

## Influence of Engineering in the Commercial Development of Mankind: Modern Age

## Influência de Engenharia no Desenvolvimento Comercial da Humanidade: Idade Moderna

## Influencia de la Ingeniería en el Desarrollo Comercial de la Humanidad: Edad Moderna

Ana María Saravia G.

Luisa Fernanda Amorim

Grupo de investigación de Sociedade do Conhecimento, SOÇA, Brasil  
gruposoca@latinmail.com

(Artículo de REVISIÓN. Recibido el 10/02/2011. Aprobado el 15/05/2011)

### Abstract

Basically, trade is the exchange of goods, services or both. But in the same way, in order to develop trade, we need the support and development of specific areas such as providing engineering. In this paper a description of the influence of engineering in the development of world trade in the Modern Age.

### Resumo

Basicamente, o comércio é a troca de bens, serviços ou ambos. Mas da mesma forma, a fim de desenvolver o comércio, precisamos do apoio e desenvolvimento de áreas específicas, tais como o fornecimento de engenharia. Nesse trabalho, uma descrição da influência da engenharia no desenvolvimento do comércio mundial na era moderna.

### Resumen

Básicamente, el comercio es el intercambio de mercancías, de servicios o de ambos. Pero de la misma manera, para poder desarrollar el comercio, se necesita de la ayuda y el desarrollo de áreas específicas como las que brinda la ingeniería. En este trabajo se hace una descripción de la influencia de la ingeniería en el desarrollo del comercio mundial en la Edad Moderna.

**Keywords:** Engineering, trade, exchange, money, goods and services, Modern Age.

**Palavras-chave:** engenharia, dinheiro, comércio, bens e serviços, Idade Moderna.

**Palabras clave:** Ingeniería, comercio, intercambio, dinero, bienes y servicios, Edad Moderna.

### 1. Introducción

La importancia del desarrollo de la ingeniería en las relaciones políticas, comerciales y culturales en el mundo fue primordial para lograr el desarrollo integral de las naciones. En lo comercial, no existe una nación considerada autosuficiente que no requiera del concurso y el apoyo de otros países; inclusive las naciones más poderosas necesitan recursos de los que carecen y que, a través de negociaciones y acuerdos, logran para satisfacer sus necesidades y carencias.

Los aportes de la ingeniería al desarrollo mundial del comercio son notables, brindó el soporte para que las naciones, desde los orígenes mismos de las actividades de intercambio, llevaran a cabo las negociaciones que le permitiera a las sociedades primitivas mejorar sus niveles de vida, y les propició su desarrollo. A medida que la ingeniería progresa, sus aportes se hacen a mayor escala, y el comercio llega a convertirse en motor esencial de progreso, al punto que se restringen otras áreas de desarrollo debido a que pierden vigencia ante éste. En la Era Moderna esto no fue la excepción.

La Era Moderna, o historia moderna, describe la línea de tiempo histórica después de la Edad Media. En 1453 los turcos se toman Constantinopla, lo que origina la caída definitiva del Imperio Romano de Oriente, y este acontecimiento lo utilizan los

historiadores para dar por finalizada la Historia Antigua e iniciar la Moderna. La historia moderna se puede desglosar en Edad Moderna Temprana y Edad Moderna tardía, y describe el transcurso de los acontecimientos históricos que son de interés inmediato para el momento actual.

La Era Moderna inicia aproximadamente en el siglo XVI [1], [2]. Grandes eventos hicieron que el mundo occidental cambiara hacia finales de dicho siglo, empezando con la caída de Constantinopla en 1453, la caída de la España musulmana y el descubrimiento de las Américas en 1492, la Reforma Protestante de Martin Luther en 1517, y el conocimiento y aplicación de una serie de inventos y productos ingenieriles, algunos de ellos traídos de Oriente. En Inglaterra, la Era Moderna a menudo se data con el inicio del período de los Tudor, con la victoria de Enrique VII sobre Ricardo III en la batalla de Bosworth en 1485 [3], [4]. La historia moderna temprana europea generalmente se considera que abarca desde finales del siglo XV, a través de la Edad de la Razon y la Ilustración de los siglos XVII y XVIII, hasta el comienzo de la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII, y la Revolución Francesa de 1789, en un período de casi 350 años.

El presente trabajo es fruto del desarrollo de una investigación bibliográfica, y su objetivo es realizar un análisis a la influencia que la ingeniería tuvo en el

desarrollo del comercio desde la antigüedad hasta comienzos del siglo XIX. En él se analiza la historia del comercio y el impacto que para su desarrollo tuvo cada aporte ingenieril en cada momento de la historia. En esta entrega se describe la relación entre la producción ingenieril y el desarrollo del comercio en la Edad Moderna.

## **2. Características generales del comercio y la ingeniería en la edad moderna**

### **2.1 El proteccionismo**

Con la Edad Moderna apareció el comercio oceánico y en él adquieren supremacía españoles, lusitanos, neerlandeses e ingleses. Al mismo tiempo se originan las grandes monarquías europeas, que toman a su cargo la protección y dirección del comercio, dictando leyes que llegan a constituir sistemas nacionales. Con el fin de fomentar la producción y la exportación, los Estados adoptan medidas proteccionistas, y el primer Código de este género fue el Acta de Navegación de Cromwell en 1651 [5]. A raíz de estas medidas con base en el monopolio, la restricción y la prohibición, nació el sistema aduanero que los franceses llamaron colbertismo, por haberlo implantado en Francia el ministro Colbert. Aparecieron también los tratados internacionales de comercio y navegación que daban a los traficantes múltiples garantías [6].

### **2.2 Objetos e instrumentos de tráfico**

Las importaciones aumentaron en Europa durante este período. La lista de las mercancías asiáticas se modificó: las drogas, las gemas y las perlas pasaron a segunda línea; en cambio obtuvieron el primer lugar en los mercados europeos: el azúcar, el café, el trigo, el arroz, el algodón y el té, trasplantados con óptimos resultados desde América [7]. También se traían los productos indígenas: tabaco, cacao, añil, maíz, patatas, sustancias medicinales, oro, plata, etc. [8]. Pero la abundancia de los metales preciosos, importados del Nuevo Continente, rebajó considerablemente el valor de la moneda y produjo un alza en los precios. El tráfico de negros, iniciado ya sistemáticamente por los portugueses en 1340, tomó gran incremento [9].

