

THE ENGINEERING INFLUENCE IN THE COMMERCIAL DEVELOPMENT OF HUMANITY: Middle Ages

INFLUENCIA DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO COMERCIAL DE LA HUMANIDAD: Edad Media

Ana María Saravia G., Luisa Fernanda Amorim

Grupo de investigación de Sociedad del Conocimiento, SOÇA, Brasil.

gruposoca@latinmail.com

(Artículo de REVISIÓN) (Recibido el 20 de enero de 2010. Aceptado el 30 de abril de 2010)

Abstract – *This second installment of the influence of engineering in human history is an analysis of that relationship in the Middle Age, known as strip in the human history of mankind between the V and XV centuries, and framed between two events: the fall of the Roman Empire and the beginning of the Renaissance. Was used first the word “Engineer”, and the basis for development was the construction of a complex civilization that was based primarily on non-human force, rather than of slaves or pawns. From the XI century, when cities become important and become more crowded, commercial activity sleepy for long increases. The cities became centers of learning, governance and religion, but above all were key to the emergence of a new trading system based on the exchange and the search for new routes.*

Keywords: *engineering, exchange, discovery, talent, trade.*

Resumen – Esta segunda entrega de la influencia de la ingeniería en la historia humana es un análisis de dicha relación en la Edad Media, conocida como la franja en la historia de la humanidad comprendida entre los siglos V y XV, y enmarcada entre dos acontecimientos: la caída del Imperio Romano y el inicio del Renacimiento. Se utilizó por primera vez la palabra “*Ingeniero*”, y la base de desarrollo fue la construcción de una civilización compleja que se basó primordialmente en la fuerza no humana, en lugar de la de esclavos o peones. A partir del siglo XI, cuando las ciudades cobraban importancia y se hacían más populosas, se incrementó la actividad comercial adormilada por mucho tiempo. Las ciudades se convirtieron en centros de enseñanza, gobierno y religión, pero sobre todo fueron clave para el surgimiento de un nuevo sistema comercial basado en el intercambio y la búsqueda de nuevas rutas.

Palabras clave: comercio, descubrimientos, Ingeniería, intercambio, talento.

INTRODUCCIÓN

El 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 y que no requiera del concurso y el apoyo de otros países; inclusive las naciones más poderosas necesitan recursos de los que carecen y que, por medio de negociaciones y acuerdos, obtienen para satisfacer necesidades y carencias. En la presente entrega se analiza la relación e influencia de la Ingeniería y la ciencia en el desarrollo comercial en la Edad Media –ver primera entrega (Saravia y Amorim, 2009)

Los aportes de la ingeniería al desarrollo del comercio son notables. Esta disciplina brindó el soporte para que las naciones, desde los orígenes mismos de las actividades de intercambio, llevaran a cabo las negociaciones que le permitieron a las sociedades primitivas mejorar sus niveles de vida, y propició el desarrollo de tales naciones. A medida que la ingeniería progresó, sus aportes se hicieron a mayor escala y el comercio llegó a convertirse en motor esencial de progreso, al punto que se restringieron otras áreas de desarrollo debido a que perdieron vigencia ante tal desarrollo comercial.

El presente trabajo es fruto del desarrollo de una investigación bibliográfica, y su objetivo es realizar un análisis de la influencia que la ingeniería tuvo en el desarrollo del comercio desde la Antigüedad hasta comienzos del siglo XX. 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.

LOS ÁRABES

La causa de las invasiones bárbaras fue principalmente económica, es decir, la desproporción creciente entre el número de habitantes y los medios de subsistencia. De

esta época la historia registra enormes y persistentes carestías, producidas por las guerras devastadoras; en tales condiciones el comercio, la ciencia, la ingeniería y la industria no podían florecer (Johnson, 1983).

Mientras en el norte europeo unos pueblos invadían a otros, para ser a su vez desposeídos por una nueva invasión, a las puertas de Europa se alzaba una raza que se había abstraído a la civilización romana, y acababa de abrazar una religión que la impelía a la conquista del mundo, los árabes. Guiados por sus califas, en el siglo VII los mahometanos arrebatan al imperio romano de occidente todas sus provincias africanas, asaltan Bizancio, ocupan España, amenazan la Galia, e invaden las mayores islas mediterráneas.

Este extraordinario movimiento suscitó en el mundo mahometano una gran multiplicidad de energías: los árabes cultivaron todas las ramas del saber humano, y Bagdad, Córdoba, El Cairo, Morón e Ispahán llegaron a ser grandes centros de cultura y ciencia (Glanville, 2009). Se preocuparon por cultivar las ciencias básicas, especialmente las matemáticas, el cálculo en ingeniería civil y militar, y se acercaron a los principios médicos que las guerras exigían en sus ejércitos, al igual que a las bases de la alquimia (Kennedy, 1983).

Antes de iniciar sus guerras de conquista, muchas de sus tribus fronterizas servían a Roma y a Grecia, por lo que asumieron para el Islam sus conocimientos en ciencia. Los omeyas, que se contaban entre tales tribus, ocuparon Siria y en el año 700 crearon en Damasco un observatorio astronómico. Hacia el 800 d.C., los árabes, antes poco cultivados intelectualmente, comenzaron a equiparar las culturas conquistadas, lo que culminó con la conversión de Bagdad en una sucesora de Alejandría; además, tradujeron las mejores obras en ciencia de Grecia y fundaron "*La casa de la sabiduría*", una copia del museo de Alejandría. Estos hechos dieron comienzo oficialmente a su ingreso al mundo científico de entonces (Bernis, 1956).

Gracias a los árabes, la agricultura volvió a florecer en las regiones europeas y africanas, y se introdujeron nuevos cultivos como el azúcar, el algodón, el azafrán, la mora, el naranjo, el limonero, la palma. Mientras que

Damasco era acaso el mayor centro industrial de la época (Rosenthal, 1991). Bagdad se distinguía por sus joyas artísticas y por sus tejidos de seda. El Yemen poseía manufacturas de lana y enviaba uvas a Corinto, donde las convertían en pasas; Ispahán producía telas finísimas y arneses de gran valor. En los puertos de Asterabad, Amol y Abisgum se construían numerosas naves con aplicaciones ingenieriles bastante adelantadas.

