

Innovación es Ingeniería pura. La creatividad de los Ingenieros Españoles entre el siglo de las Luces y la era de Internet

**Innovation is pure Engineering. The Creativity of Spanish Engineers
from the Age of Enlightenment to the Internet Era**

César Lanza Suárez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Computer Science MSc.
Tecnova I.C. clanza@tecnova.es

Resumen: La ingeniería es indisoluble de la innovación, porque ésta forma parte de los valores que inspiran al ingeniero. Aunque la innovación es, cada vez más, fruto de un ecosistema en el que intervienen agentes y circunstancias muy diversas, en último extremo tiene siempre su origen en la creatividad personal de aquéllos que son capaces de imaginar y realizar lo nuevo. En este artículo se exponen argumentos que ayudan a situar el fenómeno apasionante de la innovación en el contexto de la rica tradición de la ingeniería Española, a partir de las circunstancias que adornaron la vida y la obra profesional de algunos ingenieros individuales. Para ello se han considerado ejemplos de profundo contenido innovador que se pueden encontrar en hechos y personas que, aunque menos familiares para el público que aquellos grandes ingenieros inventores que todos tenemos in mente, han destacado sin embargo por su enorme trascendencia en la modernización social y económica de España, en épocas y campos muy diferentes.

Palabras Clave: Innovación, Ingeniería, Modernidad, Creación de Valor, Economía, Sociedad

Abstract: Innovation goes hand in hand with engineering as it forms part of the values that inspire the engineer. While innovation is increasingly the result of an ecosystem in which very diverse agents and circumstances play an all encompassing role, at the last resort this will always have its foundations in the personal creativity of those who are capable of imagining and creating. In this article the author provides arguments which serve to set the exciting world of innovation within the context of Spanish engineering by describing the circumstances surrounding the lives and professional work of a number of individual engineers. The article gives examples of the highly innovative nature of the deeds and actions of these individuals who, while less well known to the general public than the more renowned engineering inventors, have stood out on account of their enormous effect on the social and economic modernization of Spain in very diverse fields.

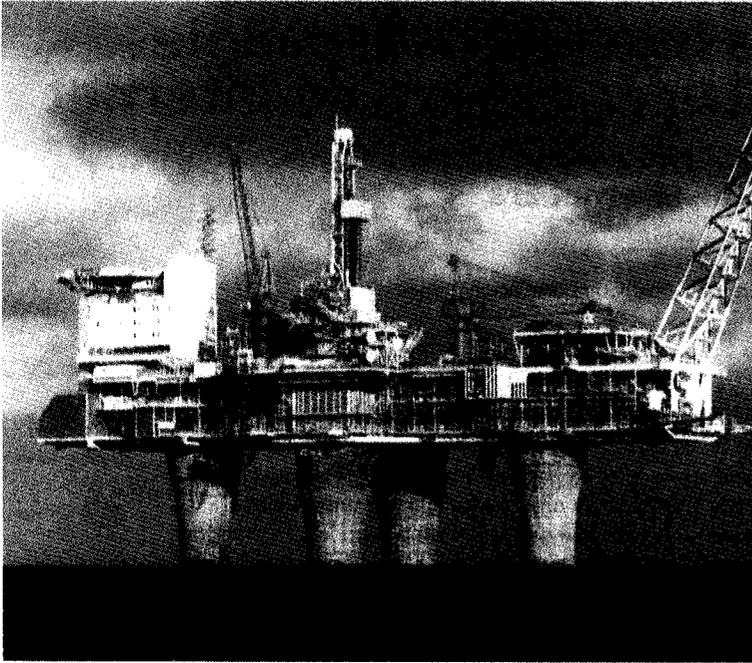
Keywords: Innovation, Engineering, Modernity, Value Creation, Economy and Society

Ingeniería, innovación y modernidad

Meditar sobre la innovación significa hacerlo sobre la ingeniería, la técnica y la tecnología. Tres términos que se tiende a considerar análogos e incluso en ocasiones idénticos, pero, aunque es cierto que son semánticamente adyacentes, encierran conceptos y significados en esencia bien distintos. La ingeniería es ante todo profesión, y por tanto un conjunto de actos humanos de transformación del mundo. La ingeniería es indisoluble de la acción, una actividad que requiere visión y determinación teleológica. La técnica -la *téchne* de los Griegos- denota por su parte un cuerpo de conocimientos prácticos; podemos decir que es la base epistemológica de la ingeniería, pero

no la suplanta. La técnica es ciencia aplicada y procedimiento de trabajo. Finalmente, queda la tecnología, que en este contexto se puede interpretar como una forma especial de mercancía, el *know-how* de los ingenieros convertido en propiedad intelectual o industrial, y por tanto indisoluble de su orientación al mercado. La tecnología proviene de la reificación del conocimiento técnico, es una clase de mercancía que puede adoptar formas diversas, materiales o inmateriales, tener naturaleza de bien o de derecho, pero generalmente posee además un valor de mercado real, contrastable.

Las precisiones del párrafo precedente son resultado de una interpretación personal por parte del autor de este artículo, de conceptos que seguramente son importantes para un inge-



El espíritu de la innovación en la ingeniería offshore.

niero. Porque la ingeniería es una de las bases centrales de la modernidad, la expresión de un fenómeno que pertenece a lo cultural tanto o más que a lo productivo. La ingeniería, como fuerza transformadora del mundo, determina las relaciones entre el hombre y su entorno a través de las infraestructuras y los grandes sistemas de acción antrópica.

La ingeniería tiene su ideología puesto que no es una praxis aséptica o neutra, y siempre busca producir efectos. Dentro del conjunto de valores que conducen a la acción de los ingenieros se encuentra el gusto por lo nuevo, la innovación. Un impulso complejo, cuya comprensión puede abordarse desde enfoques y disciplinas diferentes, pero que en última instancia se basa en una especie de *élan* bergsonianos que es la creatividad del individuo ingeniero. Modernidad e innovación constituyen actitudes deliberadas en la ingeniería, pues son el hilo conductor de un proceso inacabado de búsqueda. Moderno no es aquí sólo una noción temporal, supone ante todo estrategia y acción, exploración de límites que se sitúan en un contexto histórico-interpretativo concreto. Parafraseando a Habermas, uno de los filósofos de la modernidad, se podría decir que la ingeniería hay que entenderla como un proyecto cognitivo siempre en curso, inacabado.

La obra de ingeniería es por lo general el resultado de un autor colectivo, no podría ser de otro modo en razón a su complejidad y dimensiones. Pero el espíritu creativo se encarna en individuos concretos. Crear lo nuevo en ingeniería es un ejemplo de lo que María Zambrano llamaba *sentir iluminante*, sentir que es directamente conocimiento sin mediación, conocimiento puro que nace en la intimidad del ser.