A pesar del descubrimiento de América, los países europeos no descuidaron el comercio del Oriente por el Mediterráneo. A este fin, y con el objeto de combatir la piratería musulmana, se fundó en 1585 la Liga de los puertos provenzales, que envió embajadores al gran Sultán. Notables, aunque inútiles, fueron también los esfuerzos diplomáticos de Luis XIV para tratar con los turcos, a fin de dar paso al comercio francés para la India [10].

Luego de establecer el tráfico continuo con América, las exportaciones europeas aumentaron, pero no tanto como las importaciones, que consistían comúnmente de productos industriales [11]. Las manufacturas recibían especial estímulo, pero la agricultura estaba en pésimas condiciones por el

servilismo del trabajo y del suelo. Enormes territorios quedaban incultos. Una de las industrias que más progresó fue la de construcciones navales, siendo famosos los astilleros holandeses [12]. El tráfico terrestre disminuyó ante la primacía del comercio oceánico, pero siguieron celebrándose las grandes ferias instauradas en la Edad Media.

Los correos se regularizaron en toda Europa; Luis XI de Francia había sido el primero en convertirlos en una institución pública en 1464; a partir del siglo XVI, en Francia fueron monopolio del Estado. En esta época se comenzó a regularizar el crédito y hubo bancos del Estado en todos los países un tanto civilizados. Se restringió el uso de los metales preciosos y se estableció el debe y el haber de las cuentas corrientes [13]. Se difundió la letra de cambio, que llegó a ser un título perfectamente negociable a la orden y a la vista. En 1694 se fundó en Inglaterra el primer Banco de emisión y descuento. La primera ciudad que estableció una Bolsa de contratación fue Brujas. El derecho mercantil, con base en las costumbres establecidas principalmente por las ciudades italianas, los Países Bajos y el Ansa germánica, fue consolidándose, llegando a la institución de tribunales especiales para la decisión de los litigios mercantiles [14].

### **2.3 El desarrollo de la Ingeniería y de las ciencias**

La edad moderna fue un período de importante desarrollo en los campos de la ciencia, la política, la guerra, la tecnología y la ingeniería [15]. También fue una época de descubrimiento y globalización. Durante este lapso de tiempo las potencias europeas, y más tarde sus colonias, comenzaron una colonización política, económica y cultural del resto del mundo [16]. La edad moderna está estrechamente asociada con el desarrollo del individualismo, el capitalismo, la urbanización y la creencia en las posibilidades positivas de los progresos tecnológicos y políticos [17]. Las guerras brutales y otros problemas de esta época, muchos de los cuales proceden de los efectos de los rápidos cambios y la pérdida de fuerza de las religiones tradicionales y las normas éticas, dieron lugar a numerosas reacciones en contra del desarrollo moderno [5].

## **3. Las naciones**

### **3.1 Portugueses y españoles**

*Tráfico con Oriente.* De acuerdo con las ideas jurídicas y comerciales de la época, los portugueses se reservaron la exclusividad de navegar por los rumbos que habían descubierto en Oriente. Las principales plazas de su comercio fueron Mozambique, de donde obtenían marfil, oro, ébano, esclavos, algodón, etc.; Socotora, a la entrada del golfo Árabe, de donde embarcaban aloe, dátiles y perfumes; Ormuz, adonde confluían los productos de Siria y de Mesopotamia, y los puertos de la India. Aunque en virtud de la famosa línea de demarcación fijada por el papa Alejandro VI [18], los portugueses conquistaron el inmenso territorio del Brasil, los

holandeses les impidieron establecer en América un comercio importante. De todos modos, su tráfico de esclavos con el Nuevo Mundo fue muy activo. Como antes Venecia, Lisboa fue el principal intermediario del comercio oriental, que ya no se hacía por los puertos mediterráneos, sino directamente por los mares del Sur. Pero en su propia casa los portugueses fueron suplantados en tal tráfico por los extranjeros, sobre todo por ingleses y neerlandeses, y al incorporarse Portugal a la Corona de España en la persona de Felipe II tras la batalla de Alcazarquivir [19], se inició definitivamente su decadencia comercial.

*El comercio español.* Los españoles desatendieron el comercio por su amor a las glorias militares. Su educación y carácter los disponían más para la conquista y la búsqueda de tesoros fabulosos, que para la colonización de los inmensos territorios que iban descubriendo. El conquistador fue un verdadero profesional, que no deseaba sino aventuras y hallazgos milagrosos [20], a pesar de los buenos intentos de algunos monarcas que recomendaban a los colonos atendieran, no sólo al honor nacional y al respeto de la fe, sino también al cultivo de los campos, el conocimiento, la cultura y la ciencia que se encontrarán.

Sin embargo, los Reyes Católicos, al considerar el porvenir que se ofrecía a sus reinos, fomentaron mucho la marina mercante, prometiendo primas especiales a los ingenieros que construyeran naves de más de 600 toneladas [21], y prohibiendo el transporte en barcos extranjeros cuando los españoles estaban disponibles en el mismo puerto. A principios del siglo XVI, la flota mercante española contaba con cerca de un millar de unidades. Los puertos de Vizcaya y Guipúzcoa exportaban minerales a Inglaterra y a Flandes. El litoral mediterráneo era visitado por los genoveses, que tenían en él numerosas casas de cambio. El comercio español con América era activo; pero los extranjeros se aprovechaban de él más que los mismos españoles, por lo que los capitales, inclusive antes de la conquista de América, estaban en constante emigración. Esta emigración era el resultado inmediato de la expulsión de judíos, decretada en 1492 por los Reyes Católicos. En 1499 se dictó, para evitar la salida de metales, una ley que prohibía a los extranjeros ser cambistas. Pero, a pesar de esa ley, los genoveses eran, en 1528, dueños de los grandes negocios, no sólo en la parte oriental de la Península, sino en el resto de ella: hacían fuertes préstamos, se habían apoderado del tráfico de la seda, monopolizaban el comercio interior de cereales, de lanas y de acero, y algunas aduanas se hallaban en sus manos [22]. Las exportaciones a las colonias consistían en materiales de construcción, granos, pieles y cuantas manufacturas se hacían en Castilla. Además, controlaban el tráfico de conocimiento para las construcciones navales, el aprovechamiento del acero en máquinas militares y en ingeniería civil [23].

