

Las ingenierías: unas profesiones de largo recorrido

B. Suárez

Las ingenierías: unas profesiones de largo recorrido

B. Suárez

Publicación CIMNE N^o-339, Octubre 2009

Las ingenierías: unas profesiones de largo recorrido

Benjamín Suárez Arroyo
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de Universidad
Universidad Politécnica de Cataluña

1. INTRODUCCION

Reflexionar sobre las ingenierías, o sobre los ingenieros que al fin y al cabo es lo mismo, es un asunto complejo sobre todo cuando se hace con la pretensión de profundizar sobre aquellos atributos que le son más propios, por medio del análisis de sus dimensiones académica, profesional y social. La etimología de la propia palabra con que se denomina al ingeniero en las distintas lenguas, y por lo tanto culturas y organizaciones sociales, da lugar a una primera reflexión. El atributo *ingenio* se desprende de forma natural de la denominación *ingeniero* propia de las culturas europeas, bajo una considerable influencia francesa (*génie* e *ingénieur*, *ingegneri*, *ingenieur*,..), mientras que el atributo de *engine* o *motor* da posiblemente lugar al término anglosajón *engineer*. Quizá y tomando partido, se puede argumentar que la palabra *engine* surge durante el desarrollo industrial (por ejemplo motor de vapor, Watt 1782), en una época en la que los ingenieros ya eran conocidos socialmente con este nombre e incluso ya formaban prestigiosos Cuerpos de Ingenieros en las sociedades y en los ejércitos europeos.

Más allá de esta controversia inicial, la Real Academia Española que es la institución que proporciona la interpretación oficial de la lengua española, define la ingeniería como el estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología, es decir (*sic*) *de los distintos conjuntos de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico*. Pero también se puede interpretar la ingeniería como el resultado de la actividad del ingeniero, y en este

caso el diccionario aporta una visión más amplia y complementaria, *persona que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar algo*. En síntesis, de acuerdo con el diccionario de la RAE, la ingeniería podría caracterizarse por el resultado de aplicar un conocimiento científico con ingenio. Claramente una síntesis muy en sintonía con la etimología de la palabra castellana ingeniero.

Pero yendo un poco más allá, hay que constatar que esta simple proposición ha sido durante las últimas décadas interpretada por los ingenieros españoles, colectiva e individualmente, con una perspectiva económica, o quizá mejor economicista, aunque ello no implicase pérdida alguna de otros valores, como recientemente ha puesto de manifiesto, en sus estrategias de marketing, una empresa española de primera línea del sector que describe la ingeniería como aquel conjunto de conocimientos y técnicas que permiten resolver los problemas que afectan a la humanidad. Agrupando todos estos conceptos e ideas, existiría una forma más ajustada de interpretar con pocas palabras los atributos más básicos de la ingeniería española: *el arte de aplicar el conocimiento con ingenio y compromiso social*.

La proposición relaciona la ingeniería con el arte, y esto debe ser así por diferentes motivos. No sólo desde el punto de vista estético y artístico, quizá más discutible pero no por ello inapropiado, sino especialmente por la necesidad que tienen los ingenieros de compatibilizar adecuadamente el conocimiento con el ingenio a la hora de resolver los problemas que la actividad profesional les plantea. Esta cuestión no es sencilla y para hacerla efectiva garantizando buenos resultados prácticos tanto a nivel individual como colectivos, los ingenieros han tenido que establecer un conjunto de preceptos y reglas de buenas prácticas (buenas artes) que recogen los saberes y las experiencias prácticas más significativas. Todo ello hace que cualquier reflexión seria, sobre las ingenierías tenga que desarrollarse con, y entorno a, muchos valores intangibles, a pesar de las consecuencias concretas que lleva consigo el trabajo cotidiano del ingeniero.

Este texto no pretende ser un compendio de la historia de la ingeniería ni de las capacidades del ingeniero ni tampoco crítica alguna del sistema con que se han dotado los ingenieros para regular su actividad profesional sino introducir otro más extenso relacionado con el análisis de la demanda de los estudios de ingeniería en las universidades españolas, estableciendo el marco y las referencias de ingeniería necesarias para comprender el verdadero alcance de los razonamientos y conclusiones que finalmente se realizan. Para ello y en primer lugar se hace una breve reseña histórica de la evolución de las ingenierías, un recorrido por los distintos escenarios y enseñanzas que formaron y forman a los ingenieros, un análisis de las profesiones y de las instituciones que regulan la actividad de los ingenieros para finalizar con una reflexión genérica sobre la importancia de la ingeniería en el desarrollo de las sociedades modernas.

2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LAS INGENIERÍAS

Es fácil encontrar a lo largo de la historia muchas actuaciones humanas que serían propias de lo que hoy denominamos ingeniería. Solo a modo de ejemplo, y sin otras pretensiones que ello, se puede decir que toda transformación artificial de los recursos naturales en útiles para uso humano (alimentos, vestidos, armas, ciudades, calzadas y todo tipo de artefactos) contiene muchos de los ingredientes que caracterizan a las ingenierías modernas. Algunos autores afirman que la historia de la civilización humana es en cierto modo la historia de la ingeniería, es decir, *un largo y arduo esfuerzo para hacer que las fuerzas de la naturaleza trabajen en bien de la humanidad.*

No hay duda alguna que la ingeniería dio sus primeros pasos como tal, de la mano de la revolución agrícola, es decir cuando el hombre empezó a organizarse entorno a asentamientos permanentes dónde, entre otros

desafíos, tenía que gestionar su propia supervivencia, mediante la agricultura y ganadería o las viviendas y la gestión de su vida diaria. No es pues extraño que las manifestaciones más evidentes de la ingeniería antigua estén relacionadas con las construcciones tanto para uso civil como militar o religioso (transporte, regadío y almacenes, murallas y armas o monumentos laudatorios y funerarios).