Mientras que la ingeniería ha aceptado el anonimato como una especie de implícita regla del juego, su hermana arqui-

tectura –siempre más despierta para comprender el valor de los nombres– no ha dejado de reivindicar públicamente el valor individual de sus creadores. Así Giorgio Vasari publicaba en Florencia a mediados del siglo Dieciseis su obra conocida como *Las vidas* (1) que se considera la obra inaugural de la historia del arte, en la que reclamaba la necesidad de proteger a los espíritus egregios de la voracidad del tiempo, manteniendo viva su memoria a través del nombre. El Renacimiento estableció un antes y un después en la historia de la arquitectura, rescatando a sus autores del desconocimiento. ¿Quién recuerda, antes de esa época, la identidad de los arquitectos de las catedrales góticas, de los fastuosos templos Egipcios? Quizá también la ingeniería necesite empezar a liberarse de la opacidad nebulosa del espíritu colectivo, y roturar en la consciencia del público el nombre de sus creadores de mayor talento.

En España, como en muchos otros países, el ingeniero individual pasa normalmente desapercibido. Es cierto que el escaso apego que secularmente ha mostrado nuestra nación hacia la ciencia y sus derivaciones, hace difícil encontrar ingenieros vindicados en la historia a través de su obra, a quienes se haya recompensado con la gratitud de la memoria pública por el valor económico o social de lo que supieron diseñar, construir o fabricar. El desconocimiento público de los ingenieros Españoles es aún más patente cuando se atraviesan las fronteras historiográficas nacionales, incluso en tratados especializados. Raramente figuran nombres de compatriotas en las obras más difundidas de Mumford, Cardwell o Daumas (2) sobre historia de la técnica. Si se pregunta hoy día en la calle por el nombre de algún ingeniero nacional de prestigio, es difícil lograr respuesta salvo que el viandante recuerde la afiliación dual de Santiago Calatrava.

El problema de la falta de *marketing* de la ingeniería, de la sobriedad introspectiva de los ingenieros, lleva a pensar en una legión de seguidores y no en individuos bendecidos con el don de la creatividad técnica. Sin embargo, lo anterior debe ser falso si se tiene en cuenta que el genio suele repartirse estadísticamente de forma análoga en casi todos los estratos sociales, y las profesiones no pueden ser una excepción. Si la misión verdadera del artista es la belleza y no el adorno, puede pensarse que lo mismo sucede al ingeniero con la innovación, distinguiéndola en su cualidad original de la mera aplicación de conocimientos técnicos adquiridos a la solución de un problema, por complejo y notable que éste sea.

La innovación como forma de creación de valor a través del cambio

Distinguir con claridad entre lo que es innovación y lo que constituye aplicación resulta una tarea relativamente complicada, y no digamos ya medir la cantidad de innovación que puede haber detrás de una idea, un proceso o un sistema de nueva concepción. El término innovación se asocia de una manera

intuitiva al concepto de mejora, avance o progreso, bien sea en los ámbitos de lo tecnológico, lo económico o lo social. La innovación es un fenómeno más sutil y complejo que lo que se entiende por I+D, término que ha servido para designar genéricamente a la investigación científico-tecnológica, y que ya se está viendo desplazado por el de I+D+i, aunque es difícil entender por qué razón ésta última "i" se escribe en minúscula.

En el mundo empresarial, la innovación es el arte, hasta cierto punto mágico, de crear valor económico explotando alguna forma de cambio, sea tecnológico o de otra naturaleza. Las empresas innovadoras crean nuevos mercados o explotan de forma diferente los existentes. Dos siglos después de Jean Baptiste Say, el economista francés que acuñó el término *entrepreneur* hacia 1800, todavía estamos intentando entender los mecanismos que subyacen a esta misteriosa forma de creación de riqueza. Entender las claves de la innovación significa comprender cómo surge ésta, qué ambientes y condiciones son más proclives para su florecimiento, cómo llega a los mercados de productos y servicios, y finalmente cómo triunfa y se convierte en una fuerza creadora de valor económico.

Pero la innovación no se circunscribe exclusivamente al mercado, sino que también fecunda el espectro más amplio de lo social. De hecho la ingeniería civil ha sido –y sigue siendo, en buena medida– una gran fuerza innovadora en el ámbito de lo colectivo, de las obras públicas y de los servicios de interés general. La ingeniería civil innova esencialmente en el territorio, mientras que la industria lo hace en el mercado; y es preciso reconocer que en ocasiones lo primero es posiblemente lo más difícil. Recordemos con Maillart que salirse del marco tradicional de las prescripciones y códigos establecidos significa siempre un riesgo para el ingeniero; quienes asistieron al nacimiento del hormigón armado, conocieron los obstáculos casi insuperables que Hennebique tuvo que sufrir.

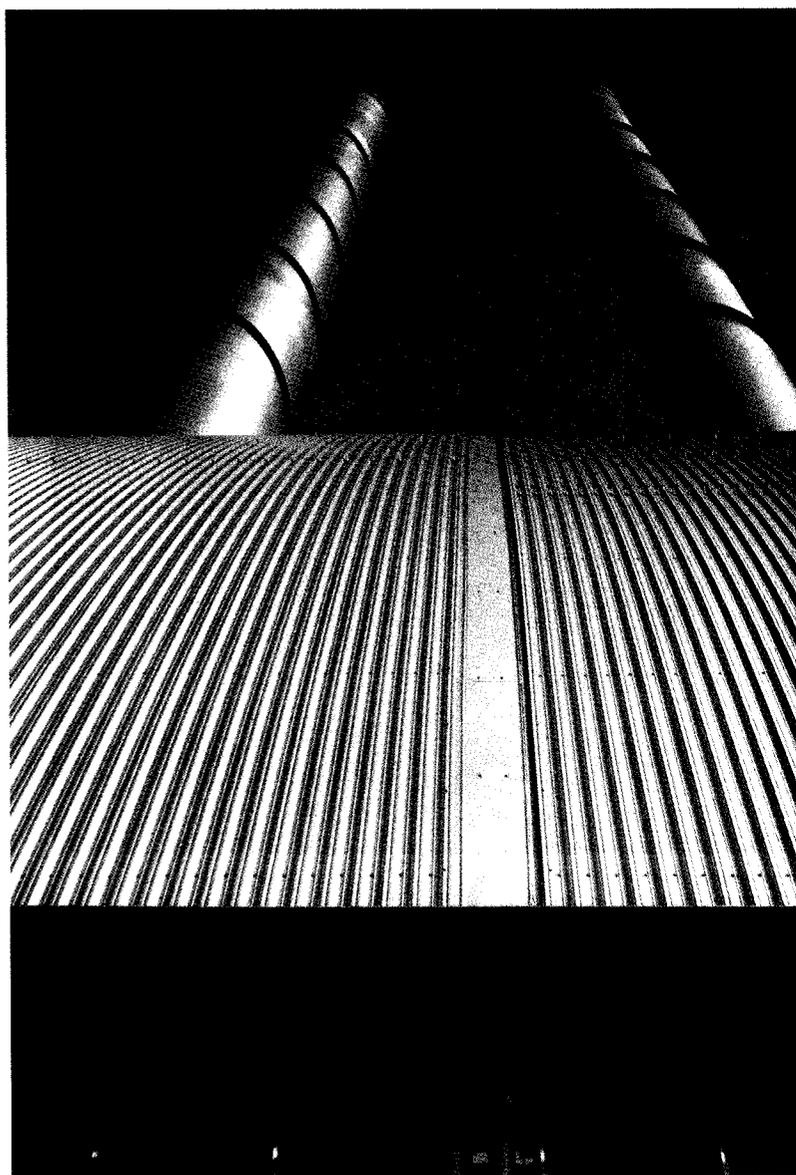
La innovación admite diversas concepciones y se manifiesta en resultados que pueden tener formas distintas, como invento o investigación, pero a todas les une el común denominador que supone la creación de valor a través del cambio. Es preciso además atenderse a la polivalencia de este último término, que puede dar lugar a fenómenos de naturaleza diferente: tecnológica, estética, paradigmática. La innovación tiene un carácter dual, crea valor y al mismo tiempo lo puede destruir, por eso Schumpeter, premiado con el Nobel y uno de los economistas más conocidos entre los estudiosos de los efectos de la tecnología, utilizaba un tono metafórico para hablar de ésta como "vendavales perennes de destrucción creadora".