En 1542, Carlos V organizó el tráfico de las Indias Occidentales, excluyendo de él a quienes no pertenecieran a la Corona de Castilla, con graves daños para los puertos que no se incluían en ese reino, y haciéndolo circular por un cauce único: la Casa de Contratación de Sevilla. Cádiz compartió más tarde con Sevilla el monopolio del tráfico con América. El único fin de esta centralización era obtener de las colonias la mayor cantidad posible de metales preciosos. Las colonias debían pagar un tributo no menor de 42.000.000 de francos a la metrópoli. El monopolio excesivo del comercio y la fama de las cantidades de oro que afluían a la Península, extraídas por esclavos negros en las minas del Perú, suscitaron la codicia de los navegantes neerlandeses e ingleses que ejercían el contrabando a gran escala [24]. Para este desarrollo mercantil fue fundamental la labor de los ingenieros navales, quienes habían obtenido su conocimiento de los árabes y que ahora lo aplicaban en construcción de puertos más grandes y seguros, lo mismo que de naves de mayor capacidad y alcance para las travesías al nuevo continente [25].

*Causas de la decadencia española.* Las guerras de conquista, las de religión, la emigración a América, la expulsión de hebreos y moriscos, en quienes radicaban las industrias agrícolas y manufactureras del país –por ser ingenieros consumados–, y el sistema de colonización a base de monopolios, prohibiciones y privilegios, determinaron la despoblación y decadencia de España, que a pesar de su inmenso imperio colonial se vio reducida a la miseria, al atraso tecnológico y a la deserción de los grandes inventores. En 1713, Felipe V intentó sacar al país de su postración, ordenando plantaciones, mejorando las vías de comunicación, aboliendo aduanas e instituyendo nuevas manufacturas. Entre 1759 y 1788, Carlos III reguló el servicio postal, abrió las hoy llamadas carreteras reales, garantizó la seguridad pública y construyó canales y puertos [26]. Todas las antiguas nacionalidades ibéricas fueron admitidas al tráfico con América y a la colonización: se fundaron varias Compañías comerciales y se instituyó una línea de barcos correos que mensualmente partían para Cuba, Puerto Rico y La Plata. Emulando lo hecho antes por los Ptolomeos en Alejandría, instauró un plan de recuperación de científicos y nacionalización del conocimiento, con el objetivo de recuperar la ingeniería gloriosa que antes poseía la nación. Pero todos estos elementos de progreso llegaron un poco tarde, y a pesar de la laboriosa reorganización del país y de las colonias, de donde desaparecieron los abusos de mayor gravedad, el comercio desarrollo español no llegó a recuperar lo perdido [8].

### 3.2 Los Países Bajos

*Guerras económicas.* Una disposición de Felipe II, posterior a las guerras que España sostuvo en Flandes, prohibía todo comercio entre Holanda y la Península. Los holandeses, en vez de surtirse en Lisboa de los

productos orientales y mediterráneos, se vieron obligados a utilizar efectuar rutas cada vez más largas. En 1598, una flota holandesa llegó a Java, al mando de Van Neck, y se apoderó de algunos de los establecimientos que los portugueses tenían en las Molucas [27]. Desde entonces comenzó la sangrienta lucha entre lusitanos y neerlandeses en Oriente, siendo su único fin la hegemonía comercial. En 1615 los portugueses fueron expulsados de Amboyno; en 1651, de Malaca; en 1658, de Ceilán, y en 1660, de la Célebes.

*La supremacía holandesa.* El comercio oriental le propició a Holanda grandes riquezas cuyo centro era Batavia. Para explotar ese tráfico se fundó en 1602 la Compañía Holandesa de las Indias Orientales, autorizada por el Estado. En 1621, se fundó otra Compañía similar por los neerlandeses para el comercio de las Indias Occidentales, cuando hacía ya treinta años del establecimiento en la Guayana y luego de haber descubierto Hudson la bahía que lleva su nombre. En el Nuevo Mundo los holandeses se distinguieron como contrabandistas. En África colonizaron los establecimientos de Angola y del Cabo, de donde sacaban grandísimas cantidades de oro y numerosos esclavos. El desarrollo de las ciencias y la ingeniería como soporte comercial no ofrece relevancia para Holanda, ya que sus logros fueron más producto de la copia y el rapto que de producción propia [28]. Ya fuera en lo naval, lo civil o lo militar, su ingeniería no pasó de ser un plagio de las naciones que comenzaron antes que ellos el desarrollo de dichas áreas para el comercio y el progreso [29]. Ante la supremacía comercial de Holanda, los demás países europeos rivalizaban en hostilizarla. El Acta de Navegación de Cromwell, que acentuó el sentido proteccionista de Inglaterra, y las guerras sucesivas con este país y con Francia, que acabaron con sus colonias americanas, aceleraron la ruina exterior de Holanda.

### 3.3 La Gran Bretaña

*Comienzos de la hegemonía inglesa.* Destruída la Armada Invencible que Felipe II enviara a Inglaterra (1588), se afirmó la preponderancia naval británica. Sus naves, que habían explorado la América septentrional, hicieron muchos viajes de conquista durante el reinado de Isabel y fundaron las primeras bases de un vastísimo imperio colonial. La decadencia de Amberes favoreció, no sólo a Ámsterdam, sino también a Londres, que la suplantó en el comercio por el Mar del Norte. En 1576 se fundó la primera Bolsa inglesa de contratación. Se formaron dos Compañías para colonizar los territorios descubiertos en América: la de Londres, para la parte meridional de los mismos, llamada Virginia, y la Compañía de Plymouth, para la región septentrional. En 1601 se formó la Compañía de comerciantes de la India Oriental, que estableció factorías en Java, las Molucas y el Malabar. En 1636 esta Compañía, que había vencido la competencia del Ansa germánica, obtuvo licencia para traficar en Bengala, y fundó factorías en

Madrás, Calcuta y Bombay [30]. Un siglo más tarde se fundó en Inglaterra la famosa Compañía monopolizadora del Mar del Sur para el comercio de Suramérica. Esta Sociedad, por haber asumido el débito del Estado y haberse prestado a especulaciones ilegales, llevó a la bancarrota a la mayoría de los capitalistas ingleses.

