SUMA 47
Noviembre 2004, pp. 93-97

Leon Battista Alberti, la ingeniería y las matemáticas del Renacimiento

Hace seiscientos años, el 14 de febrero de 1404 nació en Génova Leon Battista Alberti, uno de los principales representantes del Renacimiento italiano. Se iniciaba el Quattrocento: las ciudades europeas volvían a la vida, después de la trágica crisis del siglo precedente, marcado por las carestías, la guerra de los cien años y la peste negra, la terrible epidemia desencadenada en 1347. Alberti pertenecía a una conocida familia de Florencia, uno de los centros más vitales del espectacular desarrollo industrial, comercial y financiero europeo de los siglos XI-XIII, un periodo que puede ser considerado como una Revolución industrial de la Edad Media. A partir de mediados del siglo XIV y durante el siglo XV, la difícil coyuntura y sobre todo las fluctuaciones monetarias provocaron una dramática serie de bancarrotas de compañías y bancas florentinas que minaron el poder de la ciudad. Paradójicamente, en esas circunstancias las letras y las artes conocieron una época de esplendor, marcada por las figuras de los grandes humanistas (como, ente otros, Marsilio Ficino y Pico della Mirandola) que se reunían en el círculo neoplatónico de Lorenzo de Medici y por los grandes artistas que crearon el inigualable paisaje urbano que aún hoy podemos contemplar.

León Battista Alberti (1404-1472)

Alberti destaca en este ambiente por su personalidad intelectual polifacética. Licenciado en derecho canónico por la universidad de Bolonia en 1428, en su juventud escribió numerosas obras en latín sobre todos los temas típicos del humanismo, como la educación, el gobierno, la moral y el elogio del saber desinteresado independiente del ejercicio de una profesión y del dinero. Su vida transcurrió entre Florencia y Roma —pues se mantenía gracias a algunos beneficios eclesiásticos que le fueron concedidos— y frecuentó los círculos de humanistas en ambas ciudades. Su actividad principal puede ser considerada su trabajo de consejero de varios papas en relación con la renovación urbana de Roma, así como la recuperación y restauración de edificios e iglesias en varias ciudades italianas. Alberti es autor de muchos proyectos que sin embargo no dirigió en primera persona. Podríamos decir que la suya fue una labor de consultoría, y además de elaboración teórica del pensa-

Mientras que el interés por las matemáticas de muchos humanistas era esencialmente filosófico y con connotaciones místicas, en Alberti encontramos el eco de la matemática práctica, típico de la tradición italiana derivada de la obra de Fibonacci.

Ana Millán
hace.suma@fespm.org

miento técnico del Renacimiento. Entre sus amistades se contaban Filippo Brunelleschi y otros muchos artistas, así como dos matemáticos, Paolo Toscanelli y Luca Pacioli.

Efectivamente, Alberti había empezado a estudiar matemáticas durante los años de una enfermedad juvenil que le había obligado a interrumpir sus estudios universitarios. Ahora bien, mientras que el interés por las matemáticas de muchos humanistas era esencialmente filosófico y con connotaciones místicas, ligado al renacer del interés por el pensamiento de Platón y a la circulación de las ideas de la cábala, en Alberti encontramos el eco de la matemática práctica típico de la tradición italiana derivada de la obra de Fibonacci, que condujo entre los siglos XV y XVI a un espectacular desarrollo del álgebra.

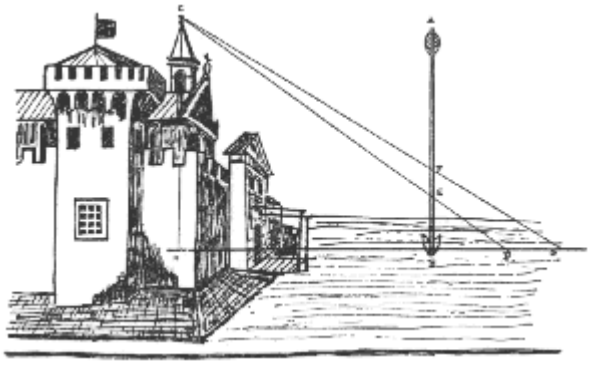

Figura 1.

La principal obra matemática de Alberti, *Ludi matematici* (escrita en torno a 1452, de la que procede la figura 1), está dedicada a la geometría práctica, esto es a las reglas de medición (superficies de terrenos, altura de torres, distancias entre ciudades); y escribió también una obra dedicada a la criptografía *De componendis cifris* (escrito en torno al 1466).