La innovación también puede concebirse como una industria específica, la industria de la innovación entendida como producción sistemática de nuevas tecnologías. El Silicon Valley, conglomerado de empresas formadas en torno a la autopista 101 en California, ha adquirido en ese contexto un enorme valor simbólico como modelo de ecosistema, como entorno institucional adecuado a la producción de lo nuevo. La industria de la innovación no sólo requiere la materia gris y la creatividad

de los ingenieros, también exige el desarrollo de instrumentos de protección legal y comercialización de la propiedad intelectual, y medios específicos de financiación como el capital riesgo. Aunque en ese sentido la innovación es también una empresa colectiva, no por ello hay que dejar de situarla en el plano de la etnografía del ingeniero, de sus valores y de sus sentimientos individuales.

Cuando el ingeniero innova le son aplicables las palabras que pronunciaba Poincaré, el admirado *polytechnicien*: "Demostramos con la lógica pero inventamos con la intuición". Ésta última no es una capacidad irracional sino extra-racional, una fuente poco formalizada pero plena de sentido en la ingeniería, pese a las proclamas conformistas que sólo aceptan la base de los conocimientos bien establecidos y asépticamente codificados. Como dice el profesor Eugene Ferguson, estudioso

Función y forma, el significado de la imagen de la obra.





La conquista de lo nuevo, incentivo permanente de la ingeniería.

de la naturaleza de la tecnología, la intuición es *the engineer mind's eye*, una sabiduría informal que se usa más de lo que se declara. Incluso algunos ingenieros un punto heréticos abundan en lo anterior, equiparando su especialidad con el arte –la geotecnia podría ser un ejemplo– y así defienden que los procesos mentales en ciertos campos de la técnica producen resultados satisfactorios sin necesidad de reducirse a razonamientos lógicos, paso por paso. A Karl Terzaghi, uno de los fundadores de la disciplina antes citada, le gustaba afirmar que la om-

nipotencia de la teoría deja de existir tan pronto como se desciende a la realidad del terreno.

Recientemente se ha empezado a indagar la relación que existe entre el fenómeno de la innovación y el modelo educativo de los ingenieros. Esencialmente, las diferencias frente a la creación técnica de lo nuevo se hallan implícitas en los dos modelos tradicionales de referencia, el francés y el anglosajón. Es ilustrativa la historia que narra Eda Kranakis (3) en relación con la génesis de la idea, primero, y la realización posterior de los primeros puentes colgantes. Así resulta que Navier, amparado por el enorme bagaje físico-matemático y el prestigio de su cátedra en L'Ecole de Ponts et Chaussées fracasaba en la construcción del puente suspendido de Les Invalides, que hubo que demoler en 1827 sin poder haber entrado en funcionamiento. Y sin embargo unos años antes, hacia 1801, un granjero de una pequeña comunidad de Pennsylvania llamado James Finley, que carecía de formación específica como ingeniero, había conseguido levantar con éxito el puente de cadenas de Fayette County, sin duda mucho menos elaborado que el de Navier pero que fue capaz de dar lugar a la patente original que permitió evolucionar y extender ampliamente el uso de este tipo –entonces revolucionario– de estructuras de paso en los Estados Unidos.

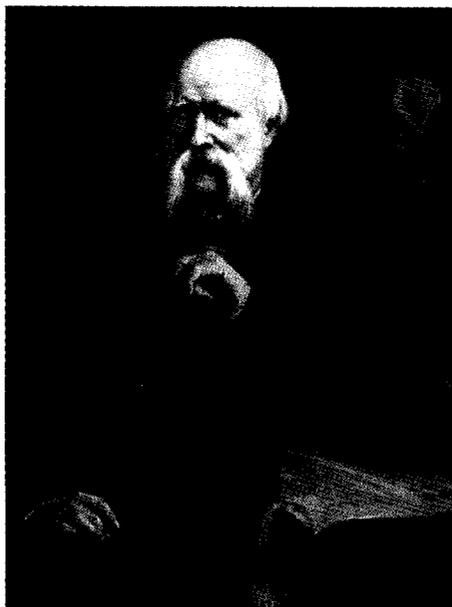
El inicio de la modernidad en la ingeniería Europea tiene un nombre, L'Ecole de Ponts et Chaussées, y una fecha, 1747. Suprimida su autonomía en la época del terror, pasa a integrarse en l'Ecole Polytechnique en 1794, después de la revolución Francesa. La Ilustración da lugar en España al nacimiento de los cuerpos civiles de ingenieros, primero el de Caminos y Canales, mediante una afortunada confluencia de las personalidades excelentes de Floridablanca y Bethancourt en 1799, y unas décadas después, en 1850, el de Industriales. Ya en sus orígenes la ingeniería sufrió algunos inconvenientes por su afán de progreso y cambio, y no es seguramente necesario recordar el baldón que supone para la historia de la ciencia en España la clausura nefasta de la Escuela de Caminos, entre 1812 y 1836, impuesta por el absolutista Fernando VII.