Egipto, tanto por su prosperidad interior como por su tráfico con el extranjero, vuelve a ser lo que fue en tiempos de los faraones, con su centro comercial en Asuán. África producía ganados, azúcar, algodón y dátiles; Fez tuvo una época de esplendor. De España eran célebres los cueros de Córdoba, los paños de Murcia y las sedas de Sevilla. Las grandes peregrinaciones a las ciudades santas de Arabia: La Meca, Medina y Kairuán, contribuían a esa prosperidad mercantil y de conocimiento en ciencia e ingeniería (Nasr, 2003).

En Asia, los árabes se relacionaban con la China, la India y las regiones del Caspio, con cuyos países traficaban por tierra. El campo principal de su comercio marítimo era el Océano Índico; en las costas del África fundaron varias colonias, llegando hasta Madagascar. En el Mediterráneo comerciaban con los puertos del imperio griego e intercambiaban cultura y conocimiento, e inclusive llegaron a hacer experimentación mediante la aplicación del antiguo método griego para investigaciones, y sostenían relaciones constantes con las ciudades ibéricas bajo dominio musulmán (Bernis, 1956).

BIZANCIO

Al trasladar en 324 d.C. la sede del imperio a Bizancio, Constantino provocó una verdadera emigración de Italia al Bósforo. Hasta el 395 d.C., Constantinopla sólo era la capital del Imperio de Oriente, pero ante la barbarie universal se convirtió en el único refugio del comercio antiguo. Justiniano, célebre no sólo como codificador del derecho romano, sino por las leyes que dictó favorables a la industria, la ingeniería y el comercio (Dutour, 2003), se propuso abrir un camino directo para el tráfico de la seda. Pero sus propósitos murieron con él; las provincias conquistadas en Asia se perdieron y no se pudo establecer

el comercio directo con China, cosa que ya no urgía desde el momento en que el gusano de seda se introdujo en Europa en el 552. A partir de entonces, Chipre, Sicilia y el Peloponeso produjeron grandes cantidades de seda, desarrollaron procesos científicos para mejorar su calidad, y aplicaron ingeniería en la construcción de plantas para su procesamiento (Beakley and Leach, 1987).

La opulencia de Constantinopla hacía afluir a ella las riquezas del mundo entero, como antes lo hizo Roma; y a medida que el occidente europeo se fue cerrando por causa del predominio de los pueblos germánicos, su comercio se dirigía con preferencia a Asia. Al principio este comercio se conducía por la vía marítima de Alejandría, pero el creciente poder del Islam obligó a los bizantinos a sustituirlo por caravanas. Después de la toma de Alejandría por los musulmanes, dicho comercio siguió principalmente dos caminos: el de Siria, por Antioquía y Damasco, y el del Mar Negro y la Tartaria.

Los bizantinos comerciaban asimismo con los pueblos eslavos que se civilizaban. Una ruta comercial que pasaba por Riev y Novgorod, subiendo el Dnieper y bajando el Oder, unía el Bósforo con el Báltico. En Riev el comercio ruso enlazaba con el de las cuencas del Rhin y del Danubio. Con su mercado de Lorch, los ávaros enlazaban el comercio de Alemania y Escandinavia con el del Imperio bizantino. Hasta el siglo XI, los búlgaros centralizaron los productos eslavos y árabes en las ferias de Riev y Astraján. Los húngaros, por su parte, atraían las caravanas del Danubio a Ratisbona, y en la misma Constantinopla se establecían factorías extranjeras que se apoderaban de su comercio. Y finalmente, las cruzadas acrecentaron las relaciones mercantiles de Bizancio con los pueblos occidentales.

Esta actividad mercantil del pueblo bizantino estaba soportada por el desarrollo de la ingeniería de construcción naval, pero otras áreas ingenieriles también se desarrollaron en paralelo, como la Ingeniería civil, a partir de la construcción de majestuosas catedrales. Estas construcciones eran fruto del intercambio en ciencia y arquitectura que los mercaderes establecían en cada ciudad y pueblo que visitaban (Schung-Wille, 1978).

EL IMPERIO DE CARLO MAGNO

Carlomagno, rey de los francos, terminó siempre sus numerosas conquistas con tratados favorables al comercio. Aplicando Ingeniería civil, abrió caminos y puertos, levantó faros, ideó y empezó un canal entre el Rhin y el Danubio, que no pudo terminar por falta de experiencia de los ingenieros (Castro, 1975), y estrechó las relaciones político-económicas con los califas. Durante su reinado, Basilea, Estrasburgo, Worms, Maguncia y Colonia fueron importantes centros comerciales.

El periodo cercano al año 800 se suele conocer como Renacimiento Carolingio, dada su comparación con el periodo anterior. Carlomagno no sabía leer, escribir, o siquiera aritmética, pero en su reinado procuró elevar el nivel de la cultura, la ciencia y la ingeniería en el Imperio. Creó la Escuela Palatina de Aquisgrán, en la que se formó junto a sus hijos y demás funcionarios de la corte. Esta escuela fue posteriormente el modelo que siguieron otros monarcas para fundar las suyas en toda Europa. En su política de gobierno procuró divulgar las artes, las ciencias, las letras y todo el conocimiento que constituía la herencia de la Antigüedad (Shelton, 1990).

EL FEUDALISMO

El fraccionamiento político y el espíritu aventurero que predominó en la Edad Media fueron obstáculos considerables para el desarrollo del comercio y el asentamiento del conocimiento en ciencia e ingeniería, dificultado ya por el sinnúmero de gabelas e impuestos, en forma de: cánones, peajes y tributos. Los reyes y señores feudales exigían pagos que muchas veces ni siquiera garantizaban a los comerciantes su seguridad personal, ya que algunos magnates se convertían en verdaderos salteadores que despojaban a los mercaderes cuando pasaban junto a sus fortalezas.

Sin embargo, con sus inexpugnables castillos, verdaderas muestras de ingenio civil y militar (Beaujouan, 1963), el feudalismo hizo muy difícil nuevas invasiones extranjeras. Dadas sus reglas y condiciones, el contrato feudal preparó la llegada de un principio de legalidad: la tumultuaria opresión del periodo bárbaro, y aun con los mismos feudos y sub-feudos, extendió a muchos el

uso y la utilidad de las tierras, preparando la división de la propiedad (Kriedte, 1998).

Entre las varias costumbres económicas que existían en la época feudal, merecen recordarse el derecho de naufragio, el de sucesión de los extranjeros y las leyes de víveres; éstas últimas, por la falta de medios de comunicación y de transporte, tenían un carácter coercitivo, fijando el sitio y hora de venta de los víveres y sus precios, y prohibiendo, algunas veces bajo severísimas penas, su exportación.