Resulta incuestionable que las diferentes culturas, que constituyen los hitos de referencia en la evolución humana, han dejado constancia de su identidad mediante auténticas obras maestras de ingeniería (egipcia, mesopotámica, griega, romana, oriental, precolombina o medieval). Sin embargo muchos artefactos, menos espectaculares pero quizá mucho más trascendentes para la vida del hombre, son el resultado del trabajo de muchos ingenieros anónimos, en el sentido más amplio de la palabra; por ejemplo la rueda o el arado y demás útiles del transporte y agrícolas o aquellos otros más relacionados con los primeros procesos textiles o cerámicos. En paralelo con estas actividades más propias de la ingeniería van creciendo otras, producto de la inteligencia y de la capacidad de pensar del hombre: por ejemplo los números, la escritura, las artes y la ciencia.

Los primeros ingenieros basaban sus competencias profesionales en un conocimiento práctico o empírico y en el sentido común, la experimentación, la intuición y la inventiva personal, es decir, ejercían una profesión de ingeniero sin conocer la mayoría de los postulados científicos hoy vigentes pues la ciencia, tal y como se entiende hoy en día, prácticamente no existía. En cualquier caso, esto no es más que una de las peculiaridades de las sociedades humanas dónde durante mucho tiempo los *saberes* más avanzados, la ciencia en definitiva, eran propiedad de ciertas elites, intelectuales o no tanto, más o menos relacionadas y controladas por el poder político en sentido amplio (sacerdotes, aristócratas o filósofos por ejemplo). Sin embargo los saberes más prácticos eran gestionados por algunos profesionales más liberales (maestros artesanos) y aprovechados por los

responsables de los procesos económicos de la época (pastores, agricultores o militares).

Esta reflexión no pretende más que poner de manifiesto que durante mucho tiempo a la ingeniería práctica le faltó un atributo considerado hoy fundamental: el conocimiento, lo que visto con la perspectiva de un ingeniero de hoy da más valor a las actuaciones de aquellos pseudo, casi o auténticos ingenieros que sin conocer científicamente muchos de los fenómenos físicos y la mayoría de los procesos técnicos a los que se enfrentaban, fueron capaces de realizar obras, de todo tipo, admirables. Pero poco a poco ambos conocimientos, científicos y prácticos, fueron acercándose, al debilitarse y terminar rompiéndose los vínculos de autoridad que sometían a la ciencia, lo que permitió que surgieran nuevos escenarios en los que, a lo largo de los siglos, crecieron con fuerza la ciencia, la ingeniería y la tecnología.

Todo ello tuvo su época dorada al final de la edad media con una gran explosión de la ciencia moderna, revolución científica, que en pocos años dio lugar entre otras cosas a importantes cambios ciudadanos económicos y sociales, la revolución francesa y revolución industrial. Son un ejemplo de ello, desde Leonardo di Ser Piero da Vinci hasta Claude Louis Marie Henri Navier, Joseph-Louis Gay-Lussac o Gaspard-Gustave de Coriolis, entre otros muchos ingenieros que desarrollaron su actividad profesional en un contexto científico relevante, hasta el punto que hoy son más conocidos por sus aportaciones científicas que ingenieriles. Otros grandes personajes como por ejemplo Galileo Galilei, con una vida llena de descubrimientos y de aportaciones a la ciencia también desarrollaron actividades de ingeniería relevantes, drenaje y defensa de Venecia o diferentes contribuciones al mundo de la mecánica y de la geometría de la construcción. En los últimos tres siglos, la ciencia y la ingeniería han avanzado conjuntamente y con gran ritmo, y no se puede omitir en un texto como este, una referencia al importante papel que jugó en todo ello, la ingeniería militar que entre otras muchas cosas contribuyó

a modernizar y reformar los ejércitos creando para ello, en la estructura y academias militares, escalas y cuerpos de ingenieros.

En cualquier caso es necesario destacar que la mayoría de los grandes cambios que dieron lugar a la denominada civilización industrial no tuvieron su origen ni en las universidades ni en los laboratorios científicos. Las herramientas y los procesos fundamentales en los campos de la mecánica, química, astronomía, metalurgia y la hidráulica fueron desarrollados por los maestros artesanos antes de que los científicos descubrieran las leyes que los gobernaban, por ejemplo, la máquina de vapor era de uso común antes de que la ciencia de la termodinámica encontrara los principios físicos que sostenían y explicaban su funcionamiento.

La revolución tecnológica e industrial y la era moderna son períodos de gran expansión de la ingeniería, sin ninguna duda motor de las transformaciones económicas y sociales que se han ido sucediendo en las sociedades desarrolladas del mundo. Con ellas no sólo han sufrido un gran impulso las áreas tradicionales de la ingeniería, agricultura, caminos, minas, montes y forestal e industrial, sino que además han ido surgiendo nuevos campos de actividad como la aeronáutica, las telecomunicaciones y la informática. Volar ha sido siempre un gran desafío para el hombre, y es un buen ejemplo del papel que juega la ciencia en los procesos tecnológicos. Muchos grandes *inventores*, genios sin duda, han intentado volar, pero sus fracasos no fueron consecuencia de una falta de medios sino por no conocer con precisión los principios físicos que gobiernan el fenómeno.

El ordenador, la tecnología digital y las comunicaciones han revolucionado el mundo, fenómeno de la globalización, hasta el punto que han generado nuevos escenarios económicos, científicos, técnicos y sociales dónde la información y el conocimiento tienen muchos más protagonismo que en el pasado, hay quién dice que forman parte de una segunda revolución industrial. La información y las comunicaciones tienen gran importancia en si mismas, pero también porqué están

poniendo en la escena científica y tecnológica disciplinas, saberes y campos de actividad nuevos como pueden ser la biotecnología, la ingeniería genética, la farmacia computacional o las nanotecnologías, todas ellas áreas de trabajo muy relevantes, de largo alcance y que abren grandes perspectivas para el bienestar de la humanidad.