Es cierto que las raíces de la ingeniería, como una elevación científica de las artes del Renacimiento, ya había producido siglos antes ingenieros civiles notables, algunos de origen foráneo como Juanelo Turriano –prolífico en tantos aspectos– y también nacionales como Pedro Juan de Lastanosa, Juan de Herrera –que fue ingeniero además de arquitecto– o Jerónimo de Ayanz. Pero realmente, la ingeniería en España como cuerpo profesional organizado tiene su origen en la Ilustración. Hay quien dice que en nuestro país, tradicionalmente débil en el plano institucional, hubo ilustrados pero no Ilustración, y como tales hay que calificar sin duda a Agustín de Bethancourt, fundador del cuerpo y a Juan Subercase, su auténtico organizador ya bajo los auspicios de Isabel II. A partir de aquellos años, los ingenieros Españoles han ido dejando constancia de su obra, en ocasiones física y otras intelectual, haciendo honor al espíritu creativo que anima a sus actos. Espíritu que no es fá-

cil definir o acotar con precisión cierta, ya que se ha manifestado a lo largo de la historia en facetas múltiples y con intensidades diferentes.

Con el fin de ilustrar en este artículo la vinculación indeleble que existe entre innovación y la tradición de la ingeniería Española, se han elegido cuatro formas diferentes de expresión de la creatividad técnica, en torno a cuatro figuras de estatura nacional y en cuatro épocas diferentes. De esta manera se pretende recordar obras y personas, algunas de las cuales no encontraron reconocimiento en su propio tiempo vital al enorme esfuerzo benefactor que realizaron en la creación de lo nuevo.

Porque la innovación no puede entenderse sin conocer a los innovadores, y para ello es preciso recurrir a la biografía de los ingenieros. Y además, aunque es indudable que la profesión ha dado a España inventores notabilísimos y de todos conocidos como los Torres Quevedo, La Cierva, Loring, Laffon y otros, también es cierto que el espíritu de la innovación se encuentra dentro de la ingeniería a veces en actitudes profesionales más amplias y en obras personales muy diversas. Todas ellas unidas por un nexo común, que es la creación de valor a través de lo nuevo, mediante el cambio. Innovación, que en muchos casos no es posible disociar de las características personales, las actitudes vitales y el curso particular de algunos ingenieros por la vida profesional.



Ildefonso Cerdá,
ingeniero isabelino
fundador del
Urbanismo.

La innovación en el origen de una disciplina: el caso de Ildefonso Cerdá

Quizá sorprenda que se inicie este breve recorrido por la innovación, entendida como fruto de la acción deliberada y el mérito personal, por la figura impresionante, decimonónica y grave, de Ildefonso Cerdá; pero pocos casos ilustran mejor que el suyo lo que es la innovación en su sentido más absoluto. Innovación entendida como aplicación de un método científico original a un problema de nuevo cuño, dando además lugar al nacimiento de una disciplina anteriormente inexistente. En este caso se trata nada menos que de la génesis del urbanismo, la ciencia de la construcción de la ciudad moderna, el *urban planning* de los anglosajones. Aunque la historia de Cerdá y el contenido de su obra, articulada en torno a la Teoría General de la Urbanización, han comenzado a ser reivindicadas de manera más consistente con su grandeza a lo largo de estas últimas décadas, no está de más recordar algunos rasgos de su biografía por cuanto pueden ayudar a explicar la singularidad personalísima de su genialidad creadora y las tribulaciones que ello le comportó.

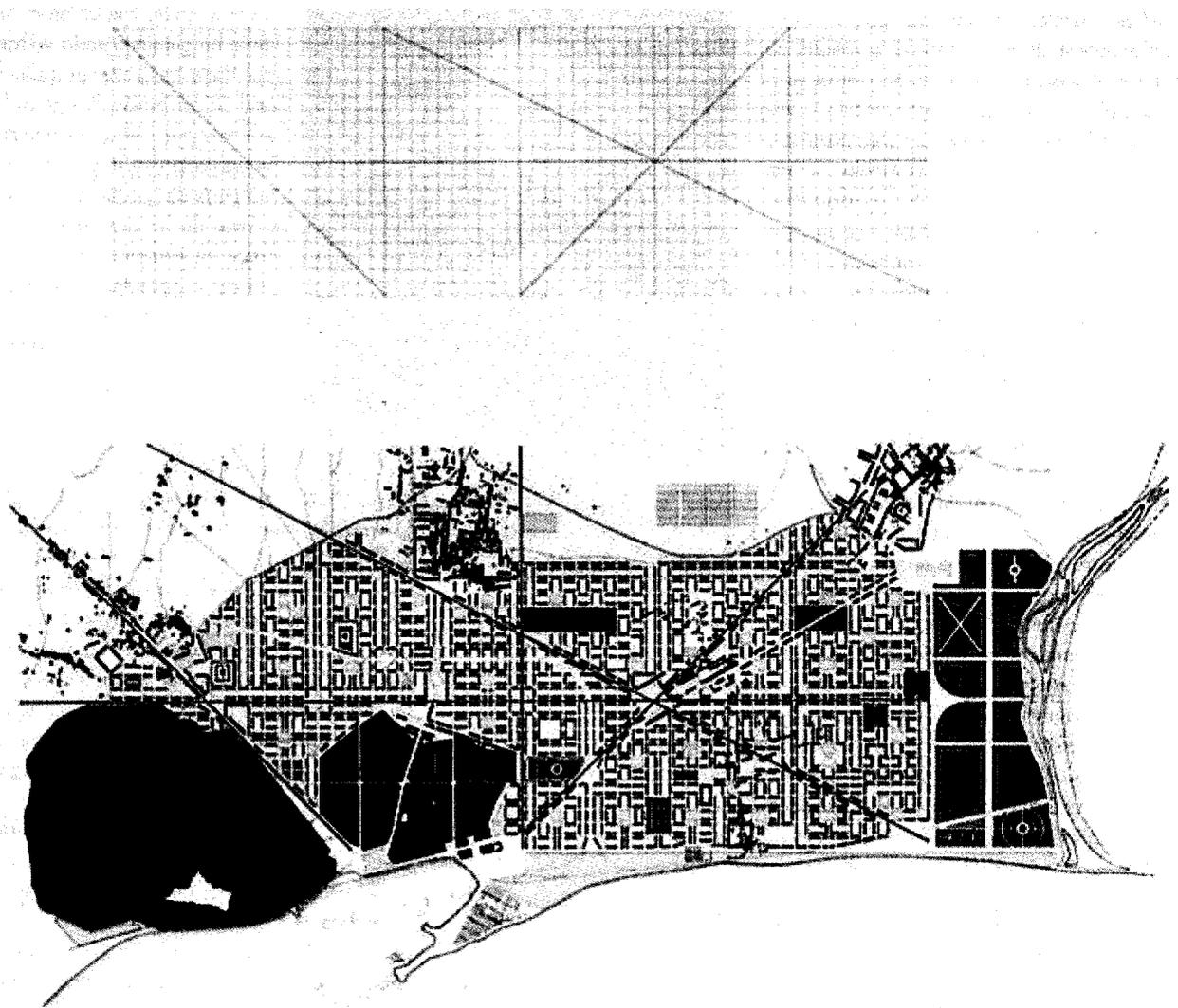
Ildefonso Cerdá nació en el mas *El Serdá*, en Centelles, un pueblecito de la provincia de Barcelona, a principios del Dieci-

nove (1815). Fue el tercer hijo de una familia de la burguesía agraria, terrateniente. Al no poder darle herencia, su padre le dio la posibilidad de cursar estudios, y así fue como se formó este ilustre e ilustrado ingeniero de Caminos de la era isabelina, ingresado en 1835 y que formó parte de la Milicia Nacional. Las muertes sucesivas de sus dos hermanos mayores le convirtieron en heredero de la fortuna familiar, y así fue como abandonó el cuerpo estatal en 1848 para poder dedicarse a satisfacer su curiosidad intelectual y su pulsión creativa, estudiando la ciudad desde la perspectiva de la ingeniería. La ciudad, que concebía como un "maremagnum de personas, cosas, intereses de todo género, de mil elementos diversos". La gran obra innovadora de Cerdá dió lugar al planteamiento científico de la reforma y fundación de ciudades, que él denominó urbanización.