Tales prohibiciones eran, empero, inútiles ante las grandes carestías que a menudo se observaban y que continuamente eran seguidas de epidemias y pestes (Kriedte, 1998). El miedo a la pérdida de la tierra generó un estilo de vida estacionario, por lo que el desarrollo de la ciencia y la ingeniería, especialmente la naval y la civil en la construcción de caminos, tuvieron una época de estancamiento. También ayudó a esto, el hecho de que los hombres de ciencia casi que estaban prisioneros en las fortalezas, por lo que no se les permitía compartir sus conocimientos al acompañar las pocas caravanas mercantiles que se atrevían a recorrer los caminos feudales (Pomerans, 1967).

LAS REPÚBLICAS ITALIANAS

En las ciudades medievales volvió a florecer el comercio, siendo las de la península itálica las que más influyeron en su desarrollo; disputaron a Bizancio el monopolio comercial y adquirieron, con las cruzadas, la supremacía del Mediterráneo. La más antigua fue Amalfi, en el golfo de Salerno, que estableció bancos en Sicilia, Grecia, Siria y Egipto, con cuyos países ejerció un comercio activo. Pisa alcanzó importancia después de la ruina de Amalfi; se alió con los genoveses para conquistar la isla de Cerdeña y luchar contra los islamitas de Túnez. Rival de su antigua aliada, Pisa fue vencida en 1284 por los genoveses (Drahos and Braithwaite, 2002).

Florenia heredó el comercio de Pisa. Los banqueros florentinos rivalizaron con los genoveses y venecianos, y casi todos los príncipes de la Cristiandad llegaron a ser sus deudores. Entre las ciudades italianas, famosas por sus ferias fueron Benevento, Salerno, Bérgamo, Padua, Savona y Sinigallia;

y por sus industrias y desarrollo en ciencia, Faenza, Urbino, Bolonia y muchas otras (Heckscher, 1993). Por su importante comercio, Génova y Venecia merecen especial mención. Los servicios navales que Génova prestó a los cruzados le valieron grandes concesiones mercantiles en Antioquía, Cesárea y Trípoli. Después de apoderarse de Cesárea, los genoveses fundaron numerosas fábricas en Oriente, pero pronto vieron surgir ante su poder un temible rival, Venecia, que se aprovechó de las cruzadas para disputar a Génova la supremacía del mar y arrebatarle, después de cuatro guerras, su emporio comercial (Chafuen, 1991).

Mientras los genoveses aún dominaban la vía comercial del Mar Negro, que enlazaba por Trebisonda con el golfo Pérsico, los venecianos, que querían contrarrestar el poder de Génova, celebraron varios tratados de comercio con los mahometanos de Túnez, Trípoli y Egipto, con lo que Alejandría volvió a ser el centro del comercio de India. El poderío genovés en Oriente recibió un rudo golpe al ocupar los turcos las costas del mar Negro. A raíz de estos actos bárbaros, el desarrollo de la ciencia y la ingeniería se orientó casi exclusivamente al servicio de la guerra. La construcción de armas de asalto y edificaciones resistentes a las invasiones, ocupaba el quehacer de los hombres que antes fueron excelentes ingenieros civiles (Ifrah, 2000).

A la decadencia de Génova contribuyeron las numerosas luchas intestinas y la sinuosa política mercantil de la República; sin embargo, fue y continuó siendo una ciudad industrial, aun después de su ruina exterior. Famosos eran sus tejidos de lana, algodón y seda, sus pergaminos, brocados y recamados, entre otros (Pomerans, 1967). Todo lo que se refería al comercio y a la industria dependía del gobierno, que regulaba los cargamentos y fletes, y suministraba maderas y otros insumos a los armadores. Las importaciones eran libres, aunque las materias destinadas a la industria estaban sometidas a severos exámenes. Se prohibía el ejercicio de varios oficios a la vez para que la división del trabajo asegurara su perfeccionamiento. Después de la conquista de la Morea los venecianos vencieron a griegos y sicilianos en la industria de la seda (Drahos, 2002).

A partir del 1400 Venecia aumentó su tráfico terrestre, pero las guerras de la Península Itálica impidieron su completo desarrollo. Entre tanto, los turcos se adueñaban por completo del Oriente y se establecían amenazadores en Constantinopla, mientras los portugueses buscaban ya un nuevo camino para llegar a la India. Al finalizar el feudalismo y luego de que las repúblicas italianas se devastaran en guerras continuas, la ciencia y la ingeniería resurgieron como campos de interés para monarcas y gobernantes.

Se prestó atención a las posibilidades económicas de contar con mercados más amplios y de mayor variedad de productos, por lo que la Ingeniería naval y la ciencia de la navegación tuvieron más adeptos y estudiantes; el objetivo era lograr encontrar primero una ruta hacia las codiciadas especias de India y China por un camino diferente al de África. El astrolabio, barcos más rápidos y mejores instrumentos de cálculo para determinar la posición en los océanos, fueron las áreas del conocimiento más cultivadas al finalizar esta época de la historia (Williams, 1979).

LA CONFEDERACIÓN CATALANA-ARAGONESA

Rival de las ciudades italianas fue Barcelona, cuyo comercio y desarrollo en ciencia e Ingeniería, desde comienzos del siglo XIII, se extendió a las llamadas escalas de Levante o puertos del Asia menor y norte de África, de donde recibía productos y mercancías de Oriente e intercambiaba conocimiento con comerciantes y por medio de las caravanas (Hayek, 1981). Al puerto de la capital catalana, que ya tenía faro en el siglo X, concurrían mercaderes griegos, sirios y francos, los cuales, junto con sus mercancías, traían a Cataluña el influjo de sus respectivas civilizaciones. Refundidos entre ellos, también llegaban hombres de ciencia e ingenieros interesados por intercambiar ideas, proyectos y experiencias (Carreras, 2005).

En todo el reino de Aragón existía un cuerpo de *troters*, o correos privados, que facilitaba el intercambio interior. Desde 1249 el Consejo de los Ciento, de Barcelona, tenía jurisdicción mercantil, que ejercía por dos cónsules de mar delegados, hasta que en 1347 se separó esta jurisdicción y se creó el Consulado de Mar independiente. *El Libro del*

Consulado de Mar –siglo XIII– es uno de los más antiguos códigos marítimos que existen. De la misma época datan las *Costumbres de Tortosa*, que contiene una colección de leyes mercantiles; igualmente se publicaron textos alusivos a las ciencias y los desarrollos ingenieriles de todo tipo (Grant, 1974).