*El "Acta de Navegación".* Les faltaba a los ingleses vencer la competencia holandesa, y Cromwell lo consiguió con su Acta de Navegación [31], por la cual: 1) se prohibía a los extranjeros el cabotaje en las Islas Británicas; 2) se imponían graves tributos a la pesca que los extranjeros vendían en Inglaterra; 3) se reservaba a los nacionales el comercio con las colonias; 4) el comercio europeo se regulaba de manera que sólo lo podían efectuar naves inglesas o del país de origen, y 5) el comercio mundial, o sea el de Asia, África y América no coloniales, se declaraba monopolio, y las mercaderías se debían traer directamente del país de origen. Esta ordenación se mantuvo vigente hasta 1849 [8].

*Caracteres de la industria y del comercio inglés.* Al propio tiempo que adquiría el dominio del mar, Inglaterra desarrollaba sus industrias. Irlanda y Escocia tejían el lino y el algodón. Manchester establecía la primera fábrica de estampados. La lanería, muy antigua en Inglaterra, recibía singular protección, así como las industrias mineras. La revolución de 1688 fue muy beneficiosa al comercio. Guillermo III instituyó el Consejo del Comercio y de las Colonias. La política de antagonismo contra los Borbones del nuevo gobierno, produjo al fin la hegemonía marítima y económica de Inglaterra. Por otra parte, la división del trabajo, el espíritu de asociación, un sistema corporativo menos tiránico que los del continente, la emigración de los Hugonotes (1573), la excelencia de los instrumentos y máquinas que se iban introduciendo en las industrias, y la inmensidad del horizonte colonial que ofrecían las posesiones de la metrópoli, contribuían conjuntamente al desarrollo industrial del país [32].

Para fomentar la industria textil se fundó la Sociedad de los Cien millones. Las sederías inglesas comenzaron a equipararse con las de Francia. Manchester se convirtió en el emporio de la industria algodonera, que se desarrolló prodigiosamente después de la invención de la *spinning jenny* o máquina hiladora de Highs y Ray [33]. Se generalizó el uso del carbón fósil en las manufacturas. El hierro y otros metales se industrializaron en Birmingham. Sheffield ocupó el primer lugar en la producción de instrumentos de acero [20]. La pesca del bacalao tomó gran incremento en las costas escocesas. Antes de la fusión de Inglaterra y Escocia en 1702 ya se habían abolido las aduanas entre los dos países. Se construyeron varios canales, entre ellos el que une Manchester con Liverpool. El tratado de Lord Methuen convertía a Portugal en un feudo mercantil de Inglaterra, y absorbía, al propio tiempo, el comercio

de Alemania. La paz de Utrech (1713) daba a los ingleses Terranova. Medio siglo después, Francia le cedía Canadá. La navegación a través del Atlántico se había regularizado en 1718. Para facilitar la circulación del capital y regular las operaciones fiduciarias, surgieron muchos establecimientos de crédito. Los Bancos escoceses tuvieron el carácter de Bancos agrarios y Cajas de Ahorro y contribuyeron a difundir la vida económica del país. La independencia de algunas de sus colonias del Nuevo Mundo (1774-1783), señala el fin de esta época, para Inglaterra, y se constituyen los Estados Unidos del Norte de América [14].

### 3.4 El comercio francés

*El resurgimiento.* Las guerras de Italia (1494-1559) y las religiosas (1562-1598) dificultaron en gran manera el desarrollo económico de Francia. La vida comercial, que se había manifestado intensamente en las antiguas e importantes ferias de Saint-Denis y Champaña, y en las industrias de Lyon y Troyes, se refugió en los Países Bajos. Enrique IV, con el edicto de Nantes que restablecía la paz interior, inició la restauración de las industrias y del tráfico mercantil. Pero el asesinato del rey y la retirada de su ministro Sully, interrumpieron el resurgimiento económico hasta el advenimiento de Colbert en 1561.

*La obra económica de Colbert.* Con su política económica, el ministro de Luis el Grande rebajó los derechos fiscales de las primeras materias, necesarias para las industrias nacionales, y gravó los géneros manufacturados extranjeros que podían hacerles competencia. Para emular y alentar las iniciativas privadas, fundó establecimientos dependientes del Estado y estimuló las industrias [34]. Introdujo en los reglamentos de la marina mercante ordenanzas que desarrollaron considerablemente su poderío, fundando además la Compañía de las Indias Orientales, que no dio los resultados esperados por que la economía francesa no se hallaba suficientemente organizada. Publicó un Código de Comercio, reguló la jurisdicción mercantil, estableció la llamada balanza comercial, construyó los arsenales de Dunkerque, Brest, el Havre y Tolón e inició la colonización de la Luisiana. Este período señala el apogeo de la expansión marítima y comercial francesa durante la Edad Moderna, y de su prosperidad industrial. El exceso de producción de las industrias suscitó el deseo de obtener nuevos mercados y de afrontar todos los peligros para obtenerlos [35]. Así se explica que los navegantes franceses, a imitación de ingleses y flamencos, sus competidores, fuesen contrabandistas y filibusteros, al mismo tiempo que descubridores y mercaderes.