Ildefonso Cerdá escribió la Teoría General de la Urbanización, su *opus magnum*, en 1867. Antes ya había publicado varios tratados de construcción de las ciudades, sobre vialidad, etc. Pero es en la Teoría General donde sistematiza y establece las cinco bases de la urbanización: facultativa, legal, económica, administrativa y política. Fue el primer tratado en la historia del urbanismo, el origen seminal de una disciplina que concibe la ciudad como un todo: habitacional, sanitario, viario, espacio público. Fue además una expresión ideológica de la importancia de lo público trasladada al ámbito del espacio urbano, al que aportó una visión global tecnohumanista imponiendo los valores de razón, justicia y equidad. Alguno de sus biógrafos escribió que en la T.G.U. Cerdá pensaba como un sabio, demostraba como un matemático y sentía como un niño. De ese manera se anticipaba a la primera escuela Europea en esta disciplina, *Der Stadëbau*, a la cual se adelantó en sus prescripciones para la transformación de la ciudad histórica, creando las bases que ayudaron a florecer la tratadística del urbanismo Alemán, plasmada más tarde en la obra de los Baumeister, Stübben y Eberstadt.

Como buen ingeniero, Cerdá no se conformó con sus estudios teóricos por importantes que éstos fueran, sino que persiguió con tesón su aplicación práctica. Ello dio lugar al conocido episodio del ensanche de Barcelona, un ejemplo paradigmático de la enorme dificultad que enfrenta el innovador para imponer su nueva lógica, normalmente en contra de algún interés establecido. Cerdá consideró —y la historia ha demostrado su extraordinaria clarividencia— que el caso ideal para poner en práctica su teoría sobre la urbanización era el proyecto del ensanche de Barcelona, operación que pretendía iniciar el curso de la modernidad urbana poniendo fin a la decadente, axfisiante e insana estructura de la ciudad medieval. Para ello, antes de que la necesidad de llevar a cabo este proyecto aflorase y se hiciera evidente para las autoridades, Cerdá ya se había

La Barcelona de Cerdá sigue siendo la Barcelona del futuro.



anticipado con un gran sentido de la oportunidad. Así emprendió por su propia cuenta y riesgo la elaboración de la "Memoria estadística de la clase obrera de Barcelona" (1856) y el plano topográfico de la ciudad, dos instrumentos pioneros, sistemáticos y exhaustivos, que demostraron ser de absoluta necesidad a la hora de abordar de forma objetiva y racional el diseño de la ciudad nueva. Cerdá, apoyado en su impresionante bagaje teórico y en la detallada información recopilada por él mismo se ganó fácilmente el reconocimiento de la Comisión del Ensanche, y consiguió el encargo del proyecto por el gobernador.

A partir de ahí la historia es conocida. El proyecto de ensanche del ingeniero liberal e isabelino, el ilustrado Ildefonso Cerdá, disparó la reacción de los intereses creados, animados por la carcondia local aún anclada en el medievalismo y con el apoyo añadido de un nacionalismo políticamente hostil hacia lo que desfiguradamente se quiso considerar como una imposición centralista, en lugar de un excelente planteamiento científico de ordenación del crecimiento de la ciudad de Barce-

lona. Sufrió además Cerdá la enemistad de personas muy influyentes de la ciudad, como Pablo Milá, y de la Liga Regionalista en su conjunto, así como la oposición gremial de los arquitectos catalanes de la época, celosos por la irrupción de la ciencia en un campo que pretendían reservar al arte edificatorio. Todo un ejemplo ilustrativo, aunque en verdad muy poco grafificante, de uno de los riesgos más duros que supone la innovación: la hostilidad agresiva del *status quo* cuando siente la amenaza de lo nuevo. Su obra teórica fue, desgraciadamente, un paradigma sin continuidad, al menos dentro de España.

Ildefonso Cerdá, a quien Barcelona debe indudablemente mucho de lo que es urbanísticamente hoy día, abandonó la plaza y sus trabajos en 1876 un año antes de morir, y no dejó allí ni discípulos ni familia. Fue aborrecido y despreciado muy injustamente por la ciudad a la que tanto dignificó, hasta bien entrada la segunda mitad del Veinte. En su persona hay que reconocer y saludar muchos de los valores que han llevado a la ingeniería a convertirse en un motor determinante de la inno-

vación. Dotado de gran curiosidad y capacidad científica, Cerdá puso su razón y generosidad al servicio de la colectividad, con un encomiable rigor técnico y gran responsabilidad social. Quizá lo más ejemplar de su figura haya sido la tenacidad para superar las adversidades de la incomprensión y de la injusticia, unido a su extraordinaria visión de futuro para alumbrar lo nuevo, en su caso la importantísima disciplina del urbanismo.

La innovación como diseminación de lo nuevo: el caso de Esteban Terradas

Si en Cerdá alabamos al creador puro en su doble originalidad teórica y práctica, no es menos importante reconocer el relevante papel que en beneficio de la innovación han desempeñado ingenieros eminentes de otro tipo, que podemos calificar como más adaptadores que creativos, impulsores de los avances de la tecnología y de su extensión a la sociedad Española. Y en este sentido se debe recordar uno de los más prolíficos y brillantes, Esteban Terradas. Nacido en Barcelona en 1883, el origen de su extraordinaria capacidad provenía de su amor a la física matemática, de hecho Terradas fue un "ingeniero teórico" según decía su amigo y coetáneo Julio Rey Pastor.

Esteban Terradas fue físico, matemático, ingeniero y gestor. Sabio, pedagogo, y sobre todo un incansable difusor e impulsor de la modernidad industrial. Aparte de la ciencia pura, desarrolló una copiosa actividad en campos tan diversos como la telefonía, los ferrocarriles, la aeronáutica y la energía. Terradas es un ejemplo de la pasión por el conocimiento que poseen algunos ingenieros. Comenzó sus estudios en la facultad de Ciencias (sección de Físicas) en 1900, y en 1902 ingresó en la Escuela de ingenieros Industriales. En un mismo día del verano de 1905 defendió dos tesis doctorales, una en Física sobre la teoría del electrón de Lorentz y la otra en Matemáticas sobre la mecánica de hilos elásticos. Ganó la cátedra de la facultad de Zaragoza en 1906, y desde muy joven destacó por su gran erudición científica, asistiendo al congreso de Karlsruhe (1911) en compañía de físicos tan distinguidos como Heaviside, Millikan o Sommerfeld, así como al congreso internacional de Matemáticas de Cambridge de 1912.