En contraste con la opinión de muchos humanistas, Alberti defendió la escritura en lengua vulgar y en su obra principal en toscano (la matriz del italiano actual), *Sobre la familia*, defiende una educación y un estilo de vida que permitieran el desarrollo de toda la potencialidad de la persona, sin desdeñar las actividades prácticas y un moderado bienestar económico obtenido con ellas. Si en el humanismo renacentista se suele ver la ruptura con la época medieval y el papel de la herencia clásica en la creación de la cultura occidental, la figura de Alberti permite acercarse a la herencia medieval y al papel de la técnica en la cultura europea, y al lugar de las matemáticas en el saber del ingeniero moderno.

Si en el humanismo renacentista se suele ver la ruptura con la época medieval y el papel de la herencia clásica en la creación de la cultura occidental, la figura de Alberti permite acercarse a la herencia medieval y al papel de la técnica en la cultura europea, y al lugar de las matemáticas en el saber del ingeniero moderno.

Los humanistas miraban al pasado medieval como una época de estancamiento, de oscurantismo religioso e ignorancia, y su ideal era la cultura greco-latina y la exaltación de la dignidad humana, del libre ejercicio del espíritu crítico. La visión que aún hoy persiste de la Edad Media es fruto en gran parte de este punto de vista, que desfigura la rica evolución de Europa después del año mil. Es cierto también que la cultura latina medieval se había centrado en los problemas de matriz teológica, que condicionaban sin duda el ejercicio del libre pensamiento. Aun así, en las universidades y los monasterios europeos se llevó adelante un intenso trabajo filosófico y científico, que se confrontó con la herencia greco-latina y con los autores del islam clásico. En un estadio bastante avanzado de este trabajo, y precisamente a causa de su relevancia, las autoridades eclesiásticas cristianas intervinieron imponiendo una rígida censura a la actividad intelectual.

La visión de la Edad Media europea como una *época oscura* implica además ignorar la extraordinaria evolución de la innovación y del saber técnico. El interés por las actividades prácticas, por la acción opuesta a la contemplación, representaba uno de los rastros de la herencia del Imperio romano, aunque en la época medieval la evolución técnica experimentó una fuerte aceleración, facilitada por los cambios en el contexto cultural, social y político. A partir del siglo XI fueron introducidas invenciones en todos los ámbitos de la actividad humana, que la sociedad europea acogió y desarrolló con entusiasmo y vitalidad. Ejemplos fundamentales son: la rotación trienal de los cultivos; la explotación de la energía animal del caballo en la agricultura gracias a un correcto aparejo; la explotación de la energía hidráulica, con el molino de agua, no sólo para moler el trigo sino en la industria (textil, como en la figura 2, que muestra la operación de abatanadura de los tejidos, así como metalúrgica, de fabricación de la cerveza); el desarrollo de las armas de fuego, de las máquinas simples para alzar o transportar pesos, usadas en la actividad militar y en la construcción y de otras máquinas, como la rueca; y la invención del mecanismo por excelencia, el reloj mecánico que sustituyó a los antiguos relojes de agua y solares.

El mundo medieval había sufrido una cierta esquizofrenia respecto al bullir de la actividad técnica, por la rígida separación entre las artes mecánicas y las artes liberales y el consecuente

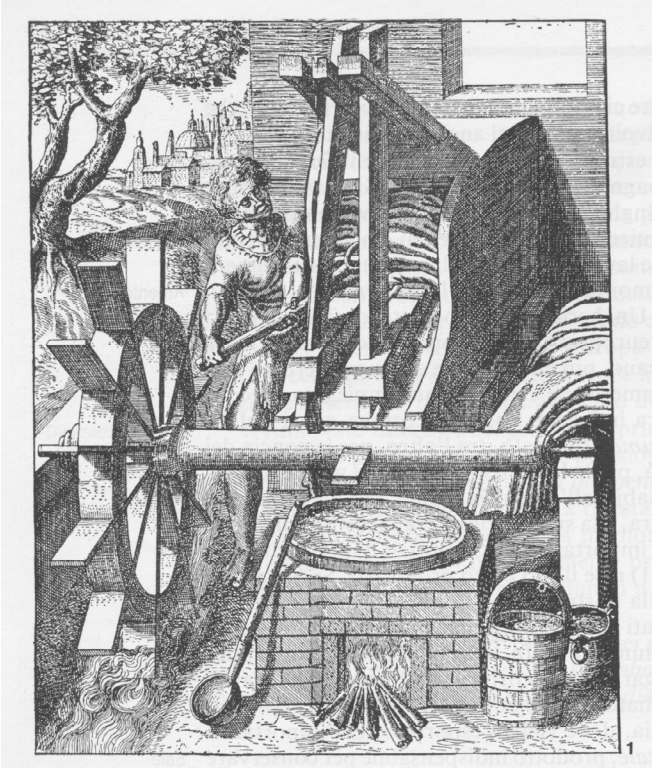

Figura 2

desprecio entre los universitarios y los eruditos por el trabajo manual y por la actividad práctica, que englobaba sin distinción la actividad de los artesanos, de los artistas y de los técnicos. Este punto de vista tiene ilustres precedentes en los pensadores griegos, y se mantuvo incluso durante el Renacimiento, a pesar del nuevo interés que se registraba por las cuestiones de la vida terrena. Leonardo de Vinci (1452-1519) se queja en sus escritos de la actitud de censura hacia él de los humanistas:

