

á la multiplicacion de los claros más bien que á la elevacion de la altura, de conformidad con lo que tiene lugar en las avenidas, con las cuales el ancho de la corriente aumenta en una proporcion mucho mayor que la altura.

III. Disposiciones.

Ya hemos dicho que en las construcciones industriales se debe atender más al resultado económico que á la belleza, y que solamente debe procurarse ésta, en cuanto sea compatible con aquel resultado; esta verdad tiene especial aplicacion en las obras de los ferro-carriles que quedan por construir, en donde no solamente debe abolirse el lujo, sino limitar los gastos de apariencia á los puramente indispensables, sobre todo en los que se hallan distantes de los centros de poblacion y fuera del exámen del público, como las que ahora nos ocupan.

Esto supuesto, no deberá extrañarse que en todo cuanto sigue nos declaremos absolutamente por la simplicidad y naturalidad de las formas, que deben constituir la verdadera belleza á los ojos de las personas en quienes los principios de la ciencia ha formado el gusto, las cuales esperamos acabarán con la confusion á que ha dado lugar la cuestion de disposiciones, fallando en conformidad de lo que esos principios aconsejen.

De las diferentes partes en que se puede dividir una obra de fábrica, ninguna ha sido tan discutida como la bóveda, que aun hoy es uno de los puntos ménos claros de la teoria de las construcciones; hasta ahora, si solo se hubiera atendido á los principios científicos, se hubiera adoptado para la curva de intrados la forma parabólica, pero consideraciones prácticas han hecho adoptar el arco de círculo, ó la combinacion de varios de estos arcos tangentes entre sí.

Aunque en los primeros ferro-carriles se hayan empleado alguna vez las bóvedas compuestas con diferentes arcos, la urgencia con que despues se han ejecutado las obras y las mismas consideraciones que han aconsejado la abolicion del arco parabólico, han hecho tambien desaparecer completamente aquellos, así que en las colecciones de modelos solo se encuentra ya el arco único con una flecha que varia

desde $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{2}$ de la cuerda ó luz.

La comision que ha redactado la coleccion oficial, así como las propuestas de las compañías, han fundado la adopcion del arco rebajado en la única razon que puede darle ventaja sobre el de medio punto, á saber: la mayor superficie de desagüe que proporciona, supuesta igual la altura entre las fundaciones y el intrados, ventaja que, como vamos á ver, es insignificante con relacion al desagüe total.

(Se continuará.)

EDUARDO PELAYO.

CONTESTACION

AL DISCURSO LEIDO ANTE

la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales,

EN LA RECEPCION PÚBLICA

del

SR. D. JOSÉ MORER,

POR EL ACADÉMICO DE NÚMERO

SEÑOR DON JOSÉ DE ECHEGARAY.

(Conclusion.)

Veis por lo tanto, que hay materia sobrada en los trabajos modernos para llenar las pocas páginas de este discurso, si su índole especial no excluyera los detalles técnicos, y si por otra parte no hubiera condensado el nuevo académico en una sola frase, todo lo que de ellos puede decirse en términos generales: reaccion en favor del sistema romano, acueductos de fábrica, conduccion cubierta; hé aqui, pues, el sistema mas perfecto para el abastecimiento de las poblaciones.

Poco se ha adelantado en el problema que nos ocupa durante los diez y nueve siglos de nuestra era, segun de lo espuesto se deduce: mas séanme permitidas sobre esta conclusion algunas reflexiones.

Las necesidades materiales aparecen en los pueblos mucho antes que las aspiraciones del espíritu. Lo primero es vivir, siquiera sea arrastrando pobre vida material y prosaica; que despues de haber provisto á lo que exige la conservacion de nuestro organismo, llegará su turno á las elucubraciones científicas, á las creaciones artísticas, á las concepciones filosóficas. No de otra suerte al elevar la magnífica fábrica de un edificio, es lo primero, aunque lo mas bajo, el tosco cimiento, y lo último, aunque lo mas elevado, las graciosas hojas del capitel, las ricas y primorosas líneas de la cornisa.

Las necesidades materiales son, por otra parte, apremiantes; no admiten espera, y ó se ven satisfechas, ó hieren de muerte. Hé aqui porqué, así en los mil problemas de la industria privada, como en las grandes construcciones que han de satisfacer necesidades públicas, lo primero que aparece en orden histórico es la solucion empírica, es decir, una solucion buena ó mala, perfecta ó imperfecta, pero que cumpla por el pronto con su objeto, y satisfaga hasta donde fuere dado la necesidad social que la motiva.

Aplicando este principio al caso concreto que nos ocupa, podemos comprender cómo en la práctica de las construcciones rayaba ya tan alto la nacion romana.