Terradas empezó a trabajar como ingeniero en la Mancomunidad de Cataluña, y debido a sus buenas relaciones con Prat de la Riba ganó protagonismo especialmente en el impulso regional a diversos proyectos de líneas de FFCC secundarios eléctricos, como las líneas Balaguer-Tárrega y Reus-Montroig, aunque éstas nunca fueron finalmente construidas. Ingeniero director de la sección técnica de teléfonos (1916) y de ferrocarriles (1917), y miembro del consejo pedagógico de la Mancomunidad, fundó junto con Alvar Llatas, catedrático de Mecánica Técnica de Industriales, la sección de automovilismo



Esteban Terradas, ingeniero politécnico y educador.

dentro de la escuela del Trabajo (artes y oficios). Esta fue la primera escuela de formación profesional en España en esta especialidad, en la que Esteban Terradas actuó como profesor en su condición de *chauffeur* e ingeniero. Hay que recordar que la Hispano Suiza se había establecido en Barcelona en 1904, a iniciativa del gran ingeniero helvético Markus Birgitz. Convencido de la necesidad de contar con buenos técnicos y mandos intermedios, también creó la escuela industrial de directores de industrias mecánicas y eléctricas, y los institutos de Electricidad y de Mecánica aplicadas.

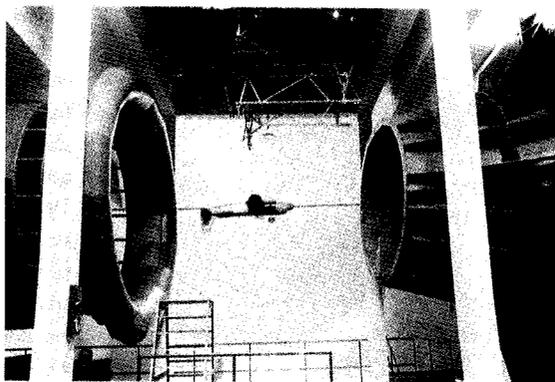
Terradas fue un ejemplar paradigmático del ingeniero politécnico por excelencia, pues muchos fueron los campos hacia los que dirigió sus afanes. En 1918 ejercía simultáneamente como catedrático de la UCB, director y profesor de la escuela del Trabajo (automovilismo), director del instituto de Electricidad aplicada, director de la sección técnica de teléfonos de la Mancomunidad y comisionado con atribuciones de director en la de FFCC. En 1921 creó un instituto de tecnología ferroviaria en el ICAI, con el padre Pérez del Pulgar, y durante 1923 a 1927 ejerció la dirección técnica del Ferrocarril Metropolitano de Barcelona.

Otra de las actividades en que destacó fue la de la expansión de la telefonía, pues ya había sido directivo de la red de teléfonos de la Mancomunidad entre 1917 y 1925, expropiada posteriormente por la CTNE. Había presentado un proyecto y ganado la plaza, y con 20 oficiales del cuerpo de telégrafos construyó la red regional, instalando en Balaguer la primera central automática de España (1923) con capacidad para 1.000 abonados. En 1924 empezó a trabajar como consultor para la ITT (CTNE), dimitiendo de la Mancomunidad e interviniendo en la valoración del justiprecio de la red regional. En 1929 fue nombrado Director General y Consejero de la CTNE, y también catedrático de Ecuaciones Diferenciales de la Universidad Central de Madrid, así como profesor de la Escuela Superior Aeronáutica, fundada por Emilio Herrera.

Tras un largo paréntesis de menor actividad profesional, marcado por la segunda república y la guerra civil que pasó en Argentina, volvió a España de la mano de Juan Vigón y en 1942 participó en la creación del INTA, donde ejerció la presidencia del patronato y fue nombrado profesor de Elasticidad. En 1944 pasó a dirigir el departamento de Motores e intervino en las misiones científicas y en los viajes a los EEUU, para estudiar temas de aerodinámica (Von Karman) y motores (Taylor).

Fue vicepresidente del patronato Juan de la Cierva y director del Instituto Nacional de Electrónica del CSIC, interviniendo en la creación de la JEN (1948) y en el proyecto y construcción de la primera gran central termoeléctrica moderna, en Ponferrada. En 1946 ingresó en la Real Academia de la Lengua, con un discurso de 270 páginas sobre el tema "Neologismos, arcaísmos y sinónimos en plática de ingenieros". *Novis rebus, nova nomina.*

Esteban Terradas fue un ingeniero que encarnó grandes valores, que le otorgan un puesto de indiscutible relevancia en el ámbito del progreso técnico y de la modernización industrial de España. Entre ellos su curiosidad insaciable por conocer lo nuevo, la difusión incansable de ideas y su puesta en práctica, una extraordinaria capacidad politécnica asentada sobre bases científicas muy sólidas, así como un acusado vanguardismo industrial y tecnológico. Terradas no fue un innovador en el mismo sentido que Cerdá, pues careció de la capacidad de creación técnica o científica propia, pero aún aplicando ideas de otros logró un reconocimiento muy amplio y merecido.



Experimento aerodinámico en el INTA, la huella de von Karman en España.

La innovación como expresión del genio y del carácter audaz: el caso de José Torán

El tercer personaje elegido para elogiar actitudes y virtudes creativas dentro de la ingeniería Española, es José Torán, a quien aún recordamos con una facha elegante marcada por sus cejas mefistotélicas y su mirada penetrante. Una especie de príncipe Salina de la ficción histórica de Lampedusa, que encarnó la excepcionalidad de un ingeniero insólito según su biógrafo y amigo, Ángel del Campo (4).

Torán era un hombre a quien sus coetáneos le obsequiaron con múltiples adjetivos: genial, imaginativo, fantasioso, disconforme, osado, heterodoxo, petulante, llamativo, extravagante. Dicen que fue un ingeniero con una imaginación exaltada y una apasionada voluntad por la acción. Turolense, pasó por el famoso Instituto-Escuela —de donde le vino su amistad con Ortega hijo— e ingresó en la Escuela de Caminos en 1936, el año de las largas vacaciones, acabando sus estudios en 1943.