Es necesario destacar que a pesar de todo los historiadores de la ciencia han vinculado a los ingenieros más con los *inventos*, es decir con los novedosos artefactos *técnicos y tecnológicos*, que con la ingeniería de cada día que ha pasado a ser un hecho convencional. Esto que es el gran éxito de la ingeniería tiene algunos efectos colaterales, como puede ser, por ejemplo, una falta de visibilidad, a muchas ingenierías se las denomina profesiones ocultas, como muestra que entre los 100 personajes que la BBC consideró, en una serie televisiva, como más representativos de la sociedad del siglo XX no había ningún ingeniero. Es cierto que todos ellos eran personajes ilustres, en general, con perfiles humanistas, políticos y sociales pero también lo es que seleccionaron a bastantes científicos y a unos pocos arquitectos, pero a ningún ingeniero.

3. LAS ENSEÑANZAS Y LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA

A pesar de que sólo unos pocos maestros artesanos fueron una referencia lejana de una ingeniería moderna, los procesos formativos y los mecanismos de progreso en la profesión de artesano tienen todavía hoy un cierto sentido. Las enseñanzas para alcanzar el nivel de maestro eran eminentemente prácticas, se empezaba siendo aprendiz y tenían que superar unos exámenes prácticos mediante los que el *gremio* (lobby que gestionaba un oficio) valoraba la idoneidad del postulante y cuando se superaba la prueba se ascendía de nivel en la escala jerárquica profesional. Cuando se alcanzaba una cierta destreza en el trabajo, los aprendices hacían una prueba de habilidad y si la superaban ascendían a oficiales. Los

oficiales finalmente, si conseguían realizar una obra maestra, podían ser aceptados por el *gremio* como maestros artesanos y con ello abrir su propio taller y disponer de sus propias herramientas.

De la lectura de estas líneas puede sentirse la tentación de identificar el proceso descrito con la hoy denominada formación profesional. Pero nada más lejos de la realidad ya que para interpretarlo adecuadamente hay que tener en cuenta que muchos de aquellos maestros artesanos detentaron los avances y la investigación tecnológica-práctica del momento, por ejemplo Gutenberg educado en el oficio de la orfebrería inventó la imprenta, e importantes privilegios sociales, constituían una clase social con profundas influencias que les permitía incluso controlar el gobierno de las ciudades. La necesidad de la destreza, o de la técnica manual, con una cierta dimensión intelectual para ejercer una determinada profesión u oficio, estaba profundamente arraigada en la mentalidad colectiva del maestro artesano porque, al fin y al cabo, era la forma más sencilla de establecer y ordenar unas jerarquías sociales en la comunidad y así distanciarse del trabajador sin cualificación.

El asunto cambia sustancialmente cuando la ciencia avanza y el paradigma científico genera nuevas alternativas productivas y comerciales de largo alcance, que superan a muchas de las estrategias gremiales, aunque no debe olvidarse que otras han permanecido durante siglos e incluso siguen vigentes hoy en nuestro país y en otros muchos del mundo. Esencialmente, los métodos y resultados científicos modernos aparecieron al combinar las capacidades de los eruditos con las de los artesanos, es decir añadiendo a los métodos de inducción-deducción, los de verificación sistemática a través de experimentos planificados: el conocimiento se vuelve racional y metódico. Con todo ello, nacieron los pensadores modernos que formularon leyes fundamentales (la ley de gravitación universal de Newton, por ejemplo) y desarrollaron teorías físicas y matemáticas que sentaron las bases de los procesos científicos

actuales (el cálculo infinitesimal de Leibniz o la teoría atómica de Dalton, por ejemplo).

Es fácil encontrar en las biografías de aquellos grandes científicos valoraciones de los historiadores de la ciencia destacando que su contribución no fue proponer ideas asombrosamente originales, sino formular claramente una serie de hipótesis susceptibles de ser tratadas, razonadas y desarrolladas con la ayuda de las matemáticas y validadas mediante experimentos cuantitativos. Muchos de los fenómenos físicos más o menos conocidos cualitativamente, como consecuencia del desarrollo de la ciencia o del quehacer cotidiano de los artesanos, empezaron a interpretarse con una perspectiva científica y con ello sufrieron un gran impulso tanto las ciencias más básicas, la física o la química, o las más aplicadas, la mecánica y maquinaria o la geometría, usando las matemáticas para concretar y formalizar las diferentes hipótesis de comportamiento.

Todo esto afectó a la formación de los maestros artesanos, especialmente en aquellos oficios con mayor dimensión de ingeniería, es decir con un cierto contenido científico, que incorporan a sus procesos formativos, poco a poco, todas estas tendencias. Con ello la ciencia más propia de los *intelectuales* traspasó los ambientes eruditos para aterrizar en los más prácticos, entre otras cosas también como consecuencia de la penetración de los gremios en el club de la ciencia pues muchos de los grandes científicos de referencia tuvieron, al menos, una infancia y una educación profundamente artesanales. Todo esto dio lugar a que surgieran diferentes experiencias educativas regladas en general gestionadas por religiosos, jesuitas sobre todo, y militares, y entre todas ellas son una referencia inevitable en un texto como este, las denominadas Academias Militares que crecieron por toda Europa durante los siglos XVII y XVIII.

