaría para hacernos sospechar que se trata de un movimiento en dirección inversa a todos los biológicos. Esta reacción contra su entorno, este no resignarse contentándose con lo que el mundo es, es lo específico del hombre. Por eso, aún estudiado zoológicamente, se reconoce su presencia cuando se encuentra la naturaleza deformada; por ejemplo, cuando se encuentran piedras labradas, con pulimento o sin él, es decir, utensilios. Un hombre sin técnica, es decir, sin reacción contra el medio, no es un hombre".¹

¹ Ortega y Gasset, José, "Meditación de la Técnica", *Obras Completas*; *Revista de Occidente*, Madrid, 1964, 6 a ed., Vol. V, p. 304.

La demanda incesante de los avances tecnológicos en los s.XIX y XX han diversificado sus campos de acción dando lugar a las especializaciones, que van desde la aeronáutica hasta la genética; pero, como todo, siempre hubo un comienzo elemental, y la ingeniería tuvo también su evolución.

SURGIMIENTO DE LA INGENIERÍA COMO UNA NUEVA PROFESIÓN.^{2 3 4}

Los estudiosos de la prehistoria reconocen diferentes etapas del desarrollo de la humanidad en función de los hallazgos relativos a su actividad técnica, como parte inseparable de su lucha con la Naturaleza, que se fue traduciendo en una transformación cada vez más consciente de su entorno aparejada al desarrollo de su cerebro. La ocupación básica, tanto de las bestias como del hombre primitivo, ha sido la alimentación. A consecuencia de esta actividad como centro esencial de su preocupación el hombre irrumpe en la historia como ser organizado a través de la Revolución Agrícola, la que contribuye a que se transforme de nómada en sitiero. Comenzaron a sembrar y criar animales en sitios apropiados y a desarrollar el "ingenio" en la solución de otras necesidades que fueron surgiendo aparejadamente, como fueron la artesanía, la actividad militar y las construcciones. Estos cambios surgieron, según algunos historiadores, en de Siria e Irán hacia los 8,000 años a.C.

Su actividad innovadora se desplegó en la irrigación, en la construcción de muros protectores de sus asentamientos y en las artes de guerra como solución a la imposición en esos momentos de necesidades básicas como sentirse protegido y de alimentarse.

Surgen así, al pasar de los siglos, los primeros ingenieros con especialidades tan definidas como la irrigación, la arquitectura (que devino obligatoriamente en ingeniería civil) y la militar.

La emigración, costumbre ancestral de la humanidad, llegó posteriormente a contribuir al intercambio entre culturas y al logro de avances en esas especialidades; pero hubo momentos en que las soluciones técnicas se lograban por separado, de modo que se puede afirmar que los inventos había que inventarlos una y otra vez, dando por resultado que en esa forma aislada se avanzaba poco. Las ciencias se desarrollaban puntualmente así como las soluciones tecnológicas.

Gozaron de una posición ventajosa aquellas regiones que se encontraban en la ruta terrestre de China a España, a lo largo de la cual muchos conocimientos fueron aportes de los emigrantes, que en pos del comercio o de la aventura, recorrían o emigraban hacia tales territorios, y que al mismo tiempo servían de viajeros del conocimiento sobre aquellas pocas especialidades que incipientemente se veían obligados a desarrollar. Esas regiones fueron el Oriente Medio y el Mar Mediterráneo.

Se destacan en la historia, como culturas con el desarrollo más antiguo de la ingeniería, la egipcia, la mesopotámica, la oriental, la griega y la romana.

EGIPTO.- La cultura egipcia resalta por algunas de las obras de ingeniería más grandiosas y antiguas de todos los tiempos. Se presume que la más antigua fue la primera presa por el año 4000 a.C. Entre las grandiosas está el muro de la ciudad de Menfis. Otras indiscutibles son las pirámides, producto del arraigado concepto religioso de que para disfrutar de la eternidad había que preservar intactos los cadáveres con todos los recursos dentro para un cómodo viaje hacia ese otro mundo. Erigidas por los tres reyes Keops, Kefren y Micerinos (nombres helenizados de los egipcios Khufu, Khafra y Men-Kau-ra), se conservan en las afueras de la ciudad de Gizeh (o Giza). Constituyen las mayores de todas las que se erigieron durante un período relativamente breve de los reinados faraónicos. La mayor de ellas, la de Keops, fue construida hacia el año 2530 a.C. con 230,4 m de lado en su base casi perfectamente cuadrada, con muy poco error en la orientación de las caras de su base cuadrada con las direcciones este-oeste y norte-sur, y con una altura original de 146,5 m.

² Origen de la Ingeniería: <http://html.rincondelvago.com/origen-de-la-ingenieria.html>.

³ <http://www.mitecnologico.com/Main/OrigendelaIngenieriaIndustrial>.

⁴ Orígenes de la Agricultura. Microsoft® Encarta®.

Las tres pirámides de Giza, a 25 km del centro de la ciudad de El Cairo, únicas sobrevivientes de las siete maravillas de la antigüedad, constituyen la mayor obra en piedra en el planeta y, a la vez, una proeza constructiva extraordinaria dadas las limitaciones que tenían en los conocimientos de la geometría y en los recursos para medir con precisión. Solamente contaban con la palanca y las fuerzas humana y del buey, pues desconocían el torno y la polea, así como el caballo como bestia de gran auxilio, que comenzaron a utilizar un milenio más tarde.

Para este logro impresionante tuvieron que usar el ingenio de una forma que hoy en día constituye un enigma, pues movilizaron, a lo largo de grandes distancias y venciendo esas grandes alturas, bloques desde 2 toneladas hasta 60 de piedra fundamentalmente de caliza y de mármol y con una precisión de ajuste en su montaje que asombra por la exactitud alcanzada en su apareamiento.

La erección de pirámides fue cediendo a la sepultura de cadáveres en catacumbas, en lo que también se especializaron para el asombro y admiración de las generaciones actuales.

Aparejado y necesariamente vinculados a estas obras están los conocimientos de dibujo, un auxiliar fundamental en la ingeniería, que plasmaban en papiros, en piedra y en madera.

Sus progresos en la agrimensura fueron acelerados por la necesidad de medir nuevamente los terrenos cada vez que el río Nilo se desbordaba en crecidas que beneficiaban prodigiosamente la agricultura con el arrastre del aluvión, que constituía un excelente fertilizante que cubría las riberas y las convertía en una ancha banda apta para los más diversos cultivos. Estas condiciones naturales los llevaron a desarrollar complejos sistemas de irrigación por medio de diques, canales y el auxilio de un dispositivo denominado cigoñal "shadoof" que elevaba el agua hacia niveles desde los que descendía hacia las plantaciones. Desde el año 3200 a.C. la ciencia y el arte de la irrigación era una ceremonia encabezada por el faraón a la que llamaban "corte de los diques".

MESOPOTAMIA.- A 1,500 km al este de Egipto, entre los ríos Tigris y Éufrates, se halla Mesopotamia (acepción en griego de "entre ríos"), región donde comenzó a desarrollarse desde 6,000 años a.C. la cultura de los sumerios, cuyo primer asentamiento probablemente fue Eridú.

Éstos comenzaron a convertirse en ciudades en el IV milenio a.C. El territorio estuvo bajo el dominio de sumerios, acadios, elamitas, babilonios, asirios, medos, persas, y caldeos o neo-babilonios. El estatus de las diferentes técnicas, aunque lento, se mantuvo desarrollando y manifestando conocimientos y soluciones en obras de ingeniería similares a las de los egipcios.

Por el año 3500 a.C. construyen las primeras ruedas en su forma más simple: Un disco sólido de madera fijado a un eje redondo mediante espiga de madera dio paso a un uso más eficiente de la fuerza animal en la agricultura y en otros campos.

Los habitantes de esta región tuvieron que enfrentar el peligro de las invasiones, temperaturas extremas, períodos de sequía, tormentas violentas y ataques de fieras. La fertilidad de las llanuras, la cercanía de caudalosos ríos y sus sistemas de afluentes les proporcionaron las condiciones para desarrollar la agricultura con técnicas ingeniosas.

Establecieron núcleos urbanos en medio de las llanuras, cada uno dominado por un templo, que fue el centro del comercio y de la religión hasta que fue sustituido en importancia por el palacio real. El barro abundante les permitió construir presas, canales y edificios en organizadas y fortificadas ciudades-estados y llegaron a ser los primeros en usar armas de hierro. También trabajaron algunos metales como el cobre, el oro y la plata, así como nácar y piedras preciosas en las piezas más delicadas y en las labores de incrustación.

Necesitaron organizar el ejército para la defensa y para posteriores guerras de conquista. La torre de asalto fue factor decisivo en las victorias hasta que la llegada del cañón muchos siglos después la hizo obsoleta.

Descubrieron, antes que los egipcios, que el caballo se podía domesticar y usarlo para cabalgar, lo que devino en una ventaja militar considerable. Fueron los que inventaron la caballería. Esta región se conoce en la historia como la cuna de la civilización.

ASIA (Lejano Oriente).- En el suroeste asiático se localiza la utilización de una primitiva forma de ábaco para realizar cálculos aproximadamente en 3000 a.C.

Paralelamente a las culturas de la edad del bronce del Egipto antiguo, de Mesopotamia y de Creta se desarrollaron culturas en asentamientos cercanos a caudalosos ríos en Asia. Una fue la civilización del valle del Indo (2500-1700 a.C.), la primera conocida del sur de Asia, fruto de la cual fueron los vehículos de rueda (c.2500 a.C.) que por esos mismos años aparecen en las estepas del Asia Central. La otra fue la de Long-Shan, cultura neolítica china que se desarrolló aproximadamente entre los años 2000 y 1850 a.C. en el curso medio del río Huang He.

Los antiguos hindúes eran diestros en el manejo del hierro y poseían el secreto para fabricar el buen acero desde antes de los tiempos de los romanos.

Por el 260 a.C. surge el sistema de numeración arábigo en la India. El monje mesopotámico Severo Sebokht dio a conocer a occidente cerca del 700 d.C., pero no llegó a Europa hasta el año 1200.