> Aunque no supiera aducir como ellos a los autores, mucho más digno de ser leído es aquello donde se aduce la experiencia, maestra de sus maestros. Van hinchados y pomposos, vestidos y ornados no de sus fatigas, sino de las fatigas de otros; y a mí mismo no conceden las mías; y si me desprecian a mí inventor, cuanto mayor desaprobación merecerán ellos, que no son inventores sino tromperos y recitadores de obras ajenas.
>
> *Códice Atlántico*.

Y también en 1577 Guidobaldo del Monte escribía en sus *Libros de mecánica*:

> Pero puesto que esta palabra Mecánica no será comprendida por todos según su verdadero significado, y al contrario los habrá que la considerarán un término injurioso (ya que en muchas partes de Italia es habitual llamarle a uno Mecánico como burla e insolencia, y algunos consideran un desprecio ser llamados Ingenieros) no será un despropósito recordar que Mecánico es un vocablo honestísimo … el que conviene a un hombre de alto negocio que sepa con sus manos y con su juicio llevar a cabo obras maravillosas de singular utilidad y para el placer del vivir humano.

Durante el Renacimiento italiano se experimentó, entre los arquitectos e ingenieros (constructores de máquinas o *ingenios*), la exigencia de elaborar las bases teóricas de la propia actividad; y a esta tarea Alberti dio una contribución fundamental. Entre Medioevo y Renacimiento se debe hablar de arquitecto-ingeniero, pues ambas profesiones coincidían en la figura de un experto en construcción, conducción del agua y máquinas, con una marcada predilección por las aplicaciones militares y un mayor interés por las máquinas respecto a los técnicos romanos, que eran sobre todo grandes constructores de edificios y obras públicas. Ya en época medieval estos ingenieros empezaron a salir del anonimato de los artesanos y mecánicos y han llegado hasta nosotros algunos de sus escritos. Pero es sobre todo el Renacimiento la primera edad de oro de la ingeniería moderna, con un amplio conjunto de arquitectos-ingenieros, una gran producción de tratados técnicos y los primeros intentos de introducir las patentes para proteger a los *agudísimos ingenios capaces de excogitar y hallar varios artificios ingeniosos* (como se lee en una ley emanada en Venecia en 1474).

El mundo medieval había sufrido una cierta esquizofrenia respecto al bullir de la actividad técnica, por la rígida separación entre las artes mecánicas y las artes liberales y el consecuente desprecio entre los universitarios y los eruditos por el trabajo manual y por la actividad práctica de los artistas y de los técnicos.

Durante los siglos XV y XVI se registra una doble evolución de la ingeniería. Por una parte, la profesión de ingeniero experimenta una maduración: las cortes europeas comienzan a sentir la exigencia de contar con ingenieros que se ocupen, más allá de las máquinas de guerra, de la dirección de proyectos técnicos como la conducción de las aguas, los caminos o los puentes. Por otra parte, se da un fuerte impulso a la creación de una ciencia del ingeniero, esto es, una disciplina sistemática basada en una producción escrita. A este fin, los ingenieros del Renacimiento juzgaban fundamental la asociación de la técnica con las matemáticas, las cuales podían dar una

contribución fundamental para elevar la dignidad cultural de la ingeniería.

La relación entre las matemáticas y la ingeniería avanzaba con titubeos. En realidad, se trataba de una situación heredada del mundo clásico, en el que la tradición empírica de la ingeniería coexistía con una tradición técnica *matemática* que databa de la época helenística. Muchos ingenieros (*mechanici*) activos en el mundo romano habían recibido una formación matemática en Alejandría. Y los estudiosos alejandrinos habían producido algunos tratados importantes que examinaban cuestiones técnicas con el auxilio de la geometría. Un primer ejemplo es la *Óptica* atribuida a Euclides, un estudio matemático de la visión muchos de cuyos teoremas se relacionan directamente con lo que Herón llama la escenografía (*cómo conviene dibujar* [gráphein] *las imágenes de los edificios*), es decir, los problemas del dibujo y la representación gráfica. Otro ejemplo fundamental es la *Mecánica* de Herón, en la que se examinan las cinco máquinas simples. Y sobre todo, las obras de estática (*Sobre el equilibrio de los planos*) e hidrostática (*Sobre los cuerpos flotantes*) de Arquímedes, que sientan las bases de una ciencia teórica de la mecánica, representan el punto de referencia fundamental de esta tradición.