No resulta sencillo rastrear la evolución de los estudios de ingeniero, entre otras cosas porque mantuvieron durante un cierto tiempo la estructura formativa de los gremios, con un acceso muy restringido, casi hereditario, una formación muy autodidacta y

alcanzando la condición profesional mediante un examen ante otro ingeniero. Las universidades vivieron esta etapa de espaldas a las *nuevas ciencias*, manteniendo sus enseñanzas teóricas y escolásticas, poco relacionadas con la ciencia y la investigación moderna, con inútiles gastos de tipo administrativo, religiosos y suntuarios, con escasa inversión por alumno y con salarios miserables para los profesores. De aquí, que la iniciativa y las inversiones que realizaron muchos países europeos para crear instituciones militares con una dimensión científica y educativa fue muy importante, cualitativamente diferente y el anuncio de una nueva mentalidad social y profesional.

En estos centros militares se formaba científicamente, con carácter general, a los oficiales del ejército *intelectualmente más dotados*, algunos de ellos seguían cursos específicos de ingeniería, y también a unos pocos alumnos civiles; en ellos se profundizaba en las matemáticas y la mecánica, la geometría especulativa, la trigonometría esférica y el dibujo. Los militares se dieron cuenta en un momento determinado que la ciencia les permitía alcanzar mejor, los cada vez mayores objetivos militares estratégicos claves de la época, como eran las fortificaciones y los castillos, una muestra del papel de referencia que jugó, en aquella época, la artillería en el arte de la guerra, *la matemática es la ciencia más útil y necesaria para un militar, que tanto tiene que manejar caudales como calcular la trayectoria de un proyectil*. En paralelo o como consecuencia de ello en la mayoría de los ejércitos europeos se crearon los Cuerpos de Ingenieros, que muchas veces se desarrollaron conjuntamente con los de Artillería.

Tres cosas han de concurrir en el soldado, o ingeniero, que quiera tratar la materia de fortificación. La primera, saber muchas Matemáticas: si fuere posible, los seis primeros libros de Euclides, y el undécimo y duodécimo (...). La segunda es, la Aritmética, que sirve para dar cuenta del gasto que para hacer la fábrica se ofrecerá antes que se haga (...). La tercera, y más principal para la fortificación,

es saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza, o castillo.

Tres ingredientes claves de la ingeniería, vigentes todavía hoy: la ciencia y las estrategias científicas más en auge del momento, el coste previsto para una determinada actuación y la funcionalidad y adecuación al entorno de la propuesta. Las instituciones militares prestaron especial atención a tres aspectos fundamentales del proceso educativo: los estudiantes, los profesores y los planes de estudio. Buena muestra es la Academia de Matemáticas de Barcelona, a ella se accedía mediante un proceso de selección duro y era frecuente no finalizar la formación completa, incluso si el aprovechamiento era bueno, ni la promoción a ingeniero era automática. Los estudios se organizaban en 4 cursos académicos, de 9 meses como hoy (en algunas etapas 6 cursos y meses), y en cada uno de ellos era necesario superar un examen final específico.

El primer curso contenía materias como la aritmética, geometría práctica, trigonometría y topografía; el segundo, la artillería, fortificación, ataque y defensa de las plazas, táctica y movimiento de los ejércitos; el tercero, la mecánica y maquinaria, hidráulica, construcción y arquitectura civil y el cuarto y último, el dibujo, elaboración de proyectos de edificios civiles y militares y cartografía. Para ingresar en el Cuerpo de Ingenieros, se debía superar un último examen centralizado consistente en la resolución de complejos problemas de geometría, cálculos trigonométricos y estereométricos así como el trazado de planos de fortificaciones y otros elementos de arquitectura civil.

Las academias militares potenciaron además el rol, el protagonismo y el reconocimiento de los profesores. En ellos según sus promotores, debían *concurrir las circunstancias de capacidad en las matemáticas y demás ciencias concernientes a la profesión, buena conducta y particular genio para enseñar*. Una buena prueba de ello es que en las academias militares se destinaban más recursos a los profesores, superior al 10% de su presupuesto, que en las universidades, donde era inferior al 5%. Además el gasto por estudiante era prácticamente

el doble en las academias que en las universidades y mucho mayor el esfuerzo realizado en inversiones, en las bibliotecas y en material científico diverso.

Casi todos estos asuntos fueron recogidos por las instituciones civiles de educación de ingenieros posteriores (L'Ecole National des Ponts et Chaussées de París fue la primera, 1747) y han dejado una profunda huella, una marca de identidad, en los ingenieros europeos que ha llegado incluso hasta nuestros días. No sólo porque muchos de los ingenieros civiles se agruparon profesionalmente entorno a instituciones equivalentes a sus antecesores militares, incluso manteniendo algunos de sus privilegios, sino también porque la formación ha mantenido muchas de las características que ellos instauraron, la exigencia o la rigidez de contenidos o el espíritu de servicio y de obediencia debida en el desarrollo de su actividad profesional. España siguió estas corrientes europeas, aunque los estudios de ingeniería se impartieron en escuelas especiales dependientes de los ministerios profesionales hasta la reforma universitaria del año 1957; sólo como referencia las primeras escuelas de ingeniería en España fueron las de ingenieros navales, de minas y de caminos, canales y puertos creadas a finales del siglo XVIII o en los albores del XIX.

Es necesario destacar el gran protagonismo que han tenido, y siguen teniendo, todavía hoy, en la formación del ingeniero las matemáticas y las ciencias básicas, sesgo que en algunos períodos del desarrollo de las escuelas de ingeniería ha generado una cierta polémica. En algunas etapas, diferentes en los distintos países de Europa pero en casi todos ellos, los estudios de ingeniería han estado conectados con las Facultades de Ciencias de forma que determinadas asignaturas de la carrera de ingeniero podían cursarse en ellas. Como consecuencia de ello, por ejemplo las enseñanzas de las matemáticas quedaban bajo el control y la responsabilidad de matemáticos profesionales, que algunas veces eran también ingenieros. Unos pocos ingenieros de cierto prestigio manifestaron con beligerancia, por ejemplo A. Riedler, 1850, que había llegado la hora de romper con *el espíritu unilateral de las*

universidades que se han adueñado de las escuelas de ingeniería y con sus enseñanzas hacen perder la realidad de las cosas a los estudiantes. La mecánica, física o la termodinámica se convertían en las universidades en un problema matemático, que los estudiantes superaban sin llegar a conocer y a dominar los fundamentos y conceptos de estas materias o a comprender el significado ingenieril de los contenidos.