Los chinos gozan de una posición de pioneros en muchas disciplinas. Antes que los romanos ya construían canales para la irrigación y posteriormente como vía de navegación. Aunque en forma limitada usaban compuertas, pero las esclusas no se conocían.

La longitud total de los canales de irrigación chinos tienen hoy más de 325 000 km. El canal más largo, el Yun-ho o Gran Canal, tiene 1782 km y corre desde Beijing hasta Hangzhou; su construcción comenzó en el siglo VI a.C. y culminó en el 1327 d.C.

Uno de los más grandes productos del ingenio humano en toda la historia fue la Gran Muralla China, con 6000 km totales de extensión y cuyos primeros 1900 km se edificaron entre el 221 y el 204 a.C. bajo el gobierno unificador del emperador Qin Shi Huangdi para defenderse de los ataques de los pueblos nómadas de las estepas norteñas. Fue ampliada durante la dinastía Ming entre 1368 y 1644 d.C. Construida de tierra y piedra tiene una altura media de 7,6 m con un ancho en la base entre 9,1 y 4,6 m y se estrecha arriba hasta 3,7 m. Es la única obra humana visible desde el espacio.

Fueron los primeros constructores de puentes, con características únicas. Se cree que los chinos inventaron la pólvora. Es curioso que, irónicamente, esta invención china, junto con el cañón, siglos después hicieron obsoletas las murallas.

A los chinos se les reconoce el invento del mecanismo de escape en los relojes, y el de la cometa hace más de 2000 años.

Otro descubrimiento importante de los chinos fue la brújula, que rápidamente se extendió, para convertirse, alrededor de 1 200 d.C. en un artículo de uso común.

Lograron uno de los inventos más importantes de todos los tiempos, el papel. Posteriormente los árabes aprendieron a fabricarlo logrando la obtención de grandes producciones.

GRECIA.- A partir de los años 700 a.C. comienza la historia de la civilización griega, cuyo período con más logros en el arte, la ciencia, la ingeniería, la filosofía, la literatura y la política se alcanzó entre el 500 y el 400 a.C., tomando meritoriamente el nombre de "Edad de Oro de Grecia".

Pericles, destacadísimo político, se auxilió del conocimiento de arquitectos para la construcción, en la elevación denominada Acrópolis de Atenas, de fastuosas obras como el Propileo, pórtico de acceso al complejo y templos dedicados a diferentes deidades como el Partenón, e impresionantes estatuas religiosas.

La aplicación de refuerzos de hierro forjado a las vigas de mármol del cielo raso del Propileo aparece por primera vez en la ejecución de edificios.

Surge en Grecia la "Mecánica", primer texto conocido sobre ingeniería, conteniendo, entre otros temas, la teoría sobre la palanca y los principios elementales de la transmisión por engranes.

El mayor aporte de los griegos a la ingeniería fue el descubrimiento de la propia ciencia. Las doctrinas de Platón y Aristóteles plantean que hay un orden congruente en la naturaleza que se puede

conocer. Surgen las condiciones de conocimiento y racionalidad para el establecimiento de una lucha entre matemáticos e ingenieros por la aplicación de la ciencia a la práctica. Desarrollaron un estudio denominado "Hybris" (orgullo), que expresa la creencia en la necesidad de leyes morales y físicas restrictivas a la hora de aplicar una técnica dominada. Estaba implícita la desaprobación de métodos casi inhumanos que tenían los egipcios en el tratamiento de sus supuestos esclavos, causa quizás de que los griegos no construyeran obras semejantes.

No obstante, hallaron compensación con creces en la filosofía, la lógica, la política, la literatura y el arte. Se destaca su desarrollo de la topografía como ciencia aplicada de la ingeniería y es prácticamente la única que se estuvo aplicando durante veinte siglos.

Aunque vivió 200 años después de la Edad de Oro de Grecia, Arquímedes fue una figura importante en el desarrollo de la ingeniería en Grecia. Se le reconoce el descubrimiento de la ley de la hidrostática además de ser matemático y un hábil ingeniero. Hace descubrimientos en geometría plana y sólida, calcula con más exactitud la constante llamada "pi" y los centros de gravedad de figuras planas a través de leyes que descubre. Fue astrónomo y constructor de barcos y realiza el invento del tornillo de Arquímedes mientras estuvo en Egipto.

ROMA.- La cultura romana, conocida clásicamente como la que se consolidó a partir de su surgimiento como ciudad estado, se desplegó en contribuciones valiosas en el campo de la ingeniería, especialmente dedicada al diseño y construcción de obras civiles como carreteras, puentes, edificios públicos, acueductos. Los "architectus" eran populares y respetados y quizás se les pueda calificar como los mejores ingenieros de la antigüedad. Tiberio el emperador fue el padre del arquitecto Druso.

En esa época se destacó la reinención que hicieron de la centralización de la calefacción indirecta doméstica que originalmente se usó en Turquía por el año 1200 a.C.

Los ingenieros romanos, funcionarios estatales que ostentaban una alta jerarquía, eran a la vez civiles y militares. Su elevado criterio sobre las carreteras estaba basado en que la comunicación era imprescindible para conservar el imperio en expansión y velaban celosamente por su calidad porque a largo plazo resultarían menos costosas por el poco mantenimiento que exigirían. Con 550 km, la Vía Apia, fue la primera carretera recubierta importante en Europa, iniciada 312 años a.C. En ella fabricaron puentes de 4,5 m de ancho para permitir el paso de dos carros o dos legiones.

Entre los acueductos, obras de ingeniería destacadas, está el Aqua Marcia, en Roma, que transportaba el agua a cielo abierto; construido por el pretor Marcio en 144 a.C. con 90 km de longitud. Tenía una sección de 16 km soportada por puentes. Diez acueductos suministraban a Roma unos 140.000 m³ de agua al día. En la actualidad hay porciones de ellos que abastecen agua a las fuentes de Roma. Hoy se mantienen en buen estado acueductos de aquella época en Segovia, España; en Éfeso, Turquía y el de Uzes-Nimes en Francia.

Se conocen estas obras de ingeniería por el libro "De Aquis Urbis Romae" de Sexto Julio Frontino, curator aquarum entre 104 y 97 a.C. Registraba los consumos del agua: 17 % por el emperador, 39% por el sector privado, 24% por edificios públicos incluidos once baños y retretes públicos, 13% por las fuentes, 4% por los teatros y 3% por lo militar. Informa, además, que habían 856 baños privados.

Todos los acueductos mantuvieron el mismo diseño de arcos semicirculares sobre una hilera de pilares. Usaron tuberías de plomo hasta que sospecharon que no era saludable. En 1768 se confirmó la sospecha cuando Benjamín Franklin hizo público un informe sobre la nocividad del plomo.

La palabra ingeniería proviene del latín "ingenium", nombre asignado a un ariete inventado por el año 200 d.C. para atacar murallas. Posteriormente se identificó a su operador como "ingeniator", de ahí que muchos historiadores aseguran que fue el origen de la palabra ingeniero.

En pleno esplendor del imperio, durante Vespasiano, se erigió el Coliseo romano entre los años 72 y 80. Dedicado por su hijo Tito fue el mayor lugar de reunión pública hasta que se construyó, en New Haven, Connecticut, USA, el estadio Yale Bowl, inaugurado el 21 de noviembre de 1914.

La ingeniería romana comienza a decaer a partir del 100 d.C. No obstante, un modesto avance fue, hacia 350 d.C., el alumbrado público en la ciudad de Antioquía, en la Turquía de hoy.

RESUMEN DE LOS APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.^{5 6 7}

1. c. 7000? a.C.: Comienza la domesticación de los animales.
2. c. 6500? a.C.: Aparece la cerámica en Mesopotamia.
3. c. 4500 a.C.: Es conocida la tecnología del bronce en Bang Chieng (Tailandia).
4. c. 4350 a.C.: Se domestica el caballo en Ucrania.
5. 4000 a.C.: Se construye la primera presa en Egipto para desviar el cauce del Nilo y proporcionar más terreno a la ciudad de Menfis.
6. c. 3500? a.C.: Se construyen las primeras ruedas en la antigua Mesopotamia.
7. c. 3400? a.C.: Se comienzan a utilizar símbolos especiales para los números 10, 100, 1.000 y 10.000 por los egipcios. Este sistema de numeración permite manejar ya grandes números.
8. c. 3000? A.C.: La clepsidra (reloj de agua) aparece en Egipto.
9. c. 3000? a.C.: Se utiliza un primer tipo de ábaco para calcular en el suroeste de Asia.
10. c. 2500? a.C.: Aparecen vehículos de ruedas en el valle del Indo y en Asia central.
11. 2000 a.C.: Los babilonios resuelven ecuaciones cuadráticas, aplican el llamado teorema de Pitágoras y desarrollan un sistema sexagesimal de medidas.
12. c. 1350? a.C.: Los hititas, que vivieron al sur del mar Negro, pioneros en fundición de hierro.
13. c. 1000? a.C.: La caballería es incorporada a la guerra por los hititas, asirios y babilonios.
14. c. 700? a.C.: Las galeras "birremes" (dos filas de remeros) son usadas por los griegos.
15. c. 600? a.C.: Reloj de sol inventado por el griego Anaximandro de Mileto. Otros lo atribuyen a los egipcios y los chinos.
16. c. 500? a.C.: Los pitagóricos descubren el teorema de Pitágoras: el cuadrado de la hipotenusa es la suma de los cuadrados de cada uno de los dos catetos.
17. c. 500? a.C.: Desarrollado el torno de hilar en la India.
18. c. 400? a.C.: Teoría atómica de la materia del filósofo griego Leucipo.
19. c. 300? a.C.: Tratado de matemáticas "Elementos de Geometría" del griego Euclides.
20. 300-200? a.C.: Diseño significativo de la silla de montar a caballo en Asia.
21. c. 270? a.C.: Ley de la palanca y la polea compuesta de Arquímedes.
22. 260 a.C.: Sistema de numeración arábiga desarrollada por los hindúes.
23. c. 240? a.C.: Mide la circunferencia de la Tierra con alta precisión el matemático, astrónomo y filósofo griego Eratóstenes.
24. c. 240? a.C.: Constante matemática "pi" calculada correctamente por el matemático griego Arquímedes. calcula correctamente que el valor de "pi" se encuentra entre $3 + 1/7$ y $3 + 10/71$.
25. c. 215? a.C.: Ley de la hidrostática descubierta por Arquímedes.
26. c. 150? a.C.: Cemento natural descubierto por los romanos. Ligado con arena y gravilla se conoció como argamasa.
27. c. 100? a.C.: Los romanos y griegos aprovechan la energía del agua: utilizan la rueda hidráulica para moler cereales. Consiste en un eje con paletas sumergidas en una corriente de agua.