Nos hallamos, en efecto, ante un pueblo fuerte, rico, poderoso, heredero de grandes civilizaciones ya casi estinguídas; poseyendo parte, si no todo el tesoro de conquistas científicas y artísticas, que en miles y miles de años acumularan el Oriente y la Grecia. La raza humana llevaba para entonces siglos y siglos construyendo muros, alzando columnas, labrando piedras y horadando rocas; habia construido ya los templos subterráneos de la India y el llamado Monasterio de Bronce de Ceilán; los palacios de Ninivi y de Persepolis, y los templos de Babilonia; las pirámides de Menfis, el templo de Karnac y el sepulcro de Manepthah; los muros pelásgicos de Mycenae y los admirables templos griegos; y penetrando aun mas en la ley empírica del equilibrio, el dintel monolítico habia ya cedido el puesto al arco romano. Los arquitectos poseian, pues, principios y reglas, empíricos aquellos, incompletas estas, pero de gran valor práctico todos; y ¿qué mucho que llegara á tal perfeccion relativa el pueblo latino, si á

costa de millares de años, y de una y otra civilización, la había conseguido?

En la historia de la humanidad, Grecia y Roma son de ayer, y un día los diez y nueve siglos de nuestra era; latín hablamos; derecho romano rige nuestras relaciones sociales; en los grandes poetas clásicos ponemos nuestro ideal artístico, y todavía procuramos imitar sus monumentos.

Esto, por lo que se refiere a la cuestión de arte; en cuanto al problema hidráulico, podemos aun hacer consideraciones análogas. El hombre observador llevaba miles y miles de años viendo correr el agua por lechos inclinados, y poseía ya prácticamente, no la *ley*, pero sí el *hecho* de la pesantez; en la India y en el Egipto había construido canales de riego y canales de navegación; y no es maravilla que el arquitecto romano, que sabía construir muros y voltear bóvedas, y que conocía este hecho, que el agua corre por los planos inclinados, combinando sus conocimientos de arquitecto y de hidráulico, disponiendo de ricas canteras para obtener piedra, y de millares de esclavos, que de las razas vencidas, como de canteras humanas, arrancaban sin piedad, a costa de sangre y muerte, las vencedoras legiones, levántase los magníficos acueductos que hoy admiramos, y que aun son, en cuanto obras de arte, ejemplos dignos de estudio.

La *verdad*, ya se descubra experimentalmente y se formule en ley empírica, ya se demuestre *a priori*, es eterna e invariable; siglos y siglos pasan; la ciencia crece y se desarrolla; dilatándose los horizontes del saber, y sin embargo la verdad descubierta subsiste invariable. Hé aquí por qué la geometría de Euclides es tan exacta en nuestra moderna y tantas veces renovada sociedad europea, como lo fué en el mundo griego; hé aquí por qué, volviendo al tema que nos ocupa, subsisten las soluciones de los arquitectos romanos para el establecimiento de aguas; como que están fundadas en una ley natural, tan sencilla, y relativamente de aplicación tan fácil, que ocurre sin gran esfuerzo. Podrá variar la manera práctica de realizar dichas soluciones: a un material de construcción podrá sustituirse otro; a los acueductos de fábrica, los acueductos de hierro; a las cañerías de barro, los tubos de fundición; a las toscas llaves primitivas, otras de mecanismo mas perfecto; podrá haber adelanto en la manera de ejecutar las obras, pero la idea fundamental siempre será la misma; un lecho inclinado, de piedra, de tierra ó de hierro, por donde corra el agua, y muros ó bóvedas para sostenerlo; porque la ley de la gravitación en el plano inclinado es invariable en el tiempo. Yo distingo, sin embargo, en todo fenómeno natural, dos partes diversas: el hecho en sí, es decir, su forma externa ó su apariencia, y su ley numérica, que es la verdadera ley del fenómeno.

Que por un plano ó por una sucesión de planos inclinados corre el agua, es un *hecho* que pudo conocer el primer hombre al seguir con la vista la rápida corriente del primer río que encontró en su camino; pero ¿cuál es la ley del fenómeno?

¿Cómo y de qué manera están enlazadas la pendiente, la resistencia del lecho, la cohesión de las moléculas líquidas, y la masa de agua que desciende?

Esta es la ley del fenómeno y esta ley no la pudo descubrir el primer observador; la ignoraban aun los arquitectos romanos; y por eso, como nos dice el Sr. de Morer, daban a sus acueductos pendientes arbitrarias é irracionales.