Cualquier lector familiarizado con estos asuntos comprobará sin duda alguna que muchas de estas cuestiones permanecen todavía hoy en bastantes sistemas de educación superior, incluso en los más prestigiosos. No hay duda alguna que las ciencias básicas son fundamentales en la formación del ingeniero pero cada vez más por las capacidades intelectuales que proporcionan a los individuos, por ejemplo con las matemáticas la capacidad de abstracción, de formalismo, de pensamiento sistémico, etc., que por los contenidos concretos que proporcionan. Por otro lado las nuevas tendencias educativas han activado otro viejo debate que históricamente ha confrontado al conocimiento global con el más especializado.

La educación del futuro ha de enfrentarse con una falta de adecuación cada vez más profunda y grave entre por un lado los saberes disjuntos, fragmentados y compartimentados y por otro, las realidades o los problemas prácticos cada vez más pluridisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales y globales (Edgar Morin)

Las ingenierías como profesiones que se enfrentan cada día a las realidades y con los problemas prácticos no tienen más remedio que profundizar en estos asuntos. Hace unos pocos años, el científico y filósofo de la ciencia, J.M. Sánchez Ron, con motivo de su ingreso en la Real Academia Española, señalaba, en esta línea, la incomprensible y radical separación entre las enseñanzas humanísticas y las enseñanzas técnicas y científicas en los sistemas educativos superiores europeos

4. ALGUNOS RASGOS DE LA PROFESION DE INGENIERO

La realidad es que de una forma u otra los ingenieros han ejercido, y ejercen todavía hoy, su profesión en todo el mundo, cuando menos, *observados* por asociaciones o instituciones, de distinta *índole y condición*, que en teoría defienden los *intereses* de cada ingeniería concreta, de los ingenieros que la practican y de la sociedad. Hay pues tres elementos clave para comprender adecuadamente estos asuntos: el tipo de observación a que está sometida la actividad de los ingenieros, la condición de la institución que los observa y los intereses que tratan de salvaguardar en todo el proceso los distintos agentes implicados.

Algunos autores consideran que los colegios profesionales vigentes en España, sin duda con mayor arraigo social y consecuencias que en otros países, no son más que una evolución y la herencia de los *nuevos gremios* creados por la sociedad industrial para acoger a los *maestros artesanos del conocimiento*, es decir los nuevos artesanos con una formación científica, universitaria o no. Sea cierto o no, la estructura de los gremios permite explicar el contexto y algunas de las peculiaridades de los ingenieros en España, con independencia que en otros países sea bien diferente. Los gremios eran un tipo de asociación, con orientación económica, que agrupaba a los profesionales, en todos sus niveles jerárquicos, de un oficio y tenían como objetivo regular los aspectos materiales y espirituales de sus miembros: la formación y el trabajo, los sistemas productivos y comerciales e incluso algunos aspectos de la vida más personal, salud y asistencia social por ejemplo. Nacidos de una tradición solidaria y con un cierto sentimiento democrático, fueron desarrollándose en paralelo con un aumento de la competencia industrial y comercial. A partir de ellos surgió la burguesía mercantil, pero poco a poco quedaron atrapados por los niveles profesionales jerárquicamente más elevados y por los poderes económicos y sociales *establecidos*: el espíritu de

monopolio se fue apoderando paulatinamente de los gremios.

En la era moderna los ingenieros europeos, y en las distintas áreas geográficas de su influencia, en sus diferentes especialidades pasaron a depender más o menos directamente de la administración de los estados, cuerpos de ingenieros u organizaciones similares, con funciones de alta dirección en los ministerios responsables de las distintas actividades profesionales más características, hasta el punto de que en muchos países todos los ingenieros iniciaban su carrera profesional desde la función pública. De alguna manera el estado sustituyó a los gremios, organizando la formación, el trabajo y demás asuntos relacionados; todo ello constituye el caldo de cultivo para que surgieran las hoy denominadas profesiones reguladas y tituladas. Posteriormente se alcanzó un equilibrio delegando los gobiernos gran parte de sus funciones en instituciones públicas o privadas de carácter social o científico, en todo caso sin perder un elevado sentimiento corporativo.

En la sociedad española, los colegios profesionales cuentan con una larga tradición, se empiezan a configurar, en la forma que hoy conocemos, a partir del segundo tercio del siglo XIX y son corporaciones de derecho público que acogen a medio centenar de profesiones repartidas en casi mil colegios diferentes. Pero en la actualidad hay un movimiento político, que no sólo recoge un sentimiento social sino que también es una consecuencia de las regulaciones de la UE, que en aras a la competencia pretende eliminar alguno o muchos de los hipotéticos privilegios que tienen los colegios profesionales con unos argumentos muy similares a aquellos que se hicieron en su momento para acabar con los gremios. (*Adiós al poder del colegio profesional: las instituciones gremiales deben renovarse para sobrevivir, Europa exige por ley que acaben ciertas prácticas que han limitado durante años la libre competencia en los servicios, El País agosto 2009*)

En paralelo y sin contradecir lo anterior, en algunos otros países del mundo el ejercicio de la actividad

profesional de los ingenieros, está mucho más liberalizada precisando los ingenieros de una licencia profesional para poder ejercer la profesión. En algunos de ellos, para alcanzarla es necesario superar alguna prueba específica, más o menos formal, convencional y compleja, ante organismos nacionales o regionales, gubernamentales o privados siendo necesario en algunos casos, o niveles, acreditar también cierta experiencia profesional (países anglosajones). En otros países la licencia profesional se obtiene automáticamente, o casi que en la práctica es lo mismo, al finalizar unos estudios superiores regulados, con una duración pactada, en escuelas y universidades reconocidas (países latinos).