Según se lee en las ordenanzas del comercio de Brujas, el reino de Aragón exportaba arroz y azafrán; también salían del puerto de Barcelona grandes cantidades de sal y pescado. Valencia exportaba productos agrícolas y paños; Mallorca, arrancada a los musulmanes por la espada de Jaime I, fue muy pronto un magnífico puerto de refugio y de escala, lo que facilitaba la salida de sus productos naturales.

Las lonjas de Valencia y Mallorca atestiguan la importancia que el comercio adquirió en esas dos ciudades. En el siglo XIV, la marina mercante mallorquina llegó a componerse de trescientos sesenta naves mayores, que comerciaban con Italia, Rodas, Berbería, Egipto y Constantinopla (Gual, 1976). Estas naves reflejaban los más sofisticados adelantos de ingeniería y ciencia naval aplicada que, con el comercio, florecían en todos los estados aragoneses (Glick et al., 2005). Tarazona, Jaca, Huesca y Lérida tenían industrias de cueros y paños; en Rosas y Castellón se comerciaba el coral, y en Cataluña, la industria de los tejidos llegó a tener hasta trescientos fabricantes y doce cónsules del gremio.

Las naves catalanas competían con las italianas en la conducción de mercancías a los puertos mediterráneos. Dado que los conocimientos navales se “filtraban” de una región a otra, la diferencia entre ellas se medía por la capacidad de diseño de sus ingenieros (Pomerans, 1967). En Cerdeña, después de la ayuda militar prestada a los pisanos, los catalanes obtuvieron exención de aduanas, establecieron cónsules en la isla, en Génova y en Pisa. Jaime I dictó en 1258 unas ordenanzas de policía marítima y mercantil que favorecieron el tráfico con el mediterráneo oriental, en varias de cuyas ciudades estableció cónsules para la protección de los mercaderes de sus estados.

La expedición militar de catalanes y aragoneses a Oriente, señala el apogeo de la expansión política de la confederación, que

abrió nuevos e importantes mercados a su comercio. Rodeando la Península Ibérica, los catalanes penetraron en Flandes antes que los italianos, y llegaron hasta las orillas del Báltico. En 1389 tenían ya bolsa de comercio en Brujas, mientras que los venecianos sólo la tuvieron hasta 1415. Los navegantes catalanes alcanzaron grandes adelantos en la cartografía, la ingeniería naval, civil y militar (Claire, 1985). A ellos se debe el primer bosquejo de la Península de Jutlandia y la corrección del diseño de las costas bálticas.

Al reunirse en una sola dinastía las Coronas de Aragón y Castilla, comienza la decadencia política y mercantil de la confederación. El puerto de Barcelona se paraliza por completo y aun las mismas industrias locales mueren por falta de dinero y de estímulo. Los adelantos en ciencia, Ingeniería y demás áreas del conocimiento de los catalanes fueron “*contrabandeados*” al nuevo reino, y su impacto fue tal que ambas coronas rigieron los posteriores adelantos y descubrimientos en el mundo (Shelton, 1990).

CASTILLA Y PORTUGAL

Durante su ocupación, los árabes dieron a la Península Ibérica una prosperidad económica como ninguna región había tenido. Sin embargo, a medida que las ciudades cristianas consolidaban su poderío, surgían importantes centros industriales y de desarrollo en todas las ramas de la ciencia y la ingeniería, debido especialmente al desarrollo matemático que los árabes traían consigo (Saliba, 1994). El país vasco explotaba sus minerales de hierro, Segovia y Zamora fueron famosas por sus paños, Toledo por sus armas, y Córdoba por sus cueros. La ganadería alcanzó un desarrollo notable.

Por medio de privilegios, se procuró formar centros de contratación. Alfonso X estableció dos ferias anuales en Sevilla y una en Murcia, siendo dignas de mención, entre otras, las de Medina del Campo. En estas ferias, además del intercambio comercial, los hombres de ciencia también tenían su lugar, ya que podían intercambiar libremente sus ideas y conocimientos con personas de otras regiones (Claire, 1985). Los judíos, que más tarde fueron expulsados de la Península, representaban un gran papel en el comercio castellano, sirviendo de intermediarios y de banqueros.

Hasta principios del siglo XV, Portugal, al igual que Castilla, se limitó a reorganizar la industria y el comercio interiores, quebrantados por las guerras de la reconquista y por los excesos del feudalismo. Pero, súbitamente, el espíritu de aventura inflamó a la nación entera y los portugueses llegaron a ser, en la época mencionada, los primeros navegantes de su tiempo, abriendo nuevos rumbos al comercio y aumentando considerablemente los conocimientos geográficos y científicos (Lucas, 2005). A este desarrollo repentino le aportaron grandemente la ciencia y la ingeniería, ya que en las ferias, como se mencionó antes, se creó una red de intercambio de conocimiento que desbordaba cualquier control de los estados.

LAS CIUDADES HANSEÁTICAS

Hubo también en la Edad Media, en el norte europeo, ciudades libres, como en Italia, que llegaron a ser poderosas y tuvieron un comercio activo (Braudel, 1984). Con el fin de defender su seguridad contra los piratas y los señores feudales convertidos en salteadores, que hacían inseguros los caminos, se formaron varias ligas o alianzas de ciudades. La Renana, o Liga de las Ciudades del Rin, se formó en 1247 por iniciativa de Maguncia; siete años después de su fundación contaba con noventa ciudades y sostenía en el Rin una flota de 600 buques.

A principios del siglo XIV se fundó la Liga Suabia, cuyas ciudades más importantes fueron Nuremberga, Ratisbona y Constanza, las cuales comerciaban mucho con Venecia. Los adelantos más sobresalientes de la ingeniería en estas ligas se centraron en lo civil y lo militar, ya que la construcción de las fortificaciones y el armamento para defenderse eran objetivos primarios de sus habitantes. También la química se aplicaba como soporte de la Ingeniería militar, ya que mucho de su armamento lo constituían pequeños artefactos manuales que explotaban en medio de gases, fuego y olores fuertes que afectaban a las tropas de asalto (Claire, 1985).

La liga más importante fue la Hanseática, que comenzó en el siglo XII con la alianza de Lübeck y Brema, y llegó a comprender todas las ciudades comerciales del Báltico y del norte de Alemania, distribuidas en cuatro distritos y cuarenta ciudades aisladas, entre

ellas Estocolmo y Amsterdam. Lübeck llegó a ser la capital de la confederación, cuyo fin era exclusivamente comercial.