⁵ Línea del tiempo. Ciencia y tecnología. Microsoft® Encarta®.

⁶ Silla de montar. <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Saddle>

⁷ El estribo. <http://www.fuerzaycontrol.com/inventos-chinos-aplicados-al-deporte-moderno-ii-el-estribo/>

28. c. 50 d.C.?: Es descubierto y empleado el cero en cálculos astronómicos por los mayas.
29. 105 d.C.: Se fabrica papel en China, en imperio de Hedi, con morera y moldes de bambú.
30. 132 d.C.: Inventa el sismógrafo el filósofo chino Chang Heng: Una vasija con seis esferas en equilibrio. Si una esfera o más caía era señal de una onda sísmica.
31. 140 d.C.: Propuesto un modelo de Universo por el astrónomo y matemático griego Claudio Tolomeo: la Tierra estacionaria al centro y en circunvolución los planetas, la Luna y el Sol.
32. 100 a.C.: El estribo surge en la India como mejora a la silla de montar a caballo.

DECAIMIENTO DE ROMA Y COMIENZO DE LA ALTA EDAD MEDIA.⁸

El Imperio Romano se desplegó entre la edad antigua y la media y en el 476 declina definitivamente. Es a partir de esa fecha que el aporte ingenieril a la cultura estuvo apagado por mucho tiempo. Entre los años 600 y 1000 d.C. dejaron de existir como profesiones la ingeniería y la arquitectura en el continente europeo. Muchos historiadores llaman "El Oscurantismo" a este período dentro del Medioevo en que la ciencia fue más crudamente amordazada. Las actividades constructivas pasaron a manos de artesanos como los maestros albañiles y la literatura era predominantemente religiosa no dándosele importancia a la ciencia o a la ingeniería. No obstante, la técnica moderna tiene su antecedente inmediato en los artesanos, los soldados y los constructores medievales.

Por otra parte, la guerra, siempre presente en la historia, fue acicate permanente en el desarrollo de la ingeniosidad humana, y durante la prolongada Edad Media, ya por invasiones ya por la Ruta de la Seda, a Europa llegaron aportes de Asia como la pólvora, el estribo, la ballesta que, luego de una fácil asimilación, fueron aplicados y desarrollados.

Durante la Alta Edad Media, comprendida aproximadamente entre 350 y 1050, el territorio europeo se caracterizó por una consolidación de sus diferentes grupos sociales evolucionando hacia identidades particulares alrededor de sus idiomas, valores, tradiciones y pertenencia a cada territorio ocupado. Al mismo tiempo, aunque cada identidad formó su cultura, todas reconocían una identidad enraizada en el tronco común del legado romano-cristiano transmitido por la cultura escrita latina, se sentían miembros de esa cristiandad occidental que las distinguía de sus vecinos: el islam y el imperio bizantino. La historia, elaborada por clérigos, da importancia a recoger siempre la conversión al cristianismo entre las hazañas históricas de los antepasados de cada cultura.

Ésta fue una época de renovada vitalidad artística e intelectual. Crecen las instituciones educacionales, renace el interés por la cultura antigua, se aviva el pensamiento teológico, resurge la ley, se desarrolla la literatura vernácula y el arte y la arquitectura se reactivan. Si bien la vida intelectual estaba dominada por los monjes, puesto que los monasterios fueron mucho tiempo los únicos baluartes del conocimiento organizado, emergieron con nueva influencia los clérigos seculares, las cortes y las ciudades.

Esa efervescencia por la superación del intelecto tuvo sus antecedentes varios siglos atrás, destacándose en diversos países y regiones en forma de escuelas de avanzada y luego en universidades.

PRIMERAS ESCUELAS AVANZADAS Y UNIVERSIDADES (desde la antigüedad hasta el s.XIII).^{9 10}

Grecia, s. IV a.C. La Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles fueron escuelas avanzadas para el estudio de la filosofía.

Alejandro, Egipto, c. 298 a.C. Biblioteca y museo. Estudio de astronomía y geografía.

⁸ Intercambio cultural en la alta edad media europea. Karen Jolly. Microsoft® Encarta® 2009.

⁹ Historia de la Educación. Microsoft Encarta.

¹⁰ Orígenes de las universidades en la Alta Edad Media. http://www.portalplanetasedna.com.ar/universidad_medieval.htm.

Palestina y Babilonia, s. I a.C. Academias judías que promovieron proyectos religiosos y seculares entre el año 70 a.C. y el s. XIII.

Nalanda, India, 500 d.C. Universidad para enseñar budismo a alumnos indios y chinos.

Arabia y Persia, s. VI-IX. Instituciones para la ciencia y el lenguaje.

China, a partir del s. VII, surgen escuelas para estudios superiores de filosofía, poesía y religión.

Corea, a partir del s. XIV, surgen escuelas en igual sentido.

Córdoba, España, s.VIII-XI d.C. Centro para estudio de filosofía, cultura clásica griega y romana, ciencias y matemática.

Fez, Marruecos, 859 d.C. Universidad islámica al-Qarawiyin.

El Cairo, Egipto, 970 d.C. Universidad islámica al-Azhar. Es hoy la institución religiosa más antigua.

En el año 900 habían 20 universidades en Europa, y ya en el 1000 habían 200, incremento motivado por su obligatoria creación en ciudades con catedrales.

En las principales ciudades europeas, entre 1088 y 1167, bajo el rígido esquema del escolasticismo, surgen las universidades para el estudio de las siete artes liberales (aritmética, astronomía, geometría, gramática, lógica, música y retórica). Los maestros enseñaban a partir de libros en latín, cuyo dominio era obligatorio. Las primeras fueron en Italia: especializada en derecho la de Bolonia y en medicina la de Salerno. En Francia, verdadero centro intelectual de Europa en el s. XII, alcanzaron fama la de París, especializada en teología y filosofía, las de Chartres, Reims, Laon y Soissons.

En Inglaterra la de Oxford surge en 1208 según modelo de la parisina, y la de Cambridge en 1209 a partir de la migración de académicos de Oxford.

En España, la Literaria de Salamanca en 1218, que cuatro siglos después marcaría la pauta en el establecimiento de otras en España y en la América hispana.

Aunque el propósito principal de la mayoría de estos centros era de carácter religioso, muchos centros europeos, que se orientaban a formar sacerdotes más letrados, atrajeron a otros individuos que llegaron a titularse y convertirse en funcionarios, pero sin compromiso sacerdotal.

Universidad proviene de "universitas", nombre del gremio que los estudiantes de Bolonia formaron para protegerse y al que el emperador Federico Barbarroja reconoció y otorgó cédula en 1158.

Las universidades medievales eran gremios educativos o corporaciones que formaban a individuos instruidos y capacitados. Fueron, a la vez, tribunas idóneas para eruditos que debatían la forma en que podía alcanzarse la verdad: a través de la fe, de la razón humana y la investigación o de su combinación en alguna forma. Estas indagaciones contribuyeron a la investigación científica, evidente en las teorías experimentales del científico y filósofo inglés Roger Bacon (c. 1214-1294).

BAJA EDAD MEDIA.^{11 12}

A la Alta Edad Media la siguió un período que se prolongó hasta el 1400 aproximadamente, que se denomina Baja Edad Media y que se diferenció de aquella en que estuvo marcada por conflictos y disolución de la unidad. Empieza a surgir el Estado moderno y toma fuerza la lucha por la hegemonía entre Iglesia y Estado. Urbes y territorios continuaron creciendo en tamaño y en prosperidad bajo la premisa de una autonomía política.

Sin embargo, en la Baja Edad Media se desplegó una genuina revolución técnica, que incluyó los medios de transporte, los aperos de labranza, la mecánica en aspectos como herrerías, aserríos, platerías, carpinterías y molinos que surgían alrededor de las ciudades y en torno a la burguesía naciente del comercio y del agro. La formación del nuevo Estado fomentó la transformación de cada territorio en instrumento productivo y, por tanto, el surgimiento de técnicos en diferentes disciplinas

¹¹ Intercambio cultural en la alta edad media europea. Karen Jolly. Microsoft ® Encarta ® 2009.

¹² Roger Bacon. Microsoft ® Encarta ®.

como la minería, el correo, la cartografía, el censo poblacional, los viales para desarrollo de carreteras, puentes, canales, esclusas y túneles.

No obstante, en cuanto a ciencia y tecnología se avanzaba muy lento, y si al respecto alguien intentaba aportar alguna idea novedosa, inmediatamente era acusado de hereje, catalogado de brujo y penalizado por la Inquisición, como fue el caso del filósofo y científico Roger Bacon.

Roger Bacon (c.1214-1294) había nacido en Ilchester, Somerset, Inglaterra. Estudió en Oxford y en París, de la que fue profesor. De regreso a su país, en 1252, ingresó en los franciscanos y se estableció en Oxford. Poco después, por discrepancias con su principal superior, fue trasladado a un monasterio de Francia. Allí, en casi 10 años solo puso comunicarse por escrito con sus colegas.

En su obra *Opus Maius* pide una reforma de las ciencias en el estudio de la naturaleza y las lenguas. Por causa de obras como ésta el Papa Nicolás IV prohíbe su lectura y decreta su arresto en 1278. Tras diez años de cárcel regresa a Oxford y escribe un compendio sobre la teología justo antes de su muerte. Respecto a la teología sus escritos revelan una inquietud por la reforma de su estudio. Para él la Biblia debería volver al centro de atención y los teólogos estudiar sus lenguas originales.