Los motivos que estas organizaciones profesionales aducen para justificar su existencia son la ordenación de la profesión y la defensa de los intereses profesionales, técnicos y sociales, colectivos e individuales. Pero es fácil comprobar que esta teórica salvaguarda de las buenas prácticas que argumentan como un objetivo irrenunciable es más un deseo que una realidad en la mayoría de los casos y la práctica demuestra que detrás de todo ello se esconde una defensa corporativa acompañada de una pretensión de exclusividad para sus asociados en todas aquellas actividades profesionales, pasadas, presentes y futuras, que les son propias, y no una defensa del consumidor, es decir de la sociedad.

A pesar de todo lo anterior la sociedad, no sólo española sino mundial, ha identificado, e incluso admirado, a las ingenierías y a los ingenieros por su capacidad para resolver con eficacia problemas complejos, y esto es un valor muy apreciado actualmente, hasta el punto que desde muchos otros campos de actividad se reclama o invoca a los ingenieros por ello, o al menos por muchas de las competencias personales y profesionales que tienen. Pero además las formas en que la ingeniería resuelve sus problemas han sido un atractivo y un estímulo para que emerjan nuevas profesiones que tratan de desarrollar su actividad a caballo entre la ciencia y la técnica, por ejemplo la ingeniería genética o la ingeniería financiera. Pero a pesar de todo ello muchas

ingenierías han ido perdiendo, en las últimas décadas, sintonía con la demanda y protagonismo en los sistemas de competencia que caracterizan al mundo global, sobre todo en aquellos países donde el ingeniero no tiene bien definida una carrera profesional a lo largo de la vida.

En algunos ambientes parece que se reaviva la polémica entre el ingeniero científico y el ingeniero práctico, la verdad es que es baldía pues, como se ha ido desgranando a lo largo de este texto, sin ambos atributos no se puede hablar de un verdadero ingeniero. Pero el mundo de hoy es cada vez más complejo, la ciencia y la tecnología han avanzado considerablemente, los escenarios donde actúa el ingeniero son más sofisticados y la sociedad más exigente. Si se admiten como mandatos de obligado cumplimiento para el ingeniero, el arte, conocimiento, ingenio y compromiso social, seguramente será necesaria una autocrítica, aunque paradójicamente como en otros muchos comportamientos humanos las fortalezas y las debilidades del ingeniero viajan juntas, y posiblemente una reformulación de los objetivos y de los procesos académicos, profesionales, laborales y sociales.

Es un hecho incuestionable que las mujeres han tenido históricamente poca presencia en las actividades de ingeniería, en muchos países los primeros ingenieros femeninos no empezaron a ejercer su profesión hasta la segunda mitad del siglo XX. Se argumenta que ello es debido a que la ingeniería es una actividad desarrollada por y para hombres, con una perspectiva, orientación y dimensión masculina que hace difícil la integración de las mujeres. La verdad es que cada vez que una mujer inteligente y competente, que hay muchas al menos tantas como hombres, llega a la conclusión que no merece la pena ser ingeniero, el mundo de la ingeniería se empobrece un poco. No solo por la pérdida del talento que se pierde si no por las perspectivas y puntos de vista alternativos que las mujeres pueden aportar a las profesiones de ingeniería.

Aunque existen algunos tópicos, propios y distintos para cada especialidad, la situación profesional de las mujeres en las ingenierías no es muy diferente a la que

sufren en otros campos de actividad, pero no por ello los ingenieros deben dejar de preocuparse por estos asuntos, pues a pesar de que la situación ha cambiado enormemente en las últimas décadas, todavía queda mucho camino por andar. No sólo en relación con la sensibilidad y las emociones o con la conciliación familiar, que por supuesto no es poco y son razones de peso, sino también por otras competencias personales, muy valiosas para el ejercicio de la profesión de ingeniero, en las que las mujeres tienen claras ventajas respecto al hombre, por ejemplo, multitarea, intuición, improvisación, flexibilidad, entusiasmo, vitalidad, creatividad, liderazgo, compromiso y un largo etcétera de asuntos relacionados. Las asociaciones, reuniones y congresos nacionales e internacionales de mujeres ingenieras, son cada vez más numerosas lo que indica una mayor sensibilización, preocupación y compromiso no sólo de las mujeres sino también de la sociedad con estos asuntos.

5. LA DIMENSIÓN SOCIAL DE LAS INGENIERÍAS

Las ingenierías se han ido desarrollando como consecuencia de las necesidades de la sociedad, y por lo tanto se puede afirmar que siempre han estado *al servicio* de la sociedad, en el bien entendido que a lo largo de la historia del hombre el binomio sociedad-servicio ha tenido interpretaciones bien diferentes. La verdad es que sociedad es un término que tiene un significado muy difuso, según el diccionario de la RAE es una *agrupación natural o pactada de personas, que constituyen unidad distinta de cada uno de sus individuos, con el fin de cumplir, mediante la mutua cooperación, todos o alguno de los fines de la vida*. En este contexto se puede entender, cualitativa y cuantitativamente, la dimensión social de las ingenierías como el conjunto de actuaciones profesionales del ingeniero orientadas a promover y facilitar la reunión, convivencia y cooperación entre las personas y el cumplimiento de todos o alguno de los fines por ellas definidos. Otra cosa es como los ingenieros

encajan en este complejo puzzle lleno de desafíos y de contradicciones.