*Causas económicas de la revolución.* A pesar del renacimiento industrial y comercial iniciado por el proteccionismo, la agricultura francesa languidecía. La situación económica de las poblaciones rurales nunca fue peor que en tiempos de Luis XIV, cuando la corte de Versalles hacía más ostentación de riquezas. Al revocar Luis XIV el Edicto de Nantes, y por lo tanto

al resurgir las pasiones religiosas, emigraron de Francia millares de personas que se dedicaban a la industria, llevando consigo sus conocimientos y actividades a Inglaterra, Países Bajos y Alemania. En pocos años, Francia se halló en plena crisis [36]. El tratado de Utrech la desposeía de su imperio colonial. La crisis adquirió caracteres de gravedad durante la regencia de Luis XV. El iluso Juan Law convenció al regente de que se podía aumentar la circulación con la emisión indefinida de papel moneda, de curso forzoso. Para ello creó un Banco privado que funcionó regularmente al principio, y luego fundó la Compañía de las Indias Occidentales y del Misisipí. En 1718, el Banco fue declarado Banco Real, pero ambos establecimientos se arruinaron con la especulación. Al poner en práctica el sistema del curso forzoso de Juan Law, hubo en Francia una profunda perturbación económica que paralizó el comercio y arruinó la industria, preparando el advenimiento de la Revolución [32].

### 3.5 Otros pueblos europeos

*Italia.* Del siglo XV al XVIII, mientras prosperaban y decaían españoles, lusitanos, holandeses, británicos y franceses, los demás pueblos europeos estaban en una gran depresión económica. Italia perdió por completo su supremacía mercantil y marítima. A pesar de ello, en el siglo XVI florecieron maravillosamente en su suelo las artes y las letras [37]. El resurgimiento de la cultura clásica es obra casi exclusiva de Italia. Pero este esplendor espiritual se apagó en el siglo XVII. Las guerras interiores y exteriores, las de sucesión, el amor al lujo, la corrupción de costumbres y otras causas aceleraron su decadencia. Durante la Edad Moderna, franceses y españoles convirtieron a Italia en teatro de sus ambiciones políticas, sembrando la ruina en sus ciudades, destruyendo su marina mercante y aniquilando muchas de sus industrias. Venecia perdió todos sus mercados de Oriente. Ante la fiebre de descubrimientos y conquistas que reinó durante los siglos XVI y XVII, los marinos italianos se vieron obligados a prestar sus servicios a españoles, portugueses e ingleses, faltos como estaban de protección en su país. Esto explica que ningún Estado de la península transalpina haya tenido colonias en el Nuevo Mundo [38].

*Alemania.* La famosa Ansa germánica sólo reunía, en el siglo XVI, tres ciudades: Hamburgo, Lubeck y Brema. Con ella cayó la importancia del comercio marítimo de Alemania, mientras el tráfico por el Danubio quedaba interrumpido por los turcos. No obstante, la revolución religiosa tuvo cierta importancia económica. Lutero honró de modo particular la agricultura, abolió muchas festividades en provecho de la austeridad y del trabajo, y el dinero comenzó a circular con menos trabas en la industria y en los Bancos [39]. Pero la guerra de los treinta años devastó Alemania y causó nuevas perturbaciones durante la primera mitad del siglo XVII. A pesar de ello, el país fue reponiéndose, la agricultura renació y las industrias volvieron a

florecer en Nuremberga, Meissen, Leipzig, Chelmnitz y otras ciudades. La generalización del consumo de productos extranjeros como tabaco, té, café, etc., estimuló el comercio con los países remotos, y las tres ciudades hanseáticas recobraron algo de su antiguo esplendor. El comercio del Sur de Alemania se hacía por el Rin y se concentraba en Ámsterdam. A las guerras de religión y sucesión sobrevivieron algunas ferias antiguas, como las de Leipzig, Francfort del Mein y Brunswick.

*Los países escandinavos.* Los daneses, que en los siglos IX y X habían descubierto Islandia y la América septentrional, fueron completamente tributarios del Ansa germánica hasta el advenimiento de Cristián III (1513 y 1523). Colonizaron la Groenlandia y otras regiones americanas y hasta llegaron a poseer una Compañía de las Indias Orientales, que fue próspera cuando se inició la decadencia holandesa. Dos siglos antes, en 1397, Suecia había abolido los privilegios del Ansa y concluido tratados de comercio con Inglaterra, los Países Bajos y Francia. Como los daneses, los suecos tuvieron una Compañía para el comercio de Oriente, la cual traficaba especialmente con China. Sin poseer colonias, Suecia dio gran impulso al comercio exterior. El rey Gustavo Adolfo favoreció el desarrollo de la industria minera; pero su política guerrera arruinó a Suecia, pasando todo su tráfico a Dinamarca. Noruega era, de los tres Estados escandinavos, el que más productos ofrecía a la exportación: pieles, manteca, arenques y, sobre todo, maderas, muy solicitadas en Holanda e Inglaterra para las construcciones navales [40].

*Rusia.* Tanto Suecia como Polonia, que al unirse con Lituania tuvo acceso al mar, procuraron durante mucho tiempo tener alejado de las costas al Estado moscovita. Pero, en 1553, los ingleses descubrieron la vía marítima de las costas bálticas, y entonces se formó en Inglaterra una Compañía para establecer relaciones directas con el Norte de Rusia. Al poco tiempo el puerto de Arcángel tomó gran importancia y fue visitado, no sólo por navíos británicos, sino de todos los países septentrionales de Europa. Pedro el Grande fundó astilleros en Arcángel, dictó una serie de *ukases* para organizar y favorecer el comercio exterior, y abrió canales entre el Ladoga y el Volga y entre éste y el Don, para enlazar el Mar Blanco con el Báltico [41]. Estimuló la producción de cereales, del tabaco, del lino, la minería, etc., y puso en vigor un sistema aduanero proteccionista. Catalina II extendió sus dominios hasta el Mar Negro, convirtiendo a Rusia en un país mediterráneo. Sin embargo, el comercio exterior estuvo siempre en manos de extranjeros, especialmente de ingleses.

*Los turcos en Europa.* Con la conquista turca, el comercio y la cultura emigraron de Constantinopla. Mahomet, Bajazet y Solimán II sólo se ocuparon de guerras y conquistas e imposibilitaron el tráfico exterior. Pero después de la muerte de Solimán, y dado que los griegos y eslavos conocían la indiferencia de los otomanos por todo lo que al comercio se

refería, se apoderaron de sus mercados, los suplantaron aún en los trabajos públicos de su propio país, y juntamente con los hebreos se apoderaron de la Banca. En la Historia del Comercio y de la Ingeniería, los turcos representan en esta época un papel puramente negativo, por cuanto infestaron las costas mediterráneas de piratas y contribuyeron con ello a la decadencia de los puertos italianos [21].