Fue figura clave en el conocimiento contemporáneo y aunque fue autor muchos inventos, no hay dudas de que derivan de los árabes (como la pólvora). Dio aportes novedosos en la óptica.

Consideró que las matemáticas, el estudio intenso de las ciencias y el método experimental eran medios únicos para conocer la naturaleza y urgió a los teólogos a sumarlos al currículo universitario. Señaló que la física no estaba dirigida por experimentos al modo de Aristóteles, cuyo conocimiento, criticó, era basado en la tradición. Estudió varios idiomas y escribía en latín con elegancia y claridad. Por todo esto se le conocía con el nombre de Doctor Mirabilis (Doctor Admirable en latín). Seis de sus trabajos fueron impresos entre 1485 y 1614; y en 1733 se editó y publicó el *Opus Maius*.

APORTES DURANTE LA EDAD MEDIA.¹³

A pesar de las circunstancias adversas, en Europa la ingeniería tuvo modestos aportes como la invención de los anteojos, cuyo uso fue confirmado por Bacon en 1268 d.C. Sin embargo, posiblemente ya en el siglo X, los chinos habían utilizado lentes de aumento colocadas en molduras. Retratos medievales evidencian el uso de las gafas por primera vez en Italia. Con la invención de la imprenta en el siglo XV, se incrementó la demanda de gafas, y hacia 1629, a una corporación en Inglaterra, se le concedió el derecho de fabricación.

Mientras Europa se hacía lenta en su desarrollo por causa de la fuerza de sus conflictos, en otras civilizaciones contemporáneas que experimentaban avances, como fueron la bizantina, la china, la islámica y hasta los lejanos vikingos, hubo descubrimientos que tarde o temprano fueron fácilmente asimilados durante la baja Edad Media y que influyeron fuertemente en el Renacimiento europeo.

Una buena parte de la Edad Media en Europa se cataloga como el "Oscurantismo", y fruto de lo cual los avances no fueron autóctonos, salvo excepciones. Los más destacados fueron:

1. c. 600?: Molinos de viento para moler granos y regar agua construidos en Persia.
2. c. 760?: El sistema de numeración hindú, surgido hacia el s. III a.C., pasa al mundo árabe.
3. s. X: La brújula magnética es probablemente desarrollada por los chinos.
4. c. 1040?: Inventada la pólvora por los chinos para ser usada en fuegos artificiales. Primer explosivo conocido, formulada por R. Bacon.
5. c. 1050?: Inventados los tipos móviles de imprenta por los chinos.
6. c. 1202?: Los números arábigos son introducidos en Europa por el italiano Leonardo Pisano.
7. c. 1250?: Las armas de fuego aparecen en China, gracias al uso de la pólvora. En el s. XIV se fabricaban ya en Europa revolucionando el concepto de la guerra.

¹³ Línea del tiempo. Ciencia y tecnología. Microsoft ® Encarta ®.

8. c. 1300?: Lentes de vidrio para miopía y astigmatismo fabricados en Europa. Los bifocales en 1760 por indicación de Benjamín Franklin y los cilíndricos para el astigmatismo a fines del s. XIX.
9. s.XIII: La brújula magnética es generalizada entre navegantes.
10. s.XIII – s.XIV?: El torno de hilar es introducido en Europa proveniente de la India.

EL RENACIMIENTO Y LA ILUSTRACIÓN.¹⁴

Transcurrida la edad media (500 a 1400 d.C.), le sucede el Renacimiento, período en el que se desata un activo florecimiento de la vida artística e intelectual en Europa, dentro de ello la ingeniería y las ciencias. Época de marcadas rupturas con la tradición medieval que se inició en Italia antes de 1400 y paulatinamente, durante dos siglos, se fue ampliando hacia casi todo el resto de Europa.

Francis Bacon, el filósofo y científico inglés, opinaba que la imprenta, la pólvora y la brújula magnética, habían modificado la faz del mundo al viabilizar esta nueva era del arte y del saber.

Esas innovaciones vieron la luz en Asia y también formaron parte del intenso intercambio comercial con Europa a través de la Ruta de la Seda, restablecida por el emperador mongol Gengis Kan a partir del s.XIII (se había iniciado hacia el 100 a.C. con la dinastía china Han e interrumpida en el s.V).

Surgió así y con mucha fuerza un consumismo febril en las clases pudientes de Europa, que implicaba el intercambio de artículos de lujo y hasta la colección de objetos exóticos provenientes de Asia. Estas operaciones de comercio, haciendo uso también de las mejoras tecnológicas de la navegación, fueron impulsoras de enérgicos planes de investigación y exploración de la geografía, que se extendieron hasta las costas occidentales de África. Estas rutas fueron dando paso al conocimiento del mundo asiático incluidos valiosos aportes como la pólvora, la brújula, la imprenta, el horno de fundición, tecnología para elaborar seda, el papel moneda, el timón de codaste. Salían de Asia también té, sedas, porcelana, bambú, el juego de cartas, así como descubrimientos médicos o frutas como el limón o la naranja. De Europa salía lana, oro, plata, obras de arte, etc.

El profesor Lockard,¹⁵ de la Universidad de Wisconsin, expresa: “La globalización echó por vez primera sus raíces entre los siglos XI y XVI...” Ese intenso comercio a larga distancia entre Europa y Asia y el movimiento migratorio de especialistas en diversos campos fomentaron también la difusión de religiones, culturas y tecnologías. El islam llegó a extenderse desde Marruecos hasta Indonesia.

Durante el Renacimiento (s. XV y XVI) se iniciaron los grandes descubrimientos científicos y técnicos. Tuvo lugar, además, el encuentro con desconocidas culturas aparejado al fatídico sometimiento de nuevas tierras y seres a las metrópolis europeas. Lo caracteriza una nueva ética que se manifiesta en un pujante movimiento por la imitación de las formas clásicas, la afirmación de los valores del individuo promovida por una intensa preocupación por la vida secular (fuera de la iglesia) expresada en un creciente interés por el humanismo tomando como referencia los más humanos logros de las antiguas culturas griega y romana.

Fue la época en que se progresó en medicina y anatomía tras la traducción de obras de Hipócrates y Galeno y en matemática por las traducciones de los más avanzados tratados griegos. La geografía se vio enriquecida por las exploraciones y arribos a otras regiones del planeta.

Después de demostrada la redondez de la Tierra, predomina en Europa un clima de expansión geográfica, de avances más acelerados en el conocimiento y su creciente poderío imperial marcha asociado a la perspicacia comercial.

Aunque el Renacimiento comenzó como un intento por emular los logros de las antiguas Grecia y Roma, el amplio espíritu innovador y empresarial asociado al culto que se comenzaba a rendir (sin saberlo) a un ídolo que estaba en pañales y que se llamaría mercado, destinado a ser el regulador invisible de la sociedad según Adam Smith (s. XVIII), llevó a Europa, y ha llevado al mundo de hoy, mucho más lejos que sus antepasados clásicos. Aquella “suspiciencia comercial” es hoy una velada

¹⁴ Renacimiento y consumismo. Lisa Jardine. Microsoft ® Encarta © 2009.

¹⁵ Craig A. Lockard en “Asia siembra la semilla de la globalización”. Microsoft ® Encarta ®.

manifestación de salvajismo con las mismas raíces, pues sigue estando desprovista de humanismo. Familias comerciantes como los Medici, los Fugger y los Welser fueron artífices de un mercantilismo despiadado, monopolista y corrompido, antecesor del de hoy. Ya hemos visto sus frutos, y es que la predicha "mano invisible" reguladora no podrá ser paradigma de los sueños de tantos desposeídos en el planeta, quienes claman que el comercio sirva a los pueblos en sus necesidades y no sea la fuente de un mezquino y despiadado enriquecimiento. Adam Smith dio vida a un hermoso niño que luego se convirtió en bestia apocalíptica.

Por otra parte, en el Renacimiento se destacaron actores individuales que sentaron bases del desarrollo futuro en cuanto a la ciencia y la técnica: da Vinci, Copérnico, Galileo y Bacon.

Leonardo da Vinci (c.1452-1519), artista florentino y una de las figuras más importantes del Renacimiento. Incursionó exitosamente en la pintura, la escultura, la arquitectura, la ingeniería y la ciencia. Dio aportes en la meteorología, la geología y en la mecánica ideó el diseño de complejas máquinas, y en la hidráulica dio soluciones en canalización de ríos que aún son aplicables.

Su aporte pródigo e innovador en la pintura determinó la evolución del arte en Italia aún durante un siglo después de su muerte. Demostró un profundo amor al conocimiento y dedicado a la observación científica rigurosa, logró aportes en la investigación (anatomía, óptica, hidráulica, etc.) que fueron capaces de anticipar muchos de los logros de la ciencia moderna. Fue el primero en proponer, en 1508, el uso de lentes de contacto para corregir defectos visuales. Por todo ello ostenta el título de Homo universalis.

Nicolás Copérnico (c.1473-1543), astrónomo polaco, conocido por su teoría según la cual el Sol se encontraba en el centro del Universo y la Tierra, que giraba una vez al día sobre su eje, completaba cada año una vuelta alrededor de él. Este sistema, que sustituía al geocéntrico de Tolomeo, (s. II d.C.), fue propuesto en 1543 y recibió el nombre de heliocéntrico o centrado en el Sol y fue duramente criticado durante muchos años posteriores a su muerte. La Iglesia, en especial, desplegó su severidad sobre Galileo, uno de sus seguidores.

Galileo Galilei, (c.1564-1642), físico y astrónomo italiano cuya principal contribución a la astronomía fue el telescopio, con el que investigó la Luna, satélites de Júpiter, etc. En matemáticas creó un "compás" para cálculos matemáticos prácticos. En física descubrió las leyes de la caída de los cuerpos y del movimiento de los proyectiles, estudió el péndulo y resistencia de los materiales.