Las primeras manifestaciones de la ingeniería trataron de establecer unas mínimas condiciones para que las agrupaciones humanas tuvieran viabilidad con una cierta estabilidad y calidad de vida; comienzan con las construcciones, artefactos y utensilios más básicos pero sin solución de continuidad se van sofisticando para el aprovechamiento de los recursos más perentorios, infraestructuras de abastecimientos, saneamientos y de defensas de ciudades, de regadío y de explotación agrícola y vías de comunicación, calzadas y puentes. En todas las culturas antiguas se encuentran múltiples ejemplos de todo ello, aunque con sesgos de acuerdo con los fines, más o menos explicitados, de cada sociedad concreta. Por ejemplo algunos autores afirman que mientras que Grecia fue Arquitectura, Roma fue Ingeniería y esto tiene mucho que ver con orientaciones o preferencias sociales más contemplativas o imperialistas, por ejemplo.

La historia de la humanidad está llena de conflictos, confrontaciones y de guerras. A pesar de que la respuesta a la pregunta que intenta relacionar las guerras con el desarrollo humano debe ser clara y contundente, no se puede esconder que en muchos casos las guerras traen consigo grandes desafíos que aceleran los progresos de la ciencia y la ingeniería. Las máquinas de guerra del pasado y el sofisticado armamento de hoy, no serían posibles sin la complicitad de la ciencia y de la ingeniería, muchos de los grandes científicos, desde Arquímedes a Oppenheimer, han contribuido al desarrollo de diferentes artefactos de guerra más o menos complejos pero en todos los casos con consecuencias globalmente no deseables para la humanidad. En paralelo con ello, y para garantizar su compromiso, surge la ciencia y la ingeniería militar, manteniéndose así los vínculos tradicionales de la ciencia y la ingeniería con el poder.

No se pretende con esta reflexión ni hacer una crítica, que quizá fuera lo más justo, ni ensalzar el papel que han jugado la ciencia, la tecnología y las ingenierías

en el impropriadamente denominado arte de la guerra. Pero es necesario hacerlo para comprender el alcance y la importancia que ello ha tenido en el desarrollo de teorías, técnicas y procesos aprovechados civilmente una vez superados los conflictos bélicos, una buena muestra de ello es la ingeniería nuclear con múltiples aplicaciones civiles, médicas, energéticas, industriales, y medio-ambientales. Pero además el asunto tiene una complejidad adicional pues la percepción de riesgo social depende de quién lleve a cabo un avance científico, técnico o tecnológico concreto.

Nadie en el mundo pone en duda el importante papel que juegan las ingenierías en el desarrollo las sociedades modernas. No sólo porque la vida cotidiana no sería posible sin ellas, sino porque también son una pieza clave para hacer efectivas las estrategias de desarrollo en los países menos favorecidos. Las ingenierías tienen el gran desafío de incluir en sus actividades profesionales los principios de sostenibilidad que implican incorporar a los procesos de toma de decisiones, la sensibilidad, el conocimiento y el compromiso con el medio físico, social y cultural desplazando el centro de referencia desde lo científico, técnico y tecnológico o económico hacia sus relaciones con el entorno.

El cambio climático y los riesgos naturales, las energías tradicionales y renovables, los espacios y recursos naturales, los procesos industriales y los sistemas productivos, la información y las comunicaciones, las infraestructuras urbanas, territoriales, del transporte y agrícolas, las tecnologías y las ciencias de la salud y la vida, las ciencias de la tierra y del espacio y un largo etcétera constituyen el hábitat temático dónde viven las ingenierías y ejercen su profesión los ingenieros. En cualquier caso buscando un equilibrio entre la ciencia, la técnica y la responsabilidad social, con un compromiso ético y sin perder de vista la dimensión humana de la vida y el medio físico en el que los ingenieros ejercen su profesión.

6. ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

Las ingenierías son profesiones de largo alcance no sólo por su dimensión económica y social, científica y técnica sino también por el protagonismo que tienen en la construcción de las estructuras económicas y sociales de las sociedades modernas, por ejemplo hoy en la sociedad del bienestar. Las ingenierías han jugado históricamente papeles contradictorios en el desarrollo de las sociedades, por un lado se muestran conservadoras ante los procesos de cambio porque entre otras cosas detentan y salvaguardan, o creen hacerlo que para el caso es lo mismo, muchos de los valores del pasado; por otro acogen y ponen en valor las nuevas tendencias y los procesos innovadores más emergentes. Esta contradicción no se resuelve hasta que pasa un cierto tiempo, durante el que, poco a poco, las ingenierías van asumiendo, personalmente los ingenieros y colectivamente las ingenierías, los nuevos planteamientos no sólo sociales sino también científicos y tecnológicos.

Los principios científicos y técnicos básicos sobre los que se construyen la mayoría de las cualidades de las ingenierías están perfectamente establecidos desde hace muchos años. Pero las formas de interpretarlos han cambiado enormemente en los últimos años. Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones han abierto, y continúan abriendo cada día, nuevos caminos que permiten conocer mejor las realidades complejas propias de cada ingeniería. Estos asuntos no afectan al conocimiento más básico del ingeniero, que debe continuar siendo profundo y riguroso, pero sí a los contenidos, a la cantidad y al camino que siguen para formar parte de las competencias del ingeniero. Y en este contexto encajan perfectamente las reflexiones del ilustre matemático español Rey Pastor que decía: *las matemáticas del ingeniero han de diferir de las del matemático puro no sólo en la cantidad y la calidad sino también en la orientación y en el método*. Lo mismo se podría afirmar del resto de las ciencias básicas más

tradicionales, como la física, la mecánica y la geometría, por ejemplo.