Brilló con luz propia como ingeniero constructor —la brega de la contrata— y como consultor —ingeniero pensador—. Renunció a sus derechos como ingeniero al servicio del Estado al inicio de su carrera profesional, pues decía que era un ingeniero de Estado, no del Estado, y empezó a trabajar en 1943 en la Sociedad Madrileña de Tranvías. Era un *dandy*, que en 1945 trajo a Ortega y Gasset de vuelta a Madrid desde Lisboa en un elegante Packard de color beige. En 1946, con un grupo de capitalistas entre los que se encontraban el marqués de Amurrio, Urgoiti, y otros próceres, fundó una de las primeras constructoras independientes del país COVILES. Grandes presas. grandes obras, porque co-



José Torán, la audacia hecha ingeniería.

mo él mismo solía decir *ingenium et animus moles erigunt*.

José Torán era un ingeniero audaz y ocurrente, cuyo talento imaginativo provenía no tanto de su formación científica como de una vitalidad plena de energía que nunca renunció a enhebrar la realidad con hilos de fantasía. Fue así mismo un gran comunicador, consciente de la importancia decisiva que en ocasiones difíciles tiene la capacidad emocional de convicción del ser humano, por encima de la fría perfección del cálculo técnico o

de la lógica racionalidad del beneficio económico puro y duro. No es de extrañar que fuese posiblemente el primero en aportar de forma sistemática el concepto de espectáculo al mundo severo de la obra pública, uniendo la técnica de la construcción a la fantasía de la literatura y del teatro, de la música y de los fuegos artificiales. Así lo atestiguan la realización de las presas del Guadalén (Jaén, 1953) y del Cenajo (Murcia, 1963), en las cuales las hazañas arriesgadas de Torán en lo técnico y en lo económico desembocaron en la solemnización festiva de las inauguraciones, uniendo ingeniería y espectáculo en beneficio de la pedagogía de las grandes obras hidráulicas. O cuando organizó el desfile metafórico y auto sonoro titulado "El río emplazado", un trílogo multimedia de su propia autoría entre el Río, la Razón y la Huerta, con música de Stockhausen, también en aquella época. Fue un precursor que advirtió la enorme importancia que tienen las relaciones públicas y la comunicación como instrumentos al servicio de una empresa, y por ello se rodeó de asesores estéticos y literarios, entre ellos Jaime del Valle Inclán, Carmen Martín Gaité o Rafael Sánchez Ferlosio, aunque no se sabe si les llegó a pagar mucho o poco.

Defendía Torán la tesis de que ingeniero no viene del término Inglés *engine* sino del Latín *ingenium*; el ingeniero es ingenioso e ingenuo (liberto), y se realiza en la libertad de acción. Cuando fracasó al frente de Coviles, a raíz de los problemas derivados del contrato de la base de Rota, que junto con Richard Corbetta había firmado con la Marina de los EEUU, Torán no se hundió sino que inventó una actividad profesional nueva, la del ingeniero consultor. En 1958 reorganizó su actividad en torno a nuevas ideas surgidas en los ICOLD de 1955 (París) y de 1958 (Nueva York) y en 1960 creó Torán y Cía. Hacienda había autorizado por decreto en 1952 la contratación de estudios y de servicios técnicos a los ministerios de Obras Públicas y de Agricultura, y él vió ahí la oportunidad que dentro de la ingeniería de consulta se abría para la exportación del conocimiento, para la interna-

cionalización de la ingeniería civil Española. Así surgieron EDES y Tecniberia.

Consciente de la importancia de las relaciones internacionales, desarrolló una actividad frenética en este campo, como lo prueban entre otros episodios la organización del viaje de visita a España del *Bureau of Reclamation* de los EEUU que tuvo lugar en 1964, haciendo recorrer al cortejo 7.800 km. en 6 días. En 1965 su foco de interés se desplazó al oriente, y aprovechando un viaje oficial de una delegación diplomática Española a Iraq, consiguió convencer a las autoridades de ese país para poder actuar en el río Eúfrates, desarrollando la ingeniería de los riegos de Is-haqui (110.000 Ha.), la gran presa de Raz-zaza (Kerbala) y la regulación del lago Abu Dibbis. En premio a sus afanes hidráulicos, en 1969 el gobierno Iraquí le otorgó el título de "padre de las ideas" (Abu Yagja).

José Torán fue un ingeniero elocuente hasta la estridencia, que actuaba animado por un permanente impulso excéntrico, lo que le llevó a imprimir un tono irremediamente personal a su forma de desempeñar la profesión, casi siempre en el mundo del agua. Explicaba su actitud diciendo que "la obra del ingeniero es siempre una descarga de lo subjetivo, de la idea que en su mente nació y que la técnica elabora, dentro del marco de la imaginación abstracta, proyectada sobre la realidad que, naturalmente impone sus condiciones". El inolvidable Torán fue un sobresaliente ejemplo de creatividad asociada conscientemente a la obra del ingeniero, en este caso bendecida con los dones de la imaginación y de la audacia, y siempre realzada con el beneficio de la comunicación y de la proyección del espectáculo. Como se ve, nada más lejos de ese estilo contenido, circunspecto y sobrio, que se dice que distingue estadísticamente a los ingenieros.

La innovación como motor del espíritu empresarial: el caso de los Sendagorta

Finalmente, el cuarto ejemplo elegido para reivindicar la carga históricamente innovadora de la ingeniería Española, permitirá pasar del plano de la obra personal o vital, explicada en los tres ejemplos anteriores, al ámbito del ingeniero-empresario, en este caso a través no ya de una persona sino de dos, los hermanos Enrique y José Manuel de Sendagorta. Ingenieros-empresarios o empresarios-ingenieros, no importa en este caso tanto el orden como la firmeza del vínculo, es decir la relación profunda que los Sendagorta establecieron entre las virtudes y valores que hay detrás de cada uno de los dos términos, en particular la responsabilidad económica y social como complemento necesario a la creatividad y al ímpetu del emprendedor.



Torán con Don Juan Carlos.

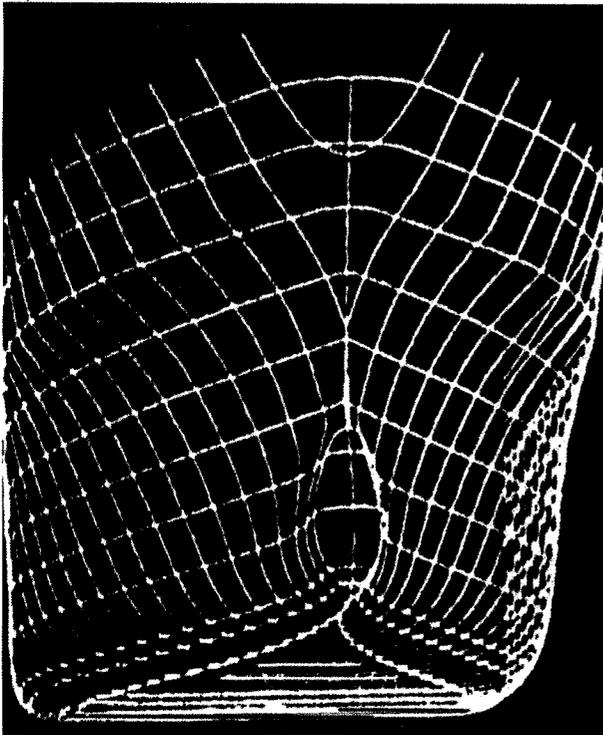
El apellido Sendagorta se encuentra asociado a una de las primeras empresas independientes de ingeniería que se fundaron en España, Sener, establecida en 1956 por el mayor de la familia, en sociedad con Alberto Erhard. Se creó la compañía con el objetivo, entonces inédito, de prestar servicios técnicos de ingeniería a los sectores industrial y naval, que en aquellos tiempos iniciaban un fuerte proceso de expansión en nuestra patria. Enrique de Sedagorta, ingeniero Naval, aportó a la empresa no sólo su pericia técnica, sino su visión de futuro y la comprensión del escenario económico internacional, desarrolladas en el curso de una dilatada carrera que le llevó a desempeñar puestos de tan grande importancia como fueron los de Director General de Comercio Exterior y de Expansión Comercial con López Bravo (1960-63), Consejero Delegado de la Naval (1963-68), presidente de