A partir de 1595 se inclina por el sistema de Copérnico como apoyo a su teoría de las mareas, basada en el movimiento de la Tierra, de modo que en 1609 comienza a fabricar telescopios, que contribuyeron también a las operaciones marítimas. Sus criterios sobre astros, cometas y las mareas fueron severamente criticados, censurados por la Iglesia al punto de citarlo a Roma ante la Inquisición para procesarlo por "sospecha grave de herejía" y finalmente es obligado, a la altura del año 1633, a abjurar sobre su posición en cuanto a la movilidad de la Tierra. Aún así, fue sancionado a prisión perpetua domiciliaria y algunos de sus libros quemados.

A pesar de todo, su trabajo, en conjunto con el astrónomo Kepler, fue un indetenible arranque en la revolución científica, básicamente la física, que culminó con la obra del físico inglés Isaac Newton.

Galileo es símbolo de la lucha contra la autoridad y de la libertad en la investigación. La vida le concedió a Copérnico la razón.

Francis Bacon (c.1561-1626), hijo de padres nobles, aristócrata inglés, canciller de Inglaterra y célebre filósofo. Estudia derecho, literatura y diplomacia. Reorganizó el método de estudio científico. Su filosofía planteaba que la gente es a la vez sierva e intérprete de la naturaleza, que la verdad no se deriva de la autoridad y que el conocimiento es fruto, primordialmente, de la experiencia. Opinaba que los científicos deben ser, ante todo, escépticos y no aceptar explicaciones que no se puedan probar empíricamente, que sus estudios deben realizarse por observaciones validables.

Registrabas datos científicos sobre infusiones estimulantes, narcóticos, agentes curativos como la acupuntura y la moxibustión (combustión de hierbas sobre la piel).

Importante obra suya fue *Novum organum*, publicada en 1620, donde aboga por eliminar prejuicios y actitudes preconcebidas, y se hace partidario del razonamiento inductivo otorgando gran importancia a la observación y a la experimentación.

Por ello, Bacon ha sido considerado precursor de la posterior revolución científica.

Al Renacimiento le sucedió, en Europa y entre la 2da. mitad del s.XVII y el final del s.XVIII, una etapa denominada la Ilustración, en la que muchos intelectuales convinieron en que todo puede ser desentrañado por la mente si ésta hace uso de la razón y de los métodos científicos, mentalidad que inspiró a Newton y a Pascal en el logro del hallazgo de importantes verdades de la naturaleza. Todas las esferas del conocimiento experimentaron avances promovidos por las novedosas teorías ilustradas.

LAS UNIVERSIDADES A PARTIR DEL RENACIMIENTO.¹⁶

La de Ferrara (1391), en Italia, contribuyó a transmitir las ideas humanísticas del Renacimiento.

La de Wittenberg (1502), principal portadora de las ideas de la Reforma.

La de Ginebra, Suiza, fundada en 1559 por Calvino, promotora de su teología.

La de Leiden, en los Países Bajos de hoy, fundada en 1575, centro de interés para la investigación de las ciencias emergentes.

En América, tras la conquista europea, la primera que se funda es la de Santo Domingo, en Rep. Dominicana, en 1538. Las de Lima y Méjico, en 1551. A fines del siglo XVI muchas ciudades de la América de habla hispana poseían colegios universitarios, seminarios y universidades.

En USA las de Harvard en 1636, Yale en 1701, Princeton en 1746, Columbia en 1754, Posteriormente la estatal de Rutgers y el Dartmouth College.

En Rusia se funda la Lomonosov de Moscú en 1755.

En los siglos XVII y XVIII tuvieron universidades muchas ciudades de la América hispana, incluida la fundada por los dominicos en 1728 en La Habana.

La Revolución Industrial dio pie al desarrollo impetuoso de la enseñanza superior en Europa, destacándose las de Alemania e Inglaterra.

Durante el s.XIX se fundaron las universidades canadienses de Toronto, Montreal y la McGill; y en Europa las de Berlín, San Petersburgo, Atenas, Bucarest y Sofía. En la India las de Calcuta, Bombay y Madrás, todas en 1857 y en una cierta vinculación con la de Londres. La de Pekín en 1896 y las japonesas de Tokio y Kioto a fines del siglo.

El s.XX fue de un amplio despliegue en todo el mundo, sobre todo a partir de la II Guerra Mundial. PRINCIPALES EVENTOS EN TORNO A LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DURANTE EL RENACIMIENTO Y LA ILUSTRACIÓN.¹⁷

1. 1450 – 1456: La imprenta es inventada por Johann Gutenberg.
2. 1489: Se introducen los signos + y – por el matemático alemán Johann Widman, que simplifican el estudio y la enseñanza de las matemáticas.
3. 1543: Teoría heliocéntrica del astrónomo polaco Nicolás Copérnico.
4. 1546: Escrito el libro *De re metallica* por el científico alemán Georgius Agricola. Sirvió por dos siglos como texto a ingenieros en mineralogía.
5. 1569: Desarrollado el sistema conocido hoy como “mercatoriano” para proyección de mapas por el geógrafo, cartógrafo y matemático flamenco Gerardus Mercator.
6. c. 1579?: Es usado el triángulo polar en la trigonometría esférica ppor el matemático francés François Viète. También haya fórmulas para las funciones trigonométricas de ángulos múltiples.

¹⁶ Universidades. Microsoft ® Encarta ®.

¹⁷ Línea del tiempo. Ciencia y tecnología. Microsoft ® Encarta ®.

7. 1585: Se asignan lugares decimales a valores inferiores a la unidad por el matemático holandés Simon Stevin. Llama primas, secundas y tercias a las décimas, centésimas y milésimas.

8. 1589: Es inventada una máquina para tejer medias por el clérigo inglés William Lee. Se le niega la patente y su uso en el extranjero logra introducirle mejoras.

9. c. 1589?: La velocidad durante la caída de los cuerpos aumenta continuamente. Demostrado por el físico y astrónomo italiano Galileo.

10. 1590: Es inventado el microscopio compuesto por el fabricante de lentes holandés Zacharias Janssen.

MARTIRIO DE GIORDANO BRUNO.- Nota discordante en medio del ambiente renacentista, señal de que faltaría mucho para alcanzar un humanismo verdaderamente justo. El 17 de febrero de 1600 fue asesinado en la hoguera éste matemático, astrónomo, filósofo y poeta italiano del Renacimiento tras negarse a retractarse de sus ideas por las que había sido acusado de hereje.

11. 1608: Se inventa el telescopio en Holanda. Aunque se discute la identidad del verdadero inventor, normalmente se le atribuye al fabricante de lentes holandés Hans Lippershey.

12. c. 1609?: El telescopio es usado por el físico y astrónomo italiano Galileo en las primeras observaciones y descubrimientos sobre los astros como la Luna, Venus, Júpiter y la Vía Láctea.

13. 1614: Es introducido el primer sistema de logaritmos por el matemático escocés John Napier.

14. 1620: La primera nave submarina es construida por el inventor holandés Cornelis Drebbel.

15. 1621: Se establece la ley de refracción de la luz (hoy ley de Snell) por el matemático holandés Willebrord van Roijen Snell.

16. 1624: Es compilada la primera tabla de logaritmos de base 10 por el matemático inglés Henry Briggs. Edita los logaritmos de los números 1 hasta 20.000 y de 90.000 hasta 100.000.

17. 1632: Es inventada la regla de cálculo por el matemático inglés William Oughtred.

18. 1637: Se sistematiza la geometría analítica por el filósofo y matemático francés René Descartes. Muestra cómo utilizar el álgebra para investigar la geometría de las curvas.

19. 1639: Es descubierta la geometría proyectiva por el ingeniero francés Gérard Desargues. Su desarrollo se retrasa en 2 siglos por la aparición de la geometría analítica.

20. 1642: Inventada la primera máquina mecánica de calcular por el matemático francés Pascal.

21. 1643: Descubierta la existencia de la presión atmosférica por el matemático y físico italiano Evangelista Torricelli. También inventa el barómetro de mercurio.

22. 1647: Formulada el principio de la transmisión de la presión en un fluido por el matemático y filósofo francés Blaise Pascal (el Principio de Pascal).

23. 1654: Los matemáticos franceses Blaise Pascal y Pierre de Fermat formulan la teoría de la probabilidad, importante para la física moderna así como para estadísticas matemáticas y sociales.

24. 1654: El físico alemán Otto von Guericke demuestra que existe la presión atmosférica con dos hemisferios de bronce huecos unidos formando una esfera a la que se le extrae el aire.

25. 1657: Reloj de péndulo creado por el astrónomo holandés Christiaan Huygens (1629-1695).

26. c. 1662?: Formulada, de forma independiente, la ley de compresibilidad de los gases (de Boyle-Mariotte) por el científico británico Robert Boyle y el físico francés Edme Mariotte.

27. 1668: Construido el primer telescopio reflector por el físico-matemático inglés I. Newton.

28. 1672: Perfeccionada la calculadora de Pascal e inventada otra que multiplica, divide y extrae raíces cuadradas por el matemático y filósofo alemán Leibniz.

29. 1675: Enumerados los principios del cálculo infinitesimal por Leibniz.

30. 1676: Formulada la ley de proporcionalidad entre fuerza y deformación de los cuerpos elásticos (hoy Ley de Hooke) por el científico inglés Robert Hooke.

31. 1687: Formuladas las leyes del movimiento y de la gravitación universal por Newton.
32. 1698: Construida la primera máquina de vapor por el ingeniero inglés Thomas Savery.
33. 1701: Inventada una barrena mecánica para sembrar por el agrónomo inglés Jethro Tull.
34. 1714: Inventado el termómetro de mercurio por el físico alemán Daniel G. Fahrenheit.
35. c. 1742?: Propuesta la escala de temperaturas centígradas por el astrónomo sueco Anders Celsius (escala Celsius).
36. 1745: Inventada la botella de Leyden (capacitor eléctrico elemental), por los físicos Pieter van Musschenbroek, de la Universidad de Leyden, y el alemán Ewald Georg von Kleist.
37. c. 1765?: Creada la geometría descriptiva por el matemático francés Gaspard Monge.
38. 1764: Inventada la hiladora mecánica (spinning Jenny) por James Hargreaves.

REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.^{18 19}

Mientras el estudio organizado de las ciencias y las tecnologías se extendía por el Nuevo Mundo y el resto de los continentes, comienza en Gran Bretaña un evento conocido como Revolución Industrial, cuyo punto de partida fue la aplicación en la industria de una máquina de vapor producto del ingenio de James Watt y Matthew Boulton en el año 1780.

ANTECEDENTES.- Hasta fines del siglo XVIII no existía la profesión de ingeniero como la conocemos hoy; se construía intuitivamente, sobre la base de ensayo y error, y al modo y estilo de los artesanos según la tradición heredada de maestros constructores en quienes se sintetizaban el arquitecto y el ingeniero y quienes, a pie de obra, orientaban a aprendices y operarios.

Durante los siglos XVI y XVII, en la Europa occidental y principalmente en Gran Bretaña, se fueron fomentando artesanalmente verdaderas fábricas para la producción de distintos tipos de bienes como jabón, cerveza, vestimentas, papel, pólvora, vidrio, hierro colado y armas de fuego. Los procesos de esas industrias eran basados, en su mayoría, en la operación individual de cada empleado, en su habilidad y su fuerza manual con el uso de herramientas y utensilios sencillos. En algunos establecimientos, sin embargo, se utilizaban grandes máquinas movidas hidráulicamente, lugares que no eran los más habituales productores pues la mayor producción era doméstica, sistema en el que se llevaba la materia prima para trabajar en casa y devolver los artículos terminados.

Las hiladoras mecánicas: la "spinning jenny", creada en 1764 por James Hargreaves, la de rodillos inventada por Richard Arkwright en 1769 o la "mula hilandera" de Samuel Crompton en 1779 fueron aportes a la mecanización de los procesos laborales manuales, innovaciones muy apropiadas para la aplicación de una nueva fuente de potencia mecánica: la máquina de vapor.

La puesta en explotación de la nueva máquina dio inicio a la Revolución Industrial, que constituyó el punto de partida para una transformación radical de una sociedad estancada por siglos en el aspecto productivo y en la que las tres cuartas partes de la población se dedicaba a la actividad agropecuaria aplicando el arado romano y el barbecho.

Según historiadores se usa el término para explicar los cambios en Inglaterra. Para referirse a su expansión por otros países europeos y Norteamérica en cada uno de sus momentos específicos hablan de la industrialización, que se generalizó en el s.XX, comenzando por Japón a principios del mismo.

Aquella no surgió en Inglaterra por casualidad, sino porque existían las condiciones idóneas: una base técnica apropiada, un fuerte apoyo institucional, una red comercial amplia, abundantes

¹⁸ Microsoft ® Encarta ®.

¹⁹ <http://www.monografias.com/trabajos12/revin/revin.shtml>

²⁰ Influencia mundial de la Revolución Industrial. Peter N. Stearns. Microsoft ® Encarta ®.

yacimientos de hierro y de coque, que sustituyó con eficiencia al carbón vegetal, el aumento de poder de la clase media, el régimen señorial en franca decadencia, la pérdida de valor de la tierra como fuente de riqueza y poder, y la estabilidad bancaria, entre otras.

La industrialización dio lugar, como principio básico, a la división del trabajo. También a la producción en serie, a la consecuente especialización de la mano de obra, en la que a cada trabajador se le asigna un cometido diferente, y a la interacción cada vez mayor entre la ciencia y la industria. Así mismo, dio inicio al cada vez más acelerado e indiscriminado uso de los recursos naturales, muchos de ellos no renovables, y también a serios problemas sociales que se derivaron directamente, a partir del maquinismo, del desarrollo impetuoso del capitalismo industrial. El ansia de lucro de la nueva burguesía industrial (inicialmente dedicada solo al comercio) y su carrera por una competitividad sin control, la llevó a implantar en sus recién estrenados talleres jornadas de 15 y 17 horas, reclutando también a niños que, a partir de 5 años de edad, se incorporaban por míseros salarios a talleres con pésimas condiciones de higiene. Los artesanos que trabajaban por su cuenta quebraban y tenían que incorporarse a las nuevas fábricas o engrosar las filas de desocupados que también crecían por el éxodo de campesinos que emigraban a las ciudades por causa de que las labores agrícolas también se estaba tecnificando haciéndose más productivas.

Todo esto provocó un nuevo cisma en la sociedad: Por una parte, poderosa, influyente, dueña de todos los medios estaba la burguesía, y en la peor parte los desposeídos, los que solo podían vender su fuerza laboral, los proletarios, que tomaron ese nombre porque su única propiedad eran sus hijos, es decir, su prole.

Con el pasar del tiempo pronto se hizo necesaria la conciencia de unificación de éstos últimos, lo que condujo al desarrollo de la clase obrera y sus movimientos de protesta, inspirados en la Revolución Francesa.

Por otra parte el proceso provocó que un cierto número de países o regiones quedara en desventaja al continuar con una agricultura no tecnificada. Ese desequilibrio entre ellos y los industrializados nunca desapareció y hoy sigue siendo cada vez mayor.

La aplicación de la ciencia a los procesos tecnológicos fue un aporte muy beneficioso para el aprovechamiento de la energía, la fuerza laboral y demás medios, pero en cierta medida perjudicial por la racionalización de mano de obra, los peligros y riesgos físicos y de salud. Esto plantea una disyuntiva entre el progreso y la humanidad del productor.

ALGUNAS DE LAS PRIMERAS ESCUELAS DE INGENIERÍA EN EUROPA Y USA. ^{21 22}

Las ideas del Renacimiento y de la Ilustración, así como las exigencias de la Revolución Industrial dieron pie a la creación acelerada de centros especializados sobre la experiencia que ya había en Europa de escuelas para las ciencias y para diversas ramas de la técnica. Las primeras escuelas de ingeniería en Francia, primeramente militares, comenzaron a perfilar la profesión como un arte, es decir, que los diferentes oficios exigían habilidades y destrezas bien elaboradas.

FRANCIA.- Bajo las ideas de la Ilustración (1650-1800) el rey Luis XIV inicia un reforzamiento del Estado con la creación de la Academia de Ciencias (1666), la fundación del Cuerpo de Ingeniería (1676) y la promoción de la manufactura y el comercio. Tras la Revolución Francesa se renueva la enseñanza técnica y se funda en 1794 la Escuela Politécnica, abierta a todo el pueblo y de severas sus pruebas de ingreso. Sus fuertes ciencias básicas acoplaban con todas las ingenierías. En 1794 se funda el Conservatorio de las Artes y Oficios, y en 1811, en Angers, la Escuela de Artes y Oficios, primera escuela técnica estatal de grado medio, para hijos de trabajadores. Formaba técnicos industriales de grado medio, claves en el desarrollo del país. En 1829 la Escuela Central de Artes y

²¹ La escuela de ingenieros industriales de Barcelona. www-ma1.upc.es/docencia/.../

²² El origen de las escuelas de artes y oficios en Galicia. El caso compostelano. F. Pereira y J. Sousa. p. 220-231. http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/0212-0267/article/view/6899/6881.

Manufacturas gradúa ingenieros industriales que fundaron la enseñanza industrial en España. Estatal desde 1859.

INGLATERRA.- "La Revolución Industrial fue realizada por cabezas duras y dedos inteligentes".²³

Aunque la Revolución Industrial surgió en Inglaterra, la vinculación del quehacer fabril con las ciencias surgió mucho después que en Francia. El ingeniero se hacía en el taller siguiendo la tradición de los artesanos enmarcados en una rígida, y típicamente inglesa, jerarquía de clases: eruditos, ciencias puras y clasicismo en la cúpula; los técnicos y los trabajadores manuales en los talleres y fábricas. Como compensación surgen asociaciones profesionales, con típicos nexos de interrelación y cooperación. Se destacó la Institución de Ingenieros Civiles (1818). Pronto se proliferaron y luego del auge del ferrocarril se especializaron en casos tales como la Institución de Ingenieros Mecánicos. Fue durante la segunda mitad del s. XIX que la ingeniería llegó a universidades como Glasgow, Dirham y Londres. El municipio de esta última apoyó el Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología.

ALEMANIA.- A finales del s.XVIII y principios del XIX predominaba aún la cultura de taller al estilo, digamos, de Inglaterra. Aunque la Politécnica de Francia ejerció un fuerte impacto en el ambiente cultural, no fue hasta 1809 que surgió en Berlín la llamada "universidad moderna", centro que combinaba docencia con investigación. Hacia 1820 diversas escuelas politécnicas se crearon en Berlín, Karksruhe, etc. De ellas salían ingenieros en electricidad, mecánica, química, construcción, etc., pero menos teóricos que los de la escuela de París. Realmente eran técnicos de grado medio que tuvieron gran influencia en el desarrollo industrial alemán. A finales del siglo esas escuelas ya tenían rango universitario y simultáneamente las universidades fueron incorporando las ingenierías. El fomento de tales escuelas se distinguió por combinar docencia, investigación, laboratorios y una constante relación con la realidad industrial, proceso que se hacía cada vez más complejo desde el punto de vista científico. Entre 1850 y 1900 Alemania e Inglaterra competían por la hegemonía industrial, lo que se reflejaba en la formación de sus respectivos ingenieros.

ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA.- Antes de su liberación, los ingenieros procedían del Imperio Inglés, su metrópolis. Su guerra de independencia los acercó a Francia, a quien pidieron apoyo técnico. Así crearon la Academia Militar de West Point en 1802. Las primeras obras civiles y minas fueron diseños europeos y de ingenieros militares de dicha academia.

Las experiencias francesa, británica y alemana fueron recogidas por universidades e institutos tecnológicos en los que se implantó la educación técnica por ley terminada la Guerra Civil (1861-65). Con un fuerte énfasis en la práctica y una gran potenciación de los laboratorios vinculaban a los estudiantes de ingeniería con el trabajo (Half time schools) sin descuidar la importancia de la teoría.