#### 4. El final de la Edad Moderna

Históricamente se acepta a la Edad Moderna como un período de la historia de la humanidad que se extiende, de acuerdo con algunos historiadores, desde cuando los turcos toman Constantinopla en 1453 hasta la Revolución Francesa de 1789; pero otros indican su inicio con el descubrimiento de América en 1492 o el inicio de la Reforma Protestante de 1517.

Aunque no se llegue a un acuerdo en esto de las fechas, durante este periodo se sucedieron grandes acontecimientos en el comercio y la ingeniería. Sobresalen la invención de la imprenta, los grandes descubrimientos geográficos, el Renacimiento, la Reforma Protestante, la Contra-reforma Política, entre otros. Con el paso de los años, las ciudades habían crecido y se desató un desarrollo urbano sin precedentes en Europa.

Con ese crecimiento urbano también se produjeron cambios en el sistema económico, el desarrollo del comercio por el Mediterráneo, y el crecimiento de la actividad ingenieril y de la industria, que aprovecharon los burgueses, una clase social que crecía al mismo ritmo que las ciudades [5]. Toda esa actividad dio paso a la necesidad de nuevas tierras, en las que se consiguieran nuevas materias primas, lo que así mismo permitió el advenimiento de nuevos mercados para comerciar e intercambiar conocimiento.

La Edad Moderna se subdivide de acuerdo con los acontecimientos que se sucedieron en:

*1492-1571.* Etapa de la hegemonía española que está definida por las guerras entre protestantes, que buscan reformar la Iglesia, y los católicos, comandos por los españoles quienes lideran la Contra-reforma. En este período se da el esplendor económico y financiero de Europa, pero los turcos lo amenazan con su dominio sobre el Mediterráneo.

*1571-1619.* En esta etapa se incrementan las tensiones nacionalistas entre los Estados europeos. Se presenta una crisis a nivel económico y se recrudecen los problemas religiosos, lo que lleva al surgimiento de guerras entre estos Estados.

*1619-1688.* Se da origen a la llamada Guerra de los Treinta Años, que de un modo u otro involucró a todos los Estados europeos. Sus dañinos efectos tuvieron eco hasta finalizando el siglo XVII. En esta etapa Francia logra la máxima hegemonía, y España, con su

casa de Habsburgo, lo mismo que el Imperio Germánico, son los más golpeados al finalizar dicha guerra.

1688-1725. Luego de finalizada la guerra, se origina una reorganización total para determinar las fronteras de cada Estado, de lo se fortalecen Inglaterra y Rusia. Al no confiar en sus vecinos y debido a la necesidad de materias primas y de tierras, las naciones se lanzan en una carrera por conquistar más allá del Mediterráneo.

1725-1789. Surge el fenómeno del Despotismo Ilustrado, debido en parte a que el Antiguo Régimen presentaba una estructura que flaqueaba, y a que fue una etapa en la que las reformas eran tímidas y sólo buscaban mantener el status social que los burgueses habían logrado. Pero se sucedieron una serie de hechos, como la independencia de las colonias americanas, la revolución del pueblo francés, y las reformas al dominio de la iglesia, que pusieron fin a esta época en la historia.

## 5. Discusión de cierre

El concepto de ingeniería ha existido desde tiempos antiguos, cuando los seres humanos idearon invenciones fundamentales como la polea, la palanca, y la rueda. Cada uno de estos inventos es coherente con la definición moderna de ingeniería: explotar los principios básicos de la mecánica para desarrollar herramientas y objetos útiles. El término ingeniería en sí tiene una etimología mucho más reciente, derivada de la palabra ingeniero, que se remonta a 1325, cuando un *engine'er*, literalmente, quien opera un motor, se refería originalmente a "un constructor de motores militares" [42]. En este contexto, ahora en desuso, un "motor" se refiere a un aparato militar, como un artilugio mecánico utilizado en la guerra, por ejemplo, una catapulta. La palabra "motor" en sí es de origen aún más antiguo, y en última instancia se deriva del latín *ingenium* –1250–, que significa "cualidad innata", especialmente poder mental, por consiguiente, "una invención ingeniosa" [43]. Más tarde, dado que el diseño de estructuras civiles, como puentes y edificios, maduraba como una disciplina técnica, la ingeniería civil entró en el léxico como una forma de distinguir entre aquellos que se especializaban en la construcción de tales proyectos no militares y los que participaban en la disciplina más antigua de la ingeniería militar [29].

En esta serie de artículos [44], [45] se ha descrito la influencia de la ingeniería en el desarrollo del comercio a lo largo de la historia de la humanidad. A continuación se presenta un recorrido por los hechos más sobresalientes de la ingeniería en cada una de las edades de esa historia.

*Edad Antigua.* La Acrópolis y el Partenón en Grecia, los acueductos romanos, la Vía Appia y el Coliseo, los Jardines Colgantes de Babilonia, el Faro de Alejandría, las pirámides de Egipto, Teotihuacán y las

ciudades y pirámides de los imperios Maya, Inca y Azteca, la Gran Muralla de China, entre muchos otros, son como un testamento de la creatividad y la habilidad de los ingenieros civiles y militares antiguos. El primer ingeniero civil conocido por su nombre es Imhotep [42]. Como uno de los funcionarios del Faraón Zoser, probablemente diseñó y supervisó la construcción de la pirámide escalonada de Zoser en Saqqara en Egipto, alrededor de 2630-2611 A.C. [46]. También puede haber sido responsable del primer uso conocido de columnas en la arquitectura.

En la antigua Grecia se desarrollaron máquinas tanto en los ámbitos civiles como militares. El mecanismo de Antikythera, el primer modelo conocido de un equipo mecánico en la historia, y los inventos mecánicos de Arquímedes, son ejemplos de la ingeniería mecánica de entonces. Algunos de los inventos de Arquímedes, así como el mecanismo Antikythera, requieren un conocimiento sofisticado de transmisión diferencial o engranaje epicíclico, dos principios fundamentales en la teoría de las máquinas que ayudaron a diseñar los trenes de engranaje en la revolución industrial, y que son ampliamente utilizados en la actualidad en diversos campos como la robótica y la ingeniería de automóviles [47]. Los ejércitos chinos y romanos emplearon complejas máquinas militares, incluyendo la ballesta y catapulta.