Su acción, empero, surtió efectos políticos de importancia, entre ellos la inexorable guerra que sostuvo contra los piratas, y los esfuerzos que llevó a cabo para la adopción de un derecho marítimo internacional, siendo la primera que sentó el principio de la libertad de los mares. El Hansa fundó factorías en Novgorod, Brujas, Bergen y Londres, y extendió su comercio a Rusia, Flandes, Escandinavia e Inglaterra. Los hanseáticos no traficaban para su consumo, la agricultura languidecía en sus países y la única industria importante a la que se dedicaban era la de la cerveza, en la que aplicaban conocimientos en química heredados o usurpados a sus vecinos del norte (Hough, 1990). En general, las ciudades alemanas comerciaban en gran escala con productos extranjeros.

La Liga Hanseática se relacionó constantemente con los neerlandeses, con Brujas, que fue un emporio mercante abierto a todos los productos extranjeros, y con Amberes, las cuales exportaban hacia el Báltico y hacia el Mediterráneo las industrias en que se especializaban las ciudades flamencas: Lila, Arrás, Gante, Valenciennes, Rotterdam y Leyden, entre otras. Con estos intercambios comerciales, Alemania y las Ligas difundieron los conocimientos químicos para fabricar cerveza, constituyendo este uno de los aportes más importantes del periodo al intercambio del conocimiento y de la ciencia (Hough, 1990).

LAS CRUZADAS

Desde el punto de vista económico y de las ciencias, las cruzadas iniciaron una nueva Era. Aunque no lograran el fin religioso y político que perseguían, retrasaron la irrupción de los turcos en Europa, favorecieron la decadencia del feudalismo y el desenvolvimiento de las ciudades libres, y dieron gran impulso al comercio, a la industria, a la navegación y al intercambio de conocimientos en ciencia e ingeniería al trazar caminos que interconectaron a Europa con el Medio Oriente, donde confluían caravanas de China e India. Uno de sus efectos inmediatos fue el poner de nuevo en contacto al mundo latino-germánico con el griego.

Gracias a las cruzadas, el comercio del Occidente europeo halló nuevos mercados en Levante, se generalizó el uso de los instrumentos de crédito y se favoreció el resurgimiento de la navegación, ya que se perfeccionaron las técnicas de construcción de ubicación en el mar para emprender viajes cada vez más largos (Michaud, 1858).

Aunque durante las cruzadas no se dio un intercambio real de ciencia entre Occidente y Oriente, su influencia indirecta en cada rama del conocimiento se hizo notar en ambos bandos. Tal es el caso de la ingeniería civil, cuya influencia se refleja en las construcciones inglesas de la época, al lograr comprender desde la matemática árabe cómo construir rectángulos que se mantuvieran en el tiempo. El desarrollo del estilo Gótico fue posible gracias a la influencia musulmana, por lo que muchos la conocen también como *sarraceno*. El uso de mampostería de piedra fina, arcos ojivales, elaboración de dovelas y concepciones defensivas, que se implementaron en la arquitectura románica y gótica una generación más tarde, también ejemplarizan la influencia de Oriente (Chenault, 2004).

El desarrollo comercial, tal como se ha mencionado, tuvo en esta época poca relevancia, ya que la idea de unos era tomar Jerusalén y de otros era defenderla, por lo que las demás actividades pasaban a segundo plano. Pero, en lo que tiene que ver con el sistema de enseñanza europeo, las cruzadas sirvieron para hacerlo conocer y, de alguna manera, implementarlo entre los musulmanes. Del oriente se *“importaron”* las bases de una ciencia básica aplicada y organizada para estructurar en los modelos europeos de educación. Las cruzadas permitieron además *“intercambiar”* conocimientos acerca de la práctica del baño, del azúcar y de la producción de vidrio, muchas ramas de la industria textil, el arte de la fortificación de castillos, el espíritu de la caballería, y muchos otros conceptos (Tyerman, 2005).

GRANDES VIAJES HASTA EL SIGLO XV

Las cruzadas, al igual que las invasiones tártaras en el nordeste europeo durante el siglo XIII y las misiones religiosas enviadas al Gran Kan, despertaron el deseo por los viajes, el desarrollo de la ciencia y el descubrimiento de nuevas artes, ingenierías y

técnicas (Mollat, 1990). En 1271, los hermanos Nicolás y Mateo Polo, y el hijo del primero, Marco, se encaminaron a China. Pasando por Armenia llegaron a Basora y Ormuz, y al no hallar navegación directa a China, se dirigieron hacia Shangtu, residencia veraniega del Kan, y luego a Pekín. En 1292 emprendieron el regreso a Europa, y después de veinticuatro años de ausencia llegaron a Venecia. Hecho prisionero por los genoveses en la batalla de Curzola, Marco Polo hizo la narración de sus viajes, que sirvieron de guía para navegar a China hasta el siglo XVI.

Otros viajeros famosos fueron Oderico de Pordedone, que llegó a China y visitó Cantón y Pekín, y Juan Merignolli, cuyos descubrimientos en el Extremo Oriente ejercieron decisiva influencia en la cartografía y prepararon el descubrimiento del Nuevo Mundo. Estos pioneros que se atrevieron a ir más allá de lo conocido, sirvieron como difusores de historias, muchas de ellas fantásticas, acerca de lo que habían observado. Describían construcciones, caminos, puentes y algunos procesos científicos que llamaban su atención en cada ciudad que visitaban, por lo que los hombres de ciencia se pusieron también a la tarea de llegar a esas tierras para comprender lo que les estaban contando. Se dio entonces un fenómeno que hasta hoy sigue vigente: la internacionalización del conocimiento mediante visitas de “*expertos*” en las diferentes áreas, y el perfeccionamiento de los procesos por medio de la experimentación de intercambio (Pardo, 1991).

LOS GRANDES DESCUBRIMIENTOS

Tras la toma de Constantinopla por los otomanos en 1453, surgió la necesidad de hallar un nuevo camino para la India, a fin de obtener azúcar, aromas y especias, que habían llegado a ser de consumo general. Esta necesidad determinó los grandes descubrimientos geográficos del siglo XV, debiéndose éstos a portugueses y españoles principalmente. Los portugueses llegaron en 1445 a cabo Verde, y en 1462 a Sierra Leona. En 1484 descubrieron la desembocadura del Congo; en 1486, Bartolomé Díaz cruzó el Cabo de las Tormentas; y en 1497 Vasco de Gama, siguiendo el mismo camino, descubrió el Natal y llegaba a Calicut, residencia del rajá. La ruta marítima de la India había sido hallada.