ESPAÑA.^{24 25} Por iniciativa de Felipe II, en 1582 se crea la Real Academia de Matemáticas de Madrid que, entre otras especialidades formaba arquitectos e ingenieros reconocidos.

En 1711 Felipe V crea el Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos, Plazas, Puertos y Fronteras. Para su formación se hace efectiva en 1720 la Real Escuela Matemática Militar de Barcelona, que toma carácter de escuela de ingeniería en 1739 con vistas a formar artilleros e ingenieros militares. Fue una de las instituciones militares precursoras de las actuales ingenierías civiles.

²³ Eric Ashby. (1958) Technology and the Academics.

²⁴ Historia de la Ingeniería Industrial en ESPAÑA Ing. Manuel Romero Velázquez, Ingeniero académico. España.http://usuarios.multimania.es/imoyasevich/ivan_data_1/01_ingindustrial_españa.htm.

²⁵ María jose bustos garrido en Archivo de la Univ. Politéc. de Madrid y Ing. Industrial (España) en Wikipedia, enciclopedia libre).

Carlos III crea en 1770 el Cuerpo de Ingenieros de la Marina en el puerto gallego de El Ferrol, y dos años después su Academia correspondiente. Hoy está enclavada en la Ciudad Universitaria de Madrid. También crea en 1772 la Academia de Ingenieros de la Armada.

En 1828 se funda en Alcoy el Establecimiento Científico Artístico por un gremio de la localidad, antecedente remoto de la actual Escuela Politécnica Superior, formadora de ingenieros industriales.

En el año 1850, por Real Decreto, se instaura el Real Instituto Industrial, que estableció escuelas en Madrid, Barcelona, Gijón, Sevilla, Valencia y Vergara, escuelas con tres niveles: elemental, de ampliación y superior. Aquél fue suprimido en 1866 subsistiendo solo la escuela de Barcelona.

La Ley de Instrucción Pública había reorganizado las enseñanzas técnicas en 1857 centrandolo en las áreas de conocimiento en aritmética, geometría, física, química, mecánica y construcción. Y con la creación de Escuelas Superiores de Ingenieros Industriales en Bilbao (1897) y en Madrid (1901) se consolida, junto con la de Barcelona, la formación de ingenieros industriales, misión educacional que tomó fuerza con los años y hoy está diversificada en todo el territorio español.

PRINCIPALES EVENTOS EN TORNO A LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DESPUÉS DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.²⁶

39. 1769: Patentada la máquina de vapor por James Watt y Mathew Boulton en Gran Bretaña.
40. 1789: Publicado el *Tratado elemental de química* por el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier (1743 – 1794), con el que se inicia la revolución de la química cuantitativa.
41. 1792: Introducido el gas del alumbrado por el inventor escocés William Murdock, utilizándolo en principio en su propia casa y en una fábrica.
42. 1795: El sistema métrico decimal es introducido y adoptado legalmente en Francia.
43. 1796: La prensa hidráulica es inventada por el ingeniero británico Joseph Bramah.
44. 1799: Presentado el teorema fundamental del álgebra por el matemático alemán Carl Gauss.
45. 1800: Desarrollado el generador de corriente eléctrica continua por el físico italiano Alessandro Volta, conocida hoy como la pila de Volta, precursora de la batería eléctrica.
46. 1801: Diseñado un telar automático controlado por delgadas placas perforadas que constituyen el patrón de la trama. La inventa el francés Joseph-Marie Jacquard.
47. 1801: Descubiertos los rayos ultravioletas por el físico alemán Johann Wilhelm Ritter.
48. 1803: Instalada la primera máquina eficaz de fabricar papel por los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier en Londres.
49. 1803: Demostrado el fenómeno de interferencia de la luz por el físico y médico británico Thomas Young, contribuyendo a la teoría ondulatoria de la luz.
50. 1803: Desarrollada la teoría atómica por el químico y físico británico John Dalton.
51. 1804: Construida la primera locomotora de vapor práctica por el ingeniero e inventor británico Richard Trevithick, aunque fue en 1829 cuando se pudo lograr una que transportara por vía férrea.
52. 1807: Construido el primer barco a vapor por el ingeniero estadounidense Robert Fulton.
53. 1809-1810: Construidos planeadores capaces de transportar un ser humano por el ingeniero aeronáutico e inventor británico George Cayley, padre de la aviación para sus compatriotas.
54. 1809: Formulada la ley de los gases (asociada hoy a su nombre) por el físico-químico francés J. L. Gay-Lussac.
55. 1811: Descubierta la ley (de Avogadro) por el físico y químico italiano Amedeo Avogadro: bajo temperatura, presión y volúmenes iguales todos los gases contienen igual número de moléculas.
56. 1813: Creado el actual sistema de notación química por el químico sueco Jöns J. Berzelius.

²⁶ Línea del tiempo. Ciencia y tecnología. Microsoft® Encarta®.

57. 1819: El estudio del electromagnetismo es iniciado por el físico danés Hans Christian Oersted.
58. 1820: Las calles de muchas ciudades de Europa y E.U. ya disponían de alumbrado por gas.
59. 1822: Introducidas las series trigonométricas por el matemático francés Joseph Fourier.
60. 1827: Realizadas las primeras fotografías por el físico francés Nicéphore Niépce.
61. 1827: Formulada la ley que relaciona voltaje, intensidad y resistencia eléctrica por el físico alemán Georg Simon Ohm (Ley de Ohm).
62. 1829: Fabricada la primera máquina de coser por el sastre francés Barthélemy Thimonnier.
63. 1830: Se inaugura la primera vía férrea pública usando máquina de vapor para transportar pasajeros y carga. Dirigieron el proyecto el ingeniero británico George Stephenson y su hijo Robert.
64. 1831: Descubre la inducción electromagnética el físico-químico británico Michael Faraday.
65. 1831: Ideada la primera segadora por el inventor estadounidense Cyrus McCormick.
66. 1833: La máquina analítica comienza a ser desarrollada por su inventor y matemático británico Charles Babbage, creación que pudo haber sido una auténtica computadora programable.
67. 1836-1837: La telegrafía es desarrollada por Samuel Morse (USA) y, en forma independiente, por el físico Charles Wheatstone (RU), en conjunto con el ingeniero William F. Cooke.
68. 1838: Ideado el alfabeto telegráfico (Morse) por el inventor Samuel F. B. Morse (USA).
69. 1839: Descubre la vulcanización del caucho el inventor estadounidense Charles Goodyear.
70. 1840: Deducido el equivalente mecánico del calor por el físico británico James Prescott Joule.
71. 1842: Primera ley de la termodinámica, establecida por el físico alemán Julius von Mayer.
72. 1848: Ideada la escala absoluta de temperatura por el físico y matemático británico William Thomson, lord Kelvin, hoy escala Kelvin, cuyo punto cero es la menor teóricamente posible.
73. 1850: Segunda ley de la termodinámica o segundo principio de la termodinámica enunciada por el físico matemático alemán Rudolf Emanuel Clausius.
74. 1852: Primer dirigible que logró volar. Construido por el ingeniero e inventor francés Henri Giffard. Movido por un motor de vapor de 2,2 kW sobrevoló París a 10 km/h.
75. 1854: Álgebra de Boole. George Boole, matemático y lógico británico propone un sistema algebraico aplicado a la lógica.
76. 1855: Mechero de gas Bunsen. De llama limpia y constante, inventado por el químico alemán Robert Bunsen y muy usado en laboratorios científicos.
77. 1855: Horno Bessemer para producir acero. El inventor británico Henry Bessemer obtiene acero a partir del arrabio eliminando impurezas con aire a presión.
78. 1857: Primer ascensor de pasajeros diseñado e instalado en USA por Elisha Graves Otis.

A partir de esa década se suceden, con frecuencia cada vez mayor, importantísimos aportes en la ciencia y la tecnología, que de hecho fueron haciéndose imprescindibles en los currículos de las enseñanzas tecnológica y universitaria. Una selección cronológica de ellos son: el espectroscopio, la ametralladora, la pasteurización, la dinamita, el celuloide, la pila seca, la máquina de escribir, el descubrimiento del helio en el espectro solar, la tabla periódica de los elementos, la teoría electromagnética de la luz, la adopción generalizada del sistema métrico decimal, los fundamentos de la química física, el primer teléfono, el motor de combustión interna, el fonógrafo, el tubo de rayos catódicos, la lámpara incandescente, la iluminación eléctrica, la pizelectricidad, la cinematografía, la central electro-energética, la electrolisis, la adopción del meridiano de Greenwich, la pluma estilográfica, el automóvil de gasolina, el submarino eléctrico, la existencia de las ondas electromagnéticas, la llanta neumática inflable, la cámara para filmar en rollos, generación y transmisión de corriente alterna, tarjetas perforadas para datos, teoría de conjuntos matemáticos, el motor Diesel, telegrafía sin hilos, los rayos X, el cinematógrafo, la radiactividad, el descubrimiento del radio y el polonio, y la teoría cuántica en 1900.

Con la implantación de los Premios Nobel a partir de 1901 se han reconocido los aportes más notables de cada año en Física, Química, en Economía a partir de 1969 y en otras disciplinas.²⁷

SURGIMIENTO DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL.^{28 29 30 31}

El concepto original fue la Ingeniería de Organización, que surge a consecuencia de la Revolución Industrial y fuertemente vinculada a la organización de la industria para abordar primeramente la dirección de la fábrica o taller con la consecuente necesidad de racionalizar los procesos productivos. Su primer pensador reconocido fue el filósofo y economista político escocés Adam Smith (1723-1790). Sus planteamientos teóricos sobre la organización de la industria se orientaban a lograr beneficios con el uso de utillajes y herramientas, y con la división y especialización del trabajo. En el sentido práctico, podría considerarse como el primero entre los pioneros al inglés Sir Richard Arkwright (1732-1792), inventor del torno de hilar mecánico y que, además, estableció el primer sistema de control administrativo para regular la producción de los empleados de las fábricas.