Las ingenierías pueden tener problemas si no se balancean adecuadamente las distintas cualidades básicas de los ingenieros, buscando el equilibrio entre cantidad, calidad, orientación y método, especialmente cuando el contexto intelectual y social no es favorable. Por ejemplo, los indicadores nacionales e internacionales (informe Pisa y otros similares) ponen de manifiesto que los jóvenes españoles tienen objetivamente algunas debilidades en muchas de las cualidades, académicamente aceptadas como relevantes, necesarias para poder seguir con el aprovechamiento requerido unos estudios de ingeniería. Los desencuentros entre la oferta y la demanda no son deseables ya que pueden ocasionar inconvenientes serios no sólo en relación con las necesidades sociales, cantidad de ingenieros que los sistemas productivos precisan, sino también por la calidad, que puede resentirse con ellos. Estos asuntos deberían también extenderse a los procesos y a las diferentes formas de adquirir los conocimientos, históricamente largos, complejos, rígidos y muy exigentes, tanto en la forma como en el fondo, muy abstractos y de elevado contenido científico, al menos en sus primeras etapas, en definitiva procesos demasiado trascendentes y poco atractivos, no sólo para los jóvenes de hoy sino que también lo fueron para los estudiantes de otras épocas.

La reflexión anterior no debería implicar pérdida alguna en la exigencia ni en el rigor tanto en la fase de formación como durante el ejercicio de la profesión. Pero debe tenerse en cuenta que las estrategias basadas en el esfuerzo continuado que demanda una formación científica, abstracta y profunda intelectualmente, sin dejar de ser acertadas, pueden ocasionar una cierta debilidad a las ingenierías especialmente cuando pretenden conseguir todas las competencias del ingeniero, (conjunto de conocimientos, capacidades y habilidades), en un período de tiempo corto y para toda la vida. La complejidad del conocimiento necesario, el cultivo y potenciación del ingenio y el desarrollo de una percepción social específica

para cada especialidad, sugieren esquemas educativos y profesionales interrelacionados y progresivos, que permitan al ingeniero avanzar en sus competencias a lo largo de la vida. Es decir, las ingenierías necesitan definir unas carreras profesionales escalonadas que permitan confrontar capacidades con estímulos, esfuerzos con recompensas no sólo desde el punto de vista personal de los ingenieros sino también de la sociedad que es finalmente quién las tiene que establecer y cuantificar.

Mención especial merece uno de los atributos más propios del ingeniero y de las ingenierías: el ingenio. Una cuestión es que sean complejos los procesos de entrenamiento específico y su desarrollo formal, que lo son sin duda, y otra es que la educación y el ejercicio profesional lo condicionen. Más allá de lo que pueda ser conceptualmente más correcto en otros campos de actividad, el ingenio del ingeniero tiene que ser creativo y por ello un camino lógico para cultivar el ingenio es dejar que se manifieste la creatividad promoviendo mecanismos de creación de las ideas en un marco de oportunidad, de aplicabilidad de lo creado y de interés por la relación con el entorno. En la ingeniería la experiencia no tiene porque ser un lastre para el ingenio, todo lo contrario es un punto de partida para una innovación responsable, contexto en el que se deben incluir todos aquellos procesos repetitivos que no por ello dejan de tener un fuerte contenido de ingenio. El ingenio y la creatividad también se estimulan potenciando el espíritu crítico y la libertad para discrepar, asuntos que muchas veces quedan disminuidos por el corporativismo y alguna rigidez estructural de las profesiones o de las instituciones o corporaciones que las soportan.

La situación laboral de los ingenieros ha cambiado profundamente en las últimas décadas, pasando de ser, en un elevado porcentaje, funcionarios públicos con altas responsabilidades técnicas y de muchas de las operaciones más estratégicas de la ingeniería a trabajadores por cuenta ajena. Al contrario que en otros campos de actividad intelectualmente similares, por ejemplo los arquitectos, los médicos o los abogados, los

ingenieros históricamente no han ejercido su profesión por cuenta propia, es decir no han actuado, o lo hacen en una muy pequeña proporción, como profesionales liberales, desarrollando su actividad en sus talleres o despachos personales emulando, con la necesaria abstracción temporal, a los maestros artesanos del pasado. Ello no ha impedido que durante mucho tiempo los ingenieros ejercieran un indiscutible liderazgo no sólo en los procesos industriales y muchas veces de las industrias asociadas sino también en los ambientes sociales e intelectuales. Pero poco a poco los ingenieros han ido perdiendo muchos de los privilegios alcanzados, en gran parte por deméritos propios, que migraron hacia otros mundos, como pueden ser los de las finanzas o la política. Una paradoja, ya que alguno de los principales cometidos de los ingenieros, la aritmética y el desarrollo de la vida humana, han ido tergiversando poco a poco el papel que deben jugar los ingenieros en las sociedades modernas.

Los ingenieros jóvenes tienen su propia percepción de estos asuntos, cuestión que puede ser determinante pues en muchos países la edad media de los ingenieros ha ido disminuyendo como consecuencia de una masificación académica y profesional sostenida. Entre otras cosas los jóvenes tienen bastante asumido que hoy los ingenieros son unos profesionales asalariados y por tanto sometidos a las reglas del mercado, en algunas especialidades incluso les afecta la denominada precariedad laboral. Salvo raras excepciones, los ingenieros jóvenes no viven con la intensidad necesaria muchas de las sensaciones, sobre todo las más trascendentes, ni la mayoría de las motivaciones que siguen usando para definir las ingenierías las instituciones u organizaciones tradicionales de referencia (colegios, órdenes, academias, sociedades científicas, etc.). En este sentido es necesario reformular las ingenierías, recuperando algunos valores del pasado, por ejemplo la intelectualidad de los ingenieros, adecuándolas a los tiempos, economía y técnica, y estableciendo algunos principios, por ejemplo éticos y estéticos, que permitan desarrollar otros nuevos con criterios sostenibles.