A su vez, Cristóbal Colón buscó por Occidente el camino marítimo a la India, hallando inesperadamente un continente nuevo interpuesto entre los dos océanos. Efectuó, en doce años, cuatro viajes al Nuevo Mundo, donde descubrió las Grandes y Pequeñas Antillas y tocó tierra continental en Venezuela, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Veragua y el Darién, buscando el estrecho que condujera a Asia. El mismo fin persiguió Vasco Núñez de Balboa pocos años después, pero al cruzar el istmo de Panamá se convenció de que el Nuevo Continente quedaba aislado por dos océanos. Fueron notables también los descubrimientos que, por cuenta de Inglaterra, hicieron los venecianos Juan y Sebastián Caboto, en la región septentrional, y el primer viaje de circunnavegación de la Tierra. Este viaje, iniciado por el portugués Magallanes, al servicio de España, fue culminado por el español Juan Sebastián de El Cano entre 1520 y 1522.

De estos hechos nacieron un sistema colonial a base del monopolio, una revolución monetaria, producida por la gran cantidad de metales preciosos extraídos del continente americano, y una revolución en el conocimiento que desembocaría en lo que luego se conocería como Renacimiento (Le Goff, 1986). Pero tales descubrimientos no hubieran podido realizarse si antes no se hubiesen inventado instrumentos que, como la brújula y el astrolabio, fueron preciosos para la navegación, por lo que los aportes de la Ingeniería y las ciencias en general fueron de gran valía para acometer tales campañas de búsqueda (Universidad de Salamanca, 2006).

Aunque el desarrollo del comercio fue lo que instigó a la circunnavegación del planeta, los grandes logros fueron para la ciencia y la ingeniería. Por ese entonces, estas ramas del saber se encontraban concentradas en algunos personajes que estaban convencidos de que su conocimiento era el todo del saber, por lo que se convirtieron en recelosos y desconfiados en cuanto a compartirlo y difundirlo.

Los conocimientos científicos que sobrevivieron hasta el siglo XIII, se convirtieron en patrimonio personal de unos pocos y, por ello, muchos desaparecieron sin tener una influencia posterior en las culturas.

Las bases científicas muchas veces eran relatos dudosos o fantásticos, y no un conocimiento directo e inequívoco de los hechos. En un momento de la historia, este monopolio cesó súbitamente, debido a la ocurrencia de una serie de hechos, especialmente por los aportes de la invención de la imprenta, que permitió la difusión rápida de información, educación, cultura, y avances en geografía; y los resultados obtenidos en los audaces viajes a Oriente y Occidente (Buckhardt, 2004).

Antecedentes tecnológicos

Como se describió en este artículo, luego de que los cristianos expulsaron a los musulmanes, continuaron aplicando una política expansionista. Aragón le apostó a los viajes hacia el Mediterráneo, mientras que Castilla y Portugal se enfrentaban por el control del Océano Atlántico, las costas de África y la búsqueda de un camino a la India.

Una gran conjunción de acontecimientos: el interés por los estudios humanísticos, la inquietud por observar la naturaleza, y un nuevo y totalmente diferente espíritu de investigación, sirvieron como génesis para el surgimiento de muchos personajes que rompieron la concepción aristotélica y tolemeica acerca de Universo; y al mismo tiempo en muchas partes de Europa, como consecuencia de retomar la lectura de los griegos, se llegó a la conclusión de que la Tierra era una esfera (Pastor, 1970). Además, se produjeron avances en la cartografía y se perfeccionaron la brújula y los demás instrumentos para la navegación, lo que permitió que el espíritu de aventura pasara de bordear las costas a ingresar al mar.

También se conocieron datos acerca de la circulación atmosférica y marina en los trópicos. Los reinos europeos importantes perfeccionaron sus conocimientos cosmográficos, las artes cartográficas y, gracias a los adelantos en ingeniería, la construcción de adecuadas naves para dominar la navegación en mar abierto. Todo esto contribuyó para que se iniciaran los grandes viajes que llevaron a los grandes descubrimientos y al nacimiento del Renacimiento (Martín, 2003).

DISCUSIÓN DE CIERRE

Sobre las ruinas de la sociedad esclavista emergió la sociedad feudal, caracterizada

por un lento desarrollo, y que dio origen a un período de obstrucción —o de retroceso— en cuanto al pensamiento científico-filosófico alcanzado en la sociedad predecesora. Al triunfar el cristianismo e imponerse como la fuerza dominante, la Iglesia se convirtió en el albacea del arte, la cultura y la ciencia, pero con una clara hostilidad hacia lo que consideraba filosofía pagana, lo que determinó que la herencia filosófica cambiara de perspectiva y se orientara hacia las necesidades de propagación de las doctrinas idealistas papales (Sarton, 1937). Por más de diez siglos ésta fue la ideología dominante, por lo que la lucha de clases que se presenta en la Edad Media tiene un claro matiz de lucha religiosa, en la que la filosofía se somete a la teología.

La corriente filosófica que se implanta en la sociedad feudal, la escolástica, tiene como eje central en su postulado la relación entre conocimiento y fe, relación en la que prima la última. La escolástica se convirtió rápidamente en sinónimo de ciencia muerta, alejada de la vida, de la observación y de la experimentación, y su base fue la aceptación sin más de los credos de la Iglesia (Franz, 1980); además, fue una forma filosófica propia de la vida espiritual impuesta a la sociedad feudal, en la que se subordina el pensamiento investigador a la fe religiosa.

Lo alcanzado hasta ese momento, por más de mil años de desarrollo del pensamiento filosófico, fue negando tanto para esta área del conocimiento como para la ciencia, ya que la idea central no era buscar la verdad, sino los medios que permitieran cimentar las “*verdades reveladas*” (Claret, 1984). Tal forma de ver la filosofía, erigida sobre estos cimientos, estaba destinada a debilitarse al momento que la ciencia adquiriera fortaleza y se convirtiera en un campo de investigación independiente, lo que sucedió al surgir un nuevo modo de producción: la Sociedad Capitalista.