Otro precursor fue el también inglés Charles Babbage (1791-1871), inventor de una calculadora diferencial, editó el libro "La Economía de Maquinaria y Manufacturas" (1832), publicó sus sistemas analíticos para mejorar las operaciones, que fueron los más avanzados, por décadas, en el tratamiento de la productividad. Fue distribuido ampliamente por Europa y USA.

Conocido como el padre de la administración científica, el norteamericano Frederick Winslow Taylor (1856-1915) es considerado una de las personalidades más importantes en la ingeniería de organización. Dedicó la mayor parte de sus esfuerzos a hallar la mejor manera de realizar el trabajo a través del estudio de movimiento y tiempo en la forma más adecuada de racionalizar el trabajo del obrero y de que sea remunerado según el incremento de la productividad. De mecánico de taller pasó rápidamente a jefe de taller por la eficiencia de sus métodos de trabajo. Estudió ingeniería y fue ingeniero jefe en una siderurgia importante. Registró unas cincuenta patentes de invenciones en máquinas, en herramientas y en procesos de trabajo. Escribió varios libros y a causa de la efectividad de sus propuestas hoy se conoce como taylorismo a la organización científica del trabajo.

Otro pionero, que paralelamente dio un gran aporte a las bases de la ingeniería industrial fue Henri Fayol (Estambul, 1841 - París, 1925), quien aportó a la teoría de la organización del trabajo por medio de sus 14 principios de la administración. Escribió *Administration industrielle et générale*, en el cual describe su filosofía y sus propuestas. Fue ingeniero en una importante sociedad anónima minero-metalúrgica de Francia.

Otros norteamericanos que contribuyeron a dar forma a la Ingeniería Industrial fueron:

Frank Bunker Gilbreth y Lillian Moller Gilbreth, uno de los grandes equipos matrimoniales de la ciencia y la ingeniería. Iniciado el s.XX colaboran en el estudio de los movimientos como una técnica de la ingeniería y de la dirección. Frank Gilbreth prestó especial atención a la relación entre la posición y el esfuerzo humano. Ambos ampliaron sus análisis de movimientos a otros campos y fueron pioneros en filmación de movimientos para estudios de tareas y obreros. Estudió los micro-movimientos, descomposición del trabajo en elementos fundamentales (therbligs).

Grandes fueron sus aportes en asistencia a los minusválidos, estudios de concesiones por fatiga, organización del hogar y similares. Gilbreth es considerado el padre del eficientismo.

Henry L. Gantt, ingeniero que colaboró con Taylor, fijó las primeras técnicas de programación de la producción y como consultor desarrolló en forma impactante la filosofía de dirección empresarial. Sus más valiosos aportes se relacionaron con el adiestramiento y una consideración mayor a los obreros,

²⁷ Premios Nobel. Microsoft® Encarta®

²⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenieria>. El ingeniero.

²⁹ Los orígenes de la ingeniería industrial. José L. Carrión. sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/.../indata/.../ingenieria.htm.

³⁰ <http://www.publispain.com/revista/biografia-de-frederick-taylor.htm>.

³¹ <http://antiguo.itson.mx/dii/anaranjo/metodo-4.htm>.

la motivación de los mismos al desarrollo de planes y primas, así como su incentivación. También fueron de relevancia su reconocimiento de la responsabilidad social de las industrias y sus métodos para controlar los resultados de la gestión con el uso de gráficos y otras técnicas.

Otros que surgieron posteriormente fueron Harrington Emerson, que defendió las operaciones eficientes y el pago extra por el incremento productivo. Entre sus aportes está el Plan Emerson de primas por eficiencia, un plan de incentivos para garantizar un salario diario básico y una escala de primas graduadas. Postuló doce principios para la eficiencia, que abordan valores éticos, estimulaciones y la normalización para un buen número de actividades, documentos y medios materiales.

H. B. Maynard desarrolló la Ingeniería de Métodos, un concepto que abarca muchos aspectos del trabajo de métodos como un intento primario para la solución de problemas industriales, los cuales abrieron una era de intenso trabajo en los campos de los métodos y de la simplificación del trabajo.

Henry Ford, creador de las cadenas de producción modernas utilizadas en la producción en serie. A partir de 1914 adopta la jornada de 8 horas, un jornal mínimo y conceptos nuevos sobre remuneración y estimulaciones.

Morley H. Mathewson, en su Manual de Ingeniería Industrial resume las funciones de la tradicional Ingeniería Industrial como un prelude para la discusión de algunos campos de más amplio énfasis para los ingenieros industriales. Abordó temas como: Ingeniería de Métodos, medida del trabajo, determinación de controles (de producción, de existencias, de calidad, de costos y presupuestario), evaluación de puestos y salarios, y diseño e instalación de fábricas.

Finalmente, Wojciech Jastrzebowski (1799 1882), científico polaco que, preocupado por las condiciones de seguridad, higiene y confort en el trabajo, que surgieron con el desarrollo de la industria, introdujo el término ergonomía hace más de 120 años. Es una ciencia joven que surgió para facilitar al personal militar en la II Guerra Mundial el enfrentamiento a equipos complejos y confusos. Para abordar el problema se crearon equipos con psicólogos, fisiólogos, antropólogos e ingenieros, involucrando así a todas las disciplinas capaces de aportar a partir de cada uno de sus enfoques.

Aplicar la ergonomía requiere de una buena capacidad de relación interdisciplinaria, un agudo espíritu analítico, un alto grado de síntesis creativa, los imprescindibles conocimientos científicos y, por encima de todo, una firme decisión de ayudar a los trabajadores a que su labor sea lo menos fatigosa posible y que les produzca satisfacción así como a la sociedad.

La Ingeniería Industrial está siendo aplicada en creciente medida a la consideración de problemas ambientales del hombre (sociales, económicos, políticos y ecológicos) en consonancia con su preocupación por el obrero como individuo. Para un ingeniero industrial es un reto adentrarse en la aplicación de sus capacidades y esfuerzos en la solución de problemas inherentes a estos campos que se están convirtiendo hoy en foco de atención y de preocupación de toda la humanidad.

CONCEPTUALIZACIÓN CONTEMPORÁNEA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL.^{32 33 34 35 36 37 38}

La Ingeniería Industrial se ha definido como la ciencia de la organización y los métodos dentro de los procesos industriales. Se ocupa concretamente de implantar, desarrollar, optimizar y evaluar sistemas en los que participan personas, dinero, información, conocimientos, equipos, energía, materiales y procesos. Mejora prototipos a la vez que ahorra recursos. Aplica los principios y métodos de análisis y síntesis del diseño del producto para definir, predecir y analizar resultados. Se relaciona

³² Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. <http://eii.pucv.cl/estudia-con-nosotros/que-es-la-ingenieria-industrial/>

³³ Enciclopedia libre. Ingeniería Industrial (España). [http://es.wikipedia.org/wiki/ Ingeniería industrial \(España\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenieria_industrial_(Espana)) Enciclopedia libre.

³⁴ Introducción a la ingeniería industrial. Iván Escalona Moreno. www.gestiopolis.com/recursos/.../introalaih.htm.

³⁵ <http://eii.pucv.cl/estudia-con-nosotros/que-es-la-ingenieria-industrial/>.

³⁶ [es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenieria_industrial).

³⁷ Breve historia de la Ingeniería Industrial - Marco A. León. [p://www.monografias.com/trabajos14/historiaingenieria/historiaingenieria.zip](http://www.monografias.com/trabajos14/historiaingenieria/historiaingenieria.zip).

³⁸ Sobre el ingeniero: •Stross, R., Planet Google, Free Press, New York, USA, 2008.

http://usuarios.multimania.es/imoyasevich/ivan_data_1/01_ingindustrial_origen.htm.

estrechamente con los sistemas de información, la planificación estratégica y la gestión de conocimientos, la gestión de recursos humanos y empresariales, con la gestión de operaciones y con los procesos de manufactura en función de eliminar el derroche de recursos. Aplica e interpreta con carácter científico los resultados de la experiencia y la investigación en la conservación de equipos.

Su aplicación se extiende a los sectores de servicios, a las gestiones de la administración, suministro, transporte y distribución, a la ergonomía, a la gestión de la calidad y a la reingeniería de los procesos. También se aplica a los sistemas bancarios, las emergencias y todo tipo de operaciones en centros de salud, en las líneas de espera en hospitales, bancos y hasta en sistemas del tránsito. Se auxilia mucho de la estadística, la probabilidad, y los simuladores informáticos y de eventos específicos para su evaluación. Es una de las carreras en que más se aplica la interdisciplinariedad por el contenido abarcador de su currículo y lo altamente relacionada que está con el desarrollo de otras especialidades.

La meta de la ingeniería industrial es el mejorar el "cómo", y para ello ha de apoyarse en las destrezas y conocimientos especializados relacionados con las ciencias matemáticas, físicas, y sociales, ligados a los principios de diseño y análisis propios de la ingeniería.

Para ejercerla exitosamente se debe poseer una buena capacidad de relación interdisciplinaria, un agudo espíritu analítico, un alto grado de síntesis creativa, los imprescindibles conocimientos científicos y, sobre todo, una firme voluntad de ayudar al resto de los trabajadores a lograr que su labor sea lo menos fatigante posible y que produzca una mayor satisfacción tanto en ellos mismos como en la sociedad en su conjunto.

Se necesita también una alta sensibilidad ante los problemas del medio ambiente. Al principio se habló que sin transformación del entorno no habría expresión de la vida humana. Es inherente, por tanto, al hombre "señorearse sobre la creación" como reza el texto bíblico de Génesis 1.28. Sería bueno, entonces, meditar en qué medida somos eficientes administradores de la hermosa obra que Dios ha regalado a los habitantes de la Tierra, nuestra única, agredida y sufriente casa-nave. Ejercer cualquier ingeniería es una altísima responsabilidad que debe traducirse en un respeto profundo por la naturaleza, y dentro de ella por nuestro semejante: el otro.