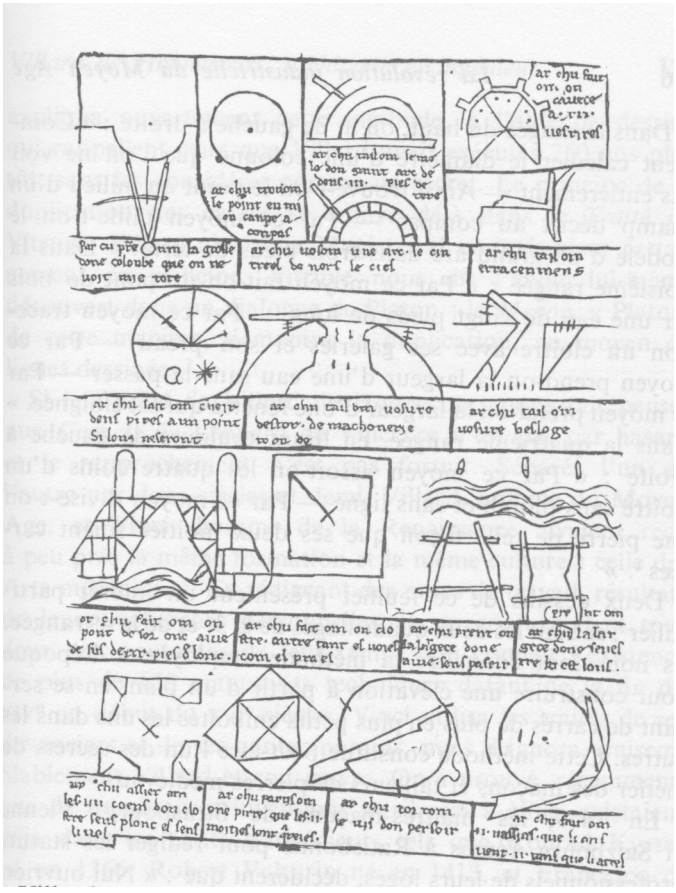

Figura 3

Un segundo filón era representado por una obra dedicada a las máquinas, la *Mecánica*, atribuida a Aristóteles, que circuló entre los siglos XV y XVI en la versión latina con el título *Quaestiones Mechanicae*, y traducida en varias lenguas vulgares. En ella el lenguaje geométrico se combina con una visión de la máquina como un *engaño* a la Naturaleza, como un artificio. En la tradición empírica se inscribían los *Diez libros de arquitectura de Vitrubio* (siglo I), que aunque defendía la exigencia de una formación sólida para el ingeniero y utilizaba la geometría, presentaba esencialmente en su obra reglas prácticas y no aplicaba la estática matemática.

Los estudiosos alejandrinos habían producido algunos tratados importantes que examinaban cuestiones técnicas con el auxilio de la geometría.

En muchos tratados renacentistas, la solemne afirmación de la importancia de las matemáticas en la actividad del ingeniero presente en la introducción, contrastaba con la total ausencia en sus páginas de cálculos precisos relativos al diseño de las máquinas y en relación con su rendimiento. Si embargo, los historiadores de la técnica consideran que Brunelleschi se basó en estudios matemáticos de estática y geometría de la elipse para construir la cúpula de la iglesia de Santa Maria del Fiore, en la que trabajó entre 1420 y 1436. Y Leonardo analizó geométricamente muchas de las máquinas típicas de la técnica europea, el molino de agua, los engranajes y la rueca. Alberti, por su parte, en su tratado *Della pittura* (1432), dedicada a las nuevas concepciones renacentistas, se ocupó de la teoría de la perspectiva como técnica pictórica formulando sus resultados en el lenguaje geométrico de la óptica de Euclides.

La representación gráfica basada en la geometría constituye uno de los aspectos fundamentales de la sistematización del saber técnico. Un ejemplo de época medieval es la representación *ingenua* por medio de la cuadriculación en los croquis de los cuadernos de notas del ingeniero francés Villard de Honnecurt (primera mitad del siglo XII). Los límites del pensamiento geométrico de los ingenieros del Renacimiento son evidentes en otra obra fundamental de Alberti, *De re aedificatoria*, dedicada a la técnica de la construcción. Este tratado, compuesto en latín entre 1443 y 1452, pretende emular y superar la obra de Vitrubio (la obra de Alberti fue

publicada después de su muerte, en 1485, y dos años después lo fue la de Vitrubio: eran los primeros años de la imprenta).