Petronor (1968-76) y a partir de esa fecha los de Consejero y Vicepresidente del Banco de Vizcaya.

Su hermano José Manuel, Manu, ingeniero Aeronáutico (1953) y Mecánico (1954) se inició en el INTA con el grupo de von Karman, y a partir de 1959 se incorporó a Sener, compañía en la que ejerció la dirección desde 1960. Manu Sendagorta fue un ingeniero intrépido a quien siempre gustó emprender aventuras de alto riesgo, técnico y empresarial, que tanto contribuyeron a definir el carácter distintivo de la compañía. Dos de sus iniciativas pioneras forman parte destacada de la épica de la ingeniería nacional. La primera se refiere al inicio de la ingeniería aeroespacial en España, en 1968, al haberse hecho cargo del proyecto llave en mano de la torre de apunte y lanzamiento del cohete Skylark de la ESRO en Kiruna, un reto sin precedentes coronado por el éxito. La segunda fue el desarrollo del FORAN (formas analíticas), un sistema sofisticado de CAD-CAE-CAM, concebido y realizado en colaboración con Jaime Torroja, también a mediados de los Sesenta, y desde entonces una referencia de primera magnitud en el merca-



El sector aeroespacial, ingeniería de vanguardia.



FORAN: la Internacionalización de un software Español.

do internacional de tecnologías para la construcción naval. Además FORAN ha sido, posiblemente, la contribución más significativa hasta la fecha de nuestro país en el campo de la industria de las nuevas tecnologías de la información, al menos en la parte del *software* de aplicación industrial.

Los valores innovadores de los Sendagorta son los que les llevaron a transformar su visión de futuro en estrategia empresarial, anticipando dentro de la ingeniería Española el rico concepto de la multidisciplinariedad, con un compromiso decidido en torno a la idea de innovación y de la responsabilidad social del empresario como servidor-líder (5).

La innovación y el futuro de la ingeniería

Y una vez que se han repasado en los párrafos anteriores algunos ejemplos distintos pero elocuentes de cómo la creatividad se encuentra arraigada en la tradición de la ingeniería Española, en la rica variedad de sus ramas y en personas de tiempos y circunstancias muy diversas, no puede evitarse pensar en el porvenir de nuestra profesión. Ahora que las fronteras disciplinares se van borrando, y el policentrismo y la desintegración expansiva marcan el futuro de la ingeniería, como afirma Rosalind Williams (6) del M.I.T.

Dos grandes vías de evolución se pueden identificar en ese proceso, invitando a desarrollar la creatividad de los ingenieros. Una hacia la realización de artefactos cada vez más especializados, explorando las fronteras de la ciencia con la técni-

ca y haciendo entrar a la ingeniería en mundos que hasta ahora se consideraban fuera de sus posibilidades de actuación, como la manipulación de la materia en la nanoescala o la complejidad biológica de los seres vivos. Por otra parte, una orientación más general hacia la concepción sistémica de la ingeniería a gran escala, desarrollando en este caso las relaciones de la técnica con la sociedad y con el mercado, con el mundo de la economía y de las ciencias sociales en un sentido amplio. Renace así la vieja dicotomía entre especialización y generalismo, en la que caben distintos tipos de ingenieros, el ingeniero científico (*thinker*), el ingeniero tecnólogo (*tinker*) y el ingeniero sistémico (*manager*).

Pero además la innovación llevará seguramente a la ingeniería a adoptar nuevos patrones de comportamiento, dando lugar a actitudes basadas en una mayor sofisticación social, el desarrollo de las habilidades comunicativas, la inmersión en entornos basados en redes más bien que en jerarquías tradicionales, así como impulsando la adaptabilidad necesaria de los ingenieros a las corrientes cambiantes del mercado.

Es evidente que el reto de la innovación en la ingeniería Española no depende exclusivamente de la calidad individual de sus ingenieros, sino de cómo funcione el ecosistema ciencia-tecnología-mercado en su conjunto. La capacidad de innovación ya no recae tanto en el ingeniero creador como en su entorno, de ahí el papel determinante que también desempeñarán las instituciones de la ingeniería en la definición de su futuro, en el contexto de la globalización y de una nueva geografía del conocimiento. Aún así, la vitalidad evolutiva de nuestra profesión nunca dejará de depender en último extremo de la creatividad y del gusto por el riesgo de los individuos ingenieros, por supuesto de ambos géneros.

La innovación es el vínculo que une con fuerza ingeniería y tecnología, dos expresiones tenidas por análogas pero que como se puede ver no son idénticas. La tecnología trasciende a la ingeniería, es en cierto modo producto de ella y al mismo tiempo un concepto de mayor envergadura. La innovación representa la ideología de la discontinuidad creativa dentro de la ingeniería, una fractura, para bien, del orden técnico establecido. A veces ocurre que hay una especie de Prometeo encadenado tras el espíritu aparentemente apacible y algo soso del ingeniero; las figuras elegidas de Cerdá, Terradas, Torán y Sendagorta que se glosan en este artículo, son junto a muchas otras personas menos conocidas, un ejemplo que claramente lo pone de manifiesto. ■

Referencias

- (1) Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabue hasta nuestros tiempos, publicada por primera vez en 1550.
- (2) *Technics and Civilization*, Lewis Mumford, 1934. *The History of Technology*, Donald Cardwell, 1994. *Histoire Générale des Techniques*, Maurice Daumas, 1996.
- (3) *Constructing a Bridge. An Explanation of Engineering Culture, Design, and Research in Nineteenth-Century France and America*, Eda Kranakis, 1997.
- (4) José Torán, un ingeniero insólito. Ángel del Campo, 1992.
- (5) El afecto a la empresa. Enrique de Sendagorta, 2004.
- (6) *Retooling. A Historian Confronts Technological Change*. Rosalind Williams, 2002.