Luego de finalizar el largo período del Imperio Romano, el quehacer científico y todo el conocimiento se concentró en el trabajo de pequeños grupos, que en general estaban supeditados a las órdenes religiosas. Los árabes despertaron su interés por la tecnología, aunque de forma desordenada y sin una clara inclinación por el trabajo científico, por lo que fue un período en el

que el trabajo lo realizaban individuos aislados que hicieron nuevos aportes y redescubrieron la ciencia conocida desde antes. En esta época se utilizó por primera vez la palabra "*Ingeniero*": alrededor del año 200 d.C. se construyó una especie de catapulta para atacar los castillos y murallas con las que se defendían las ciudades, a la que se llamó *ingenio* y al operador de la máquina *ingeniator*, del cual se derivó el título de Ingeniero (Shelton, 1990).

La principal gloria de la Edad Media no fueron sus catedrales, su épica o su escolástica: fue la construcción, por primera vez en la historia, de una civilización compleja que no se basó en las espaldas sudorosas de esclavos o peones sino primordialmente en fuerza no humana (Harvey, 1970).

Esto se debe a que la fuerza y la potencia fueron las áreas de mayor interés y desarrollo, estimuladas por la decadencia de la esclavitud y la expansión del cristianismo. Las fuentes de potencia más utilizadas, y de alguna manera más investigadas, fueron la hidráulica, el viento y los caballos, que dieron origen a las ruedas para carretas y carruajes, las turbinas hidráulicas, los molinos de viento y las velas para la navegación. Además, se lograron avances técnicos en el uso del carbón de leña y la fuerza del aire para mejorar los procesos de fundición del hierro; desde China se introdujo el papel, y desde Arabia la pólvora, las ciencias químicas y la óptica. Todos estos aportes: el uso del papel, la imprenta, la brújula, y la ciencia aplicada a la navegación, facilitaron la dispersión del conocimiento y de nuevas esferas del comercio (Marmura, 1965).

Grandes adelantos en vías, túneles, puentes, diques, canales, puertos, muelles y máquinas, se dieron en la Edad Media, en cuyas construcciones se empleó un conocimiento que todavía desborda la imaginación moderna. Ejemplo de la capacidad de los "*ingenieros*" de la época es el cuaderno de viajes del francés Villard de Honnecourt (Patetta, 1997), en el que plasmó las experiencias de sus viajes mediante dibujos en los que revela un amplio conocimiento en matemáticas, geometría, ciencias naturales y artesanías. También data de entonces el reloj mecánico en Europa, y en Asia el surgimiento de complejas técnicas

ingenieriles de construcción, en hidráulica y en metalurgia, con las que el Imperio Mongol creó la civilización que tanto impresionó a Marco Polo (Beakley and Leach, 1987).

También se elevó la productividad en la agricultura mediante la tala de bosques y la introducción del sistema de tres campos; la introducción del arnés de pecho chino condujo a mejoras en el sector del transporte, donde los bueyes se sustituyeron por caballos; la tecnología del molino de viento fue introducida desde Persia en el siglo X; los molinos de agua llegaron a Europa en la misma época y se hicieron más eficientes; se desarrollaron nuevos oficios en las ciudades y se organizaron los gremios. Éstas y otras innovaciones tecnológicas fueron actividades de las clases trabajadoras, ya que la ciencia requería patrocinio de las clases dominantes (Furnas and McCarthy, 1966).

A principios de la Edad Media, el Imperio de Occidente se estaba desmoronando y la clase gobernante se mostraba desordenada, por lo que la única institución para mantener la tradición científica estaba en el Este. El Imperio Romano de Oriente, con su capital Constantinopla, conocido como el Imperio Bizantino, trajo un buen número de estudiosos desde el Oeste, y el emperador Constantino había creado una universidad en el año 330. El plan de lectura de entonces estaba integrado por la retórica, las cuatro ciencias exactas: aritmética, geometría, teoría musical y astronomía, que componían el *quadrivium*, y la "*física*", que incluía la química, la biología y la medicina. Pero el cierre de la Academia de Atenas por Justiniano significó la pérdida de personal docente calificado, que trató de conseguir empleo en la corte persa; como resultado, la ciencia perdió mucha de su calidad, incluso en el entorno relativamente estable de Bizancio (Pardo, 1991).

Durante la "*Era de la Ciencia Escolástica*", la cercanía del Imperio Bizantino a los imperios islámicos produjo muchas obras enciclopédicas sobre la base de las traducciones de textos árabes —que a su vez eran traducciones del griego. En el contexto de la historia de la ciencia, Theodorides dice: Nadie puede asegurar que los textos científicos bizantinos fueron de un valor científico excepcional, ya que la mayoría de ellos no

eran más que pobres compilaciones de los primeros trabajos griegos o helenísticos (Pekonen, 2000).

Tanto que uno de los mejores científicos del siglo X, Gerbert de Aurillac, no sabía qué hacer con los números de la India cuando los vio en los textos árabes.

Para finales de la Edad Media, la ciencia en Europa se había sobrepuesto a todos estos acontecimientos negativos, y había sobrepasado el nivel alcanzado en la Antigüedad. Se despertó el interés por una tecnología práctica, y se abandonó la teórica; se buscaba una forma distinta de poder hacer las cosas, de tal manera que facilitara la vida y el desarrollo del comercio; se despertó el interés por el mundo natural al que intentaban entender mediante la observación, aprovechando el tiempo libre que les quedaba al no mantener las continuas guerras (Grant, 1974).

Luego de que los cristianos recuperaran de los musulmanes la Península Ibérica y Sicilia, también adquirieron el conocimiento de las bases de las matemáticas y las ciencias, que éstos habían estudiado y perfeccionado desde las ideas antiguas y las nuevas que llegaban de Asia: heredaron el sistema numérico arábigo, y el concepto del cero, traído de la India.

Los procesos de investigación práctica retaron a la lógica en la comprensión de las leyes naturales; la observación se reconoció como principio de alto valor, y la experimentación y la evidencia empírica, como métodos para probar las teorías. Estos acontecimientos darían después lugar al método científico, una de las más sobresalientes características del Renacimiento, que da origen a la investigación científica moderna (Acaso, 1969).