Alberti, gran admirador de los logros técnicos de Brunelleschi, distinguía lúcidamente los aspectos estéticos y los aspectos de ingeniería que se entremezclaban en la arquitectura, y a la vez consideraba que el diseño sobre bases matemáticas distinguía al arquitecto del simple técnico especializado. Sin embargo, las matemáticas entraban en la actividad constructiva a través de la forma y no a través de la estática de los edificios. En su obra se utiliza el lenguaje de las proporciones para presentar en forma matemática reglas empíricas —por ejemplo en la construcción de los puentes de piedra— y, a la vez, partiendo de la teoría de las proporciones se derivan criterios estéticos, inspirados por la teoría musical y basados en las clásicas medias aritmética, geométrica y armónica.

Las concepciones de Alberti, que buscaban recuperar la monumentalidad de la arquitectura clásica, inspiraron algunos famosos edificios de la época, como la fachada de Santa Maria Novella en Florencia, una iglesia gótica del siglo XIII, que fue reformada en 1458.

El Renacimiento italiano representa un periodo de transición en la relación de las matemáticas con la praxis, tanto en la esfera técnica como en el comercio y otras actividades. La antigua tradición de matemática práctica, basada en recetas empíricas, que coexistía con la matemática culta de matriz griega, recibió una gran atención. Al mismo tiempo, recibió nuevo impulso la aplicación de la matemática teórica a problemas técnicos. La interacción entre las matemáticas y la técnica en la Europa moderna se mostró fecunda para ambos sectores del saber. Así, algunos importantes problemas técnicos, en los campos de la fabricación de lentes y la balística, fueron un estímulo poderoso en el desarrollo del cálculo infinitesimal en el siglo XVII. Los estudios de perspectiva de Alberti, junto a los de Durero —que hicieron obsoleta la óptica euclidiana— se colocan en los orígenes de la renovación de la geometría con el desarrollo de la geometría proyectiva. Viceversa, durante los siglos XVIII y XIX las nuevas técnicas matemáticas y de la física-matemática mostraron una utilidad efectiva en la actividad del ingeniero que transformó profundamente las formas tradicionales del pensamiento del ingeniero.

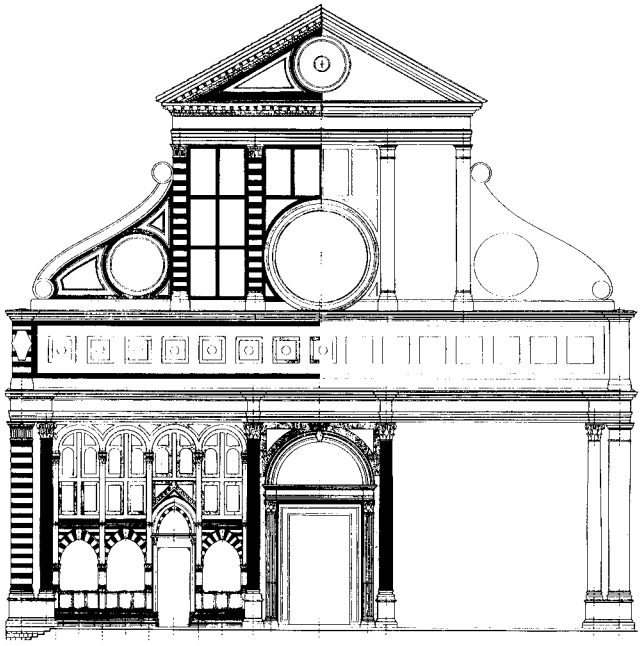

Figura 4. Foto FMC

Característico del ingeniero moderno fue la sustitución de una visión estático-arquitectónica de la realidad técnica por una visión dinámica, de proceso, de optimización. El análisis matemático sustituyó naturalmente a la teoría de las proporciones y a la geometría clásica, renovando y consolidando a la vez la unión entre matemáticas y ciencias de la ingeniería. El uso de las matemáticas y de la ciencia llevó así a alejar la figura del ingeniero de la figura del artista. De hecho, en la ingeniería moderna la relación con las matemáticas ha sido a menudo de amor-odio, porque se ha identificado en las matemáticas la pérdida de algunos elementos que distinguen al pensamiento técnico del pensamiento científico, el valor de la inspiración, de la experiencia y de la interacción directa con la realidad. ■