*Edad Media.* Un iraquí de nombre al-Jazarī construyó cinco máquinas para bombear agua para los reyes de la dinastía turca Artuqid y sus palacios. Además de más de 50 dispositivos mecánicos ingeniosos, al-Jazarī también desarrolló e hizo innovaciones a los engranajes segmentarios, los controles mecánicos, los mecanismos de escape, los relojes, la robótica, y los protocolos para el diseño y métodos de fabricación. El ingeniero británico Donald Routledge Hill escribió alguna vez: "Es imposible hacer hincapié sobre la importancia del trabajo de al-Jazari en la historia de la ingeniería, ya que ofrece una gran cantidad de instrucciones para el diseño, fabricación y montaje de máquinas" [48]. Incluso hoy en día algunos juguetes siguen utilizando el mecanismo de la leva de palanca hallado en la cerradura de combinación de al-Jazarī.

*El Renacimiento.* A William Gilbert se le conoce como el primer ingeniero eléctrico, con su publicación de 1600 "De Magnete", en el que acuñó el término "electricidad" [34]. La primera máquina de vapor fue construida en 1698 por el ingeniero mecánico Thomas Savery. El desarrollo de este dispositivo dio lugar a la revolución industrial en las próximas décadas, lo que permitió el inicio de la producción en masa. Con el desarrollo de la ingeniería como profesión en el siglo XVIII, el término se hizo más restrictivo y aplicado a campos en los que las matemáticas y la ciencia se aplicaban a estos fines. Del mismo modo, además de la ingeniería militar y la civil, las artes mecánicas también se incorporaron a la ingeniería.

*Era Moderna.* La Ingeniería Eléctrica puede remontar sus orígenes a los experimentos de Alessandro Volta en el siglo XIX, los experimentos de Michael Faraday, Georg Ohm y otros, y a la invención del motor eléctrico en 1872. El trabajo de James Maxwell y Heinrich Hertz en el siglo XIX dio lugar al campo de la electrónica. Los posteriores inventos del tubo de vacío y el transistor aceleraron el desarrollo de la electrónica, de tal manera que los ingenieros eléctricos y los electrónicos actualmente superan en número a sus colegas de cualquier otra especialidad de Ingeniería [49]. Los inventos de Thomas Savery y el ingeniero escocés James Watt dieron origen a la moderna Ingeniería Mecánica. El desarrollo de máquinas especializadas y sus herramientas de mantenimiento, durante la revolución industrial, llevó al rápido crecimiento de la Ingeniería Mecánica, tanto en su natal Gran Bretaña como en el extranjero [21]. La Ingeniería Química, al igual que su contraparte de la Ingeniería Mecánica, se desarrolló en el siglo XIX durante la Revolución Industrial [3]. La fabricación a escala industrial demandó nuevos materiales y nuevos procesos, y en 1880 la necesidad de producción a gran escala de productos químicos fue tal que se creó una nueva industria dedicada al desarrollo y la fabricación de productos químicos en las nuevas plantas industriales [17]. El papel del ingeniero químico fue diseñar estas plantas y procesos químicos.

La Ingeniería Aeronáutica comenzó con el diseño de las aeronaves, mientras que la Ingeniería Aeroespacial es un término más moderno cuyo objetivo es el diseño de naves espaciales [50]. Sus orígenes se remontan a los pioneros de la aviación a comienzos del siglo XX, aunque el trabajo de Sir George Cayley

recientemente ha sido datado como de la última década del siglo XVIII. Los primeros conocimientos de la ingeniería aeronáutica fueron en gran parte empíricos, con algunos conceptos y habilidades importados de otras ramas de la ingeniería. Sólo una década después de los vuelos con éxito por los hermanos Wright, en la década de 1920 se dio un amplio desarrollo a la ingeniería aeronáutica en plena Primera Guerra Mundial para las aeronaves militares. Mientras tanto, la investigación para proporcionar una ciencia como base fundamental ha continuado con la combinación de la física teórica en los experimentos [24]. En 1990, con el auge de la tecnología informática, el primer motor de búsqueda fue construido por el ingeniero informático Alan Emtage.

En los siglos XVIII y XIX se dio un fuerte desarrollo en la ciencia y el método científico, aunque se utilizaba muy poca. La aplicación más sobresaliente fue para innovar las máquinas textiles que hasta ese momento se habían fabricado. El surgimiento de especialidades de ingeniería que se dio desde entonces se debe precisamente al progreso de la ciencia [13]. Si bien se tenía a la ingeniería civil y la militar, para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, aparecieron la mecánica, la eléctrica, la industrial, la química, la electrónica, y más recientemente la nuclear, la bioquímica, la de transportes y la informática [51]. Un avance que se ha logrado obviamente gracias al progreso del conocimiento y a que los problemas han crecido en complejidad, lo que imposibilita que con una sola disciplina los pueda resolver eficientemente.