REFERENCIAS

1. Acaso, F. (1969). Arte y ciencia en la encrucijada de nuestro tiempo. Cuadernos del Idioma, Vol. 3, No. 11, pp. 25-34.
2. Beakley, G. C. and Leach H. W. (1987). Engineering. An introduction to a creative profession. New York: The Macmillan Company.
3. Beakley, G. C. and Leach H. W. (1987). Engineering. An introduction to a creative profession. New York: The Macmillan Company.
4. Beaujouan, G. (1963). Medieval Science in the Christian West. In Ancient and Medieval Science, Thames and Hudson (Eds.). London: McEvoy.
5. Bernis, M. (1956). La ciencia hispano-árabe. Madrid: Publicaciones Españolas.
6. Braudel, F. (1984). The Perspective of the World. Civilisation and Capitalism 15th-18th Century. California: University of California Press.
7. Buckhardt, J. (2004). La cultura del Renacimiento. Madrid: Editorial Akal.
8. Carreras, V. R. (2005). Los catalanes Juan Cabot y Cristobal Colom: la verdad sobre el descubrimiento de América. Barcelona: Editorial MAXTOR.
9. Castro, A. J. (1975). La ingeniería y el arte de los ingenieros. Revista de Obras Públicas, Vol. 122, No. 3126, pp. 735-744.
10. Chafuen, A. A. (1991). Economía y ética, raíces cristianas de la economía de libre mercado. Madrid: Ediciones RIALP S.A.
11. Chenault, D. (2004). Castles And Crusades Players Handbook. Berlín: Chenault and Gray.
12. Claire, P. (1985). Breakthroughs: A chronology of great achievements in science and mathematics. Londres: G. K. Hall & Company.
13. Claret, Z. A. (1984). Una apreciación evaluativa de la Edad Media desde el punto de vista de las ciencias. Seminario Historia de las Ciencias, Facultad de Educación, Universidad del Valle.
14. Drahos, P. and Braithwaite J. (2002). Information Feudalism: Who Owns the Knowledge Economy? London: Earthscan Ltd.
15. Dutour, T. (2003). La ciudad medieval. Orígenes y triunfo de la Europa urbana. Buenos Aires: Paidós.
16. Franz, G. (1980). Las transformaciones en el mundo mediterráneo. México: Siglo XXI.
17. Furnas, C. C. and McCarthy J. (1966). The engineer. New York: Time.

18. Glanville, A. R. (2009). Científica: La guía completa del mundo de la ciencia: matemáticas, física, astronomía, biología, química, geología, medicina. Berlín: Köln.
19. Glick, T. F., Livesey S. J. and Wallis, F. (2005). Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia. London: Routledge.
20. Grant, E. (1974). A source book in medieval science. Massachusetts: Harvard University Press.
21. Gual, C. M. (1976) Vocabulario del comercio medieval: Colección de aranceles, aduaneros de la corona de Aragón (siglos XIII y XIV). Barcelona: El Albir.
22. Harvey, J. (1970.) The Gothic World. 1100-1600: a survey of architecture and art. London: Batsford.
23. Hayek, F. A. (1981). Nuevos estudios en filosofía, política, economía e historia de las ideas. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
24. Heckscher, E. (1993). La época mercantilista. Historia de la organización y las ideas económicas desde el final de la Edad Media hasta la sociedad liberal. México: Fondo de Cultura Económica.
25. Hough, J. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza: Acribia.
26. Ifrah, G. (2000). The universal history of numbers: From Prehistory to the Invention of the Computer. New York: John Wiley & Sons.
27. Johnson, S. (1983). Late Roman Fortifications. Londres: Barnes & Noble Imports.
28. Kennedy, E. S. (1983). Studies in the Islamic Exact Sciences. Archaeoastronomy, Vol. 8, pp. 168-190.
29. Kriedte, P. (1998). Feudalismo Tardío y Capital Mercantil. Buenos Aires: Crítica.
30. Le Goff, J. (1986). Lo maravilloso y cotidiano en el Occidente medieval. Barcelona: Gedisa.
31. Lucas, A. R. (2005). Industrial Milling in the Ancient and Medieval Worlds: A Survey of the Evidence for an Industrial Revolution in Medieval Europe. Technology and Culture, Vol. 46, No. 1, pp. 1-30.
32. Marmura, M. E. (1965). An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines. Conceptions of Nature and Methods Used for Its Study by the Ikhwan Al-Safa'an, Al-Biruni, and Ibn Sina by Seyyed Hossein Nasr. Speculum, Vol. 40, No. 4, pp. 744-746.
33. Martín, C. (2003). Arte de navegar. Breve compendio de la Sphera. Sevilla: Maxtor editorial.
34. Michaud, M. (1858). Historia de las Cruzadas. México: Editorial Uteha.
35. Mollat, M. (1990). Los exploradores del siglo XIII al XVI. Primeras miradas sobre nuevos mundos. México: FCE.
36. Nasr, S. H. (2003). Science and Civilization in Islam. London: Islamic Texts Society.
37. Pardo, T. J. (1991). Ciencia y censura. La Inquisición española y los libros científicos en los siglos XVI y XVII. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
38. Pastor, R. (1970). La Ciencia en el descubrimiento de América. Barcelona: Espasa-Calpe.
39. Patetta, L. (1997). Historia de la Arquitectura: Antología Crítica. Madrid: Celeste Ediciones.
40. Pekonen, O. (2000). Gerbert of Aurillac: Mathematician and Pope. Mathematical intelligencer, Vol. 22, No. 4, pp. 67-70.
41. Pomerans, A. J. (1967). Ancient and Medieval Science. Thames and Hudson (Eds.). Volume 1 of A General History of the Sciences. London: McEvoy.
42. Rosenthal, F. (1991). Science and medicine in Islam: A collection of essays. Londres: Variorum Reprint.
43. Saliba, G. (1994). A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories During the Golden Age of Islam. New York: NYU Press.
44. Saravia, G. A. M. y Amorim L. F. (2009). Influencia de la Ingeniería en el desarrollo comercial de la humanidad: Edad Antigua. Revista Digital Lampsakos, No. 2. pp. 79-89.
45. Sarton, G. (1937). The history of science and new humanism. Cambridge: Harvard University Press.
46. Schung-Wille, C. (1978). Bizancio y su mundo. Enciclopedia Universal del Arte, Tomo IV: Bizancio y el Islam. Barcelona: Plaza & Janés S. A.
47. Shelton, K. R. (1990). Engineering in history. New York: Dover.
48. Smith, A. (1998). Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones. Barcelona: Oikos-Tau S.A.
49. Tyerman, C. (2005). Fighting for Christendom: Holy War and the Crusades. USA: Oxford University Press.

50. Universidad de Salamanca. (2001). Pórtico a la ciencia y a la técnica del Renacimiento. Castilla y León: Consejería de Educación y Cultura.
51. Williams, T. I. (1979). Engineering in the ancient world. Endeavour, Vol. 3, No. 2, pp. 89.

Ω