Hé aquí pues un punto en el que algo hemos adelantado, aunque no mucho. Las leyes de las corrientes naturales, ó las del agua en lechos de sección constante, eran absolutamente desconocidas en los tiempos de Vitruvio; hoy, sin podernos preciar de haber resuelto el problema por completo, tenemos trabajos de gran mérito, que reserbaré con toda la brevedad posible para dar término con esto a mi tarea.

La hidráulica de las corrientes libres no existió como ciencia durante la edad media, y solo al comenzar el siglo XVII, *Castelli*, discípulo de *Galileo*, publicó (1628) una obra sobre el movimiento del agua en los ríos, introduciendo como elemento del gasto la velocidad.

Torricelli en 1643 da un paso mas, determinando la velocidad de la vena líquida, y ensaya, aunque sin éxito, la aplicación de su célebre teorema al movimiento de las corrientes de agua.

A estos primeros tanteos siguen los trabajos de *Mariotte* (1684) y su gran obra sobre el movimiento de las aguas; las de *Cuglielmini*, el maestro de la escuela italiana; los estudios de *Newton* en su libro de *los principios*; las experiencias del marqués de *Poleni*; la obra de *Varignon* (1725), comentarios analíticos de la teoría de *Cuglielmini*; las memorias de *Pitot* (de 1730 a 1738); las experiencias de *Couplet* sobre las aguas de Versalles (1752); la hidrodinámica de *Daniel Bernoulli*, en la que aplica el principio de las fuerzas vivas al movimiento de los fluidos; la teoría de Juan Bernoulli (1742); los magníficos trabajos de *Dalambert* (de 1745 a 1752); y las profundas concepciones de Euler. (Memorias de la Academia de San Petersburgo, años 1768, 69, 70 y 71.)

Y aquí puede decirse que comienza una nueva era para la hidráulica, por la combinación del método abstracto con el experimental.

Michelotti en 1764, y el abate *Bossut*, aunque en menor escala que el anterior, emprenden ambos numerosas series de experiencias; *Chézy* en 1773 intenta apreciar algebraicamente las fuerzas retardatrices; *Belidor* publica en 1782 su célebre arquitectura hidráulica; *Espinasse* (1784) da a luz dos Memorias muy notables; y el coronel *Buat*, en 1779 y 1786, su gran obra, a que consagró diez años de trabajo.

Desde esta época son tantas las obras, Memorias y relaciones de experiencias que se han publicado, que mencionarlas todas fuera tarea larguísima; basta pues recordar los nombres de Brünings, Woltmann, Venturi, Coulomb, Eytelwein, Girard, Prony, Poncelet, Balanger, Genieys, Bidone, Lesbros, Defontaine, D'Aubuisson, Vauthier, Coriolis, Tredgold, Sonnet, Dupuit, Boileau, Ellet, Saint-Venant, Caligny, Darcy, Bazin, Humphreys y Abbot, que con tanto celo han trabajado por el adelantamiento de la hidráulica.

Mucho resta por hacer; faltos están de unidad estos grandes trabajos acumulados; dudas asaltan a cada momento sobre la exactitud de las fórmulas y la constancia de los coeficientes; grandes contradicciones aparecen entre unos y otros hidráulicos, hasta tal punto, que Mr. Bazin y los ingenieros americanos vienen hoy a echar por tierra la ya clásica fórmula de Prony, sin que por otra parte, entre el ingeniero francés y los ingenieros topógrafos del gobierno del Mississippi, haya armonía; pero es de esperar que tantos esfuerzos no concluyan por ser inútiles, y que al fin la luz sea sobre esta interesante y difícil cuestión de la hidráulica.

Hé aquí, en breves frases, el progreso realizado en los tiempos modernos respecto a la parte teórica del problema que nos ocupa.

Pero no: el progreso es otro, y es infinitamente mayor.

Si no podemos vanagloriarnos, dice al concluir el señor Morer, de haber vencido a la antigüedad por el número, por la magnitud, ó por la belleza de nuestras construcciones hidráulicas, podemos en cambio reclamar mas nobles y elevados títulos. Las obras romanas tenían por base el pillaje, el saqueo y la esclavitud: las modernas, la asociación y el *trabajo libre é inteligente*.

En una frase ha condensado el nuevo académico con su penetrante ingenio un mundo de ideas: sí, el progreso, el verdadero progreso de nuestra sociedad sobre la sociedad romana se pinta en estas tres palabras: *trabajo libre é inteligente*.

El *trabajo*, que como dice un eminente orador, domeña el fatalismo de la materia, infundiéndole en ella el espíritu inmortal del hombre; la *libertad*, sin la que el ser humano es masa que cae, átomo que arrastra el huracán de la vida; y la *inteligencia*, luz divina, que le enseña hacia donde está el término misterioso de su destino.