## REFERENCIAS

- [1] M. Dunan. "Larousse Encyclopedia of Modern History, From 1500 to the Present Day". New York: Harper & Row, 1964.
- [2] Modern Age. "The American Heritage Dictionary of the English Language". Fourth Edition. 2000.
- [3] H. Miller & A. Newman. "Early modern British history, 1485-1760: a select bibliography". Historical Association, 1970.
- [4] H. Petroski. "The Evolution of Useful Things: How Everyday Artifacts-From Forks and Pins to Paper Clips and Zippers-Came to be as they are". New York: Vintage. 1994.
- [5] W. G. Armytage. "A social history of engineering". London: Faber, 378 p. 1966.
- [6] R. Romano & A. Tenenti. "Los fundamentos del mundo moderno. Edad Media tardía, Renacimiento, Reforma". Madrid: Siglo XXI. 1971.
- [7] I. Wallerstein. "El moderno sistema mundial. La agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europeo en el siglo XVI". Madrid: Siglo XXI. 1979.
- [8] E. Martínez. "Progreso tecnológico: la economía clásica y la economía neoclásica tradicional". En E. Martínez (Ed.) "Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas". Caracas: UNESCO. 221 p. 1994.
- [9] J. Kérisel. "Down to earth: foundations past and present: the invisible art of the builder". Rotterdam: A. A. Balkema, 147 p. 1987.
- [10] L. P. Martínez S. "Historia de la Técnica". En J. Sanmartín, S. H. Cutcliffe, S. L. Goldman & M. Medina (Eds.) "Estudios sobre sociedad y tecnología". Barcelona: Anthropos. 1992.
- [11] W. B. Parsons. "Engineers and Engineering in the Renaissance". Cambridge: MIT Press. 1939.
- [12] C. Singer, E. J. Holy, E. J. Holmyard & A. R. Hall. "A History of Technology". Oxford: Oxford University Press. 1954.
- [13] C. Lord. "Guide to Information Sources in Engineering". Englewood: Libraries Unlimited. 2000.
- [14] I. Wallerstein. "El moderno sistema mundial II: El mercantilismo y la consolidación de la economía-mundo europea, 1600-1750". Madrid: Siglo XXI. 1984.
- [15] W. G. Vincenti. "What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History". Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 1993.
- [16] D. Hill. "A History of Engineering in Classical and Medieval Times". La Salle: Open Court. 1984.
- [17] E. Benvenuto. "An Introduction to the History of Structural Mechanics". New York: Springer-Verlag. 1991.
- [18] F. Braudel. "Civilización material, economía y capitalismo, siglos XV-XVIII". Madrid: Alianza. 1984.



- [19] R. Mousnier. "Los siglos XVI y XVII. El progreso de la civilización europea y la decadencia de Oriente (1492-1715)". Barcelona: Destino. 1974.
- [20] R. A. Buchanan. "The rise of scientific engineering in Britain". *British Journal for the History of Science*, Vol. 18, pp. 218-233. 1985.
- [21] J. K. Finch. "The story of engineering". Garden City: Doubleday. 528 p. 1960.
- [22] O. Mayr. "The Origins of Feedback Control". Cambridge: MIT Press. 1970.
- [23] H. Petroski. "To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design". New York: Vintage Books. 1992.
- [24] J. G. Skakoon & W. J. King. "The Unwritten Laws of Engineering". New York: ASME Press. 2001.
- [25] R. S. Woodbury. "Studies in the History of Machine Tools". Cambridge: MIT Press. 1972.
- [26] F. Crozet. "The First Industrialists: The Problems of Origins". New York: Cambridge University Press. 1985.
- [27] P. Aries & G. Duby. "Historia de la vida privada". Madrid, Taurus. 1992.
- [28] L. S. De Camp. "The ancient engineers". Cambridge: MIT Press, 408 p. 1970.
- [29] E. G. Garrison. "A history of engineering and technology: Artful methods". Boca Raton: CRC Press, 347 p. 1999.
- [30] D. F. Channell. "The history of engineering science: an annotated bibliography". New York: Garland, 311 p. 1989.
- [31] H. Straub. "A History of Civil Engineering: An Outline from Ancient to Modern Times". Cambridge: MIT Press. 1952.
- [32] A. Neuburger. "The technical arts and sciences of the ancients". Translated by Henry L. Brose, New York: Barnes & Noble, 518 p. 1969.
- [33] J. K. Finch. "Engineering Classics". Kensington: Cedar press. 1978.
- [34] A. E. Musson & E. Robinson. "Science and Technology in the Industrial Revolution". Toronto: University of Toronto Press. 1969.
- [35] L. C. Bruno. "The tradition of technology: landmarks of Western technology in the collections of the Library of Congress". Washington: Library of Congress, 356 p. 1995.
- [36] P. Vilar. "Oro y monedas en la historia (1450-1920)". Barcelona: Ariel. 1969.
- [37] A. Grafton. "Leon Battista Alberti: Master Builder of the Italian Renaissance". New York: Hill and Wang. 2000.
- [38] I. Calvino. "El barón rampante (Italia, siglo XVIII)". Madrid: El País. 2002.
- [39] A. F. Burstall. "A history of technical engineering". London: Faber and Faber, 456 p. 1963.
- [40] T. F. Peters. "Transitions in Engineering". Basil: Birkhäuser Verlag. 1987.
- [41] N. A. F. Smith. "The origins of the water turbine and the invention of its name". *History of Technology*, Vol. 2, pp. 215-59. 1977.
- [42] R. S. Kirby. "Engineering in History". New York: Dover. 1990.
- [43] A. Williams. "Engineering feats: great achievements simply described". London: T. Nelson and Sons, 263 p. 1925.
- [44] G. A. M. Saravia & L. F. Amorim. "Influencia de la ingeniería en el desarrollo comercial de la humanidad: Edad Antigua". *Lámpsakos*, No. 2, pp. 79-89. 2009.
- [45] G. A. M. Saravia & L. F. Amorim. "Influencia de la Ingeniería en el desarrollo comercial de la humanidad: Edad Media". *Lámpsakos*, No. 3, pp. 54-66. 2010.
- [46] B. J. Kemp. "Ancient Egypt: Anatomy of a Civilization". London: Routledge. 2005.
- [47] P. Thuillier. "De Arquímedes a Einstein". Madrid: Alianza Editorial. 1990.
- [48] I. al-Jazarī. "Kitāb fī ma'rifat al-hiyal al-handasiyya". (1206) Donald R. Hill trans. "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices". Islamabad. Pakistan Hijra Council. 1989.
- [49] L. P. Wheeler. "Josiah Willard Gibbs - the History of a Great Mind". Woodbridge: Ox Bow Press. 1998.
- [50] A. Valencia. "Breve historia de la ingeniería". *Revista Facultad de Ingeniería*. UdeA. No. 20, pp. 121-132. Junio 2000.
- [51] Y. C. Fung & P. Tong. "Classical and Computational Solid Mechanics". Singapore; River Edge. 2001. [Ω](#)