

UTILIDAD Y MÉRITO: SOBRE LA PARADOJA DEL VALOR EN INGENIERÍA

Aula Carlos Roa, 26 de Noviembre - 2009

Notas preparadas por César Lanza

Introducción	1
(1) La ingeniería, una y trina	5
(1.1) Visiones de la técnica desde la filosofía y la ideología	6
(1.2) La ingeniería en comparación con la ciencia	10
(1.3) La tecnología, realidad de mercado e idealización popular	13
(2) Los ingenieros en su diversidad etnológica	17
(2.1) Bases para una taxonomía de la praxis de los ingenieros	18
(2.2) Tópicos, normas y dogmas en ingeniería	22
(3) La profesión de la ingeniería a través de sus instituciones	26
(3.1) Uso del lenguaje y bases comunicativas de la profesión	27
(3.2) Elaboración de la metáfora vs. primitivismo gremial	30
(3.3) La marca, por encima de todo	33
(4) Ingeniería y valor de mercado	37
(4.1) Naturaleza económica de la ingeniería	39
(4.2) Valor de la ingeniería y estructura de mercado	44
(4.3) La ingeniería en su cadena de valor	48
(4.4) Valor, iniciativa emprendedora, oportunidades y ciclos	52
A modo de síntesis: diez ideas para un (posible) debate	58
Anexo: algunos datos de apoyo	
Referencias bibliográficas	

UTILIDAD Y MÉRITO: SOBRE LA PARADOJA DEL VALOR EN INGENIERÍA

Introducción

Se atribuye comúnmente al ilustrado escocés Adam Smith la primera elaboración teórica sobre el concepto de valor, en particular en lo que se refiere a su relación fundamental con la idea de riqueza. En su obra más conocida, *La Riqueza de las Naciones*¹, advertía Smith sobre la dualidad tan cierta que existe entre los predicados de «valor» y «utilidad» al considerar la naturaleza económica de cualquier bien, poniendo como ejemplo de ello el problema que supone medir el valor de los objetos a partir de la utilidad que proporcionan. El denominado «padre de la economía» desechaba esta posibilidad mencionando el ejemplo del agua y los diamantes, en el cual se prueba que los bienes que mayor grado de utilidad poseen pueden tener un valor de mercado exiguo. En cambio, un diamante, que no presenta mayor utilidad a su poseedor -es decir, no posee propiamente valor de uso en términos de satisfacción de una necesidad objetiva-, tiene un altísimo valor de cambio.

Desde Adam Smith a nuestros días, la cuestión del valor viene siendo uno de los aspectos fundamentales dentro de la evolución de la teoría económica, si bien su estudio se ha ido abordando de manera diferente con el paso del tiempo. Desde las explicaciones esencialmente intuitivas del utilitarismo que se encuentran en la obra de pensadores clásicos tan dispares como Mill, Ricardo o Marx, hasta las enrevesadas y abstractas formulaciones algebraicas de alguno de los economistas modernos, como por ejemplo Gérard Debreu², que fue distinguido hace unos años con el premio Nobel precisamente por su teorización sobre la materia. En el ámbito de la economía como disciplina del logos pragmático, las posiciones subjetivistas predominan como canon del saber a partir de las teorías marginalistas y sus sucesoras. La teoría objetiva del valor, propia de la economía política clásica, fue desplazada y suplantada por la neoclásica, devenida hegemónica en el ámbito académico y práctico, a partir de sus críticas a las deficiencias y escasa científicidad de la teoría del valor objetivo de las cosas según la cantidad de trabajo que contienen.

En el caso de la ingeniería, entendida como actividad profesional de los ingenieros, su valor puede contemplarse a partir de la observación de sus efectos externos³, económicos o sociales, monetizables o no, o bien mediante la valoración económica de las empresas que constituyen ese sector de actividad. Por otra parte, en los últimos tiempos, la noción de valor se ha ido vinculando preferentemente⁴ con la parte financiera de la actividad económica, y así se observa la muy frecuente asociación de ese concepto con el rendimiento empresarial obtenido por gestores y accionistas de las grandes corporaciones cotizadas, lo cual es un ejemplo ilustrativo de algo que

en estos días se ha revelado como una preocupación sobre el funcionamiento del sistema: la disociación creciente entre la economía real (*Main Street*) y la financiera (*Wall Street*).

La cuestión del valor asociado a una profesión como es la ingeniería tiene un notable grado de complejidad y una mayor variedad de matices que en el caso de un bien, sea corriente como el agua -aunque esa adjetivación habría que discutirla en cualquier caso-, raro como una piedra preciosa, o etéreo como una acción o un derivado financiero. Pues la ingeniería, que es una de las actividades humanas nucleares en la conformación de lo social, y quizá junto con la medicina y el derecho, una de las profesiones que más ha contribuido a que el mundo sea como es y no mucho más primitivo, ha ido cediendo valor en cierto sentido dentro del imaginario colectivo de la sociedad a la que sirve. La ingeniería ve cómo se altera la apreciación de su mérito -ésta es una cuestión central al tratar este tema, como se analizará más adelante-, al tiempo que se abren frentes críticos e incluso denigratorios sobre su contribución al progreso social, si nos atenemos a la virulencia de las reacciones neoluditas de un conservacionismo dogmático cada vez más agresivo en los campos que constituyen el hábitat profesional de los ingenieros.

Lo cierto es que aquello que desde la ingeniería se tiene por evidente, el valor intrínseco y objetivo de su acción, va dejando de serlo -al menos en ciertos aspectos- para otros, y no sólo a los ojos del público que en sentido general es quien recibe a través de las obras, bienes y servicios los resultados de nuestro afán. Muy significativo resulta comprobar cómo crece la dificultad para que la opinión facultativa de la ingeniería se halle presente de forma explícita, ya que no puede decirse de manera determinante, en los procesos de toma de decisiones que se producen en el ámbito específico del poder, sea éste político o económico si tal distinción fuese practicable.

La relación, o más bien la posición de la ingeniería dentro de las élites, en una sociedad democrática en lo político y muy orientada al mercado en lo económico, no es una cuestión baladí, aunque en España haya muy poca producción teórica al respecto. Esto último es sin duda una muestra preocupante del desinterés generalizado de una profesión que, a pesar de su importancia objetiva, es muy poco dada a reflexionar sobre sí misma en términos antropológicos o sociológicos, es decir a rebasar la frontera disciplinar y dar un salto *out of the box* en sus hábitos de pensamiento. No sucede así en otros países próximos, como por ejemplo Francia, donde el papel de los cuadros es una preocupación constante y un factor que se asocia en relación directa a la idea de progreso. En una obra relativamente reciente de Robert Germinet⁵, director de l'École des Mines de Saint-Étienne, se estudia *le désamour* entre ingeniería y opinión pública, y en ese sentido resulta anticipatorio el prólogo de ese libro que incluye varias reflexiones valiosas de Georges Charpak, uno de los pocos ingenieros que han sido honrados con el premio Nobel de física, sobre la necesidad de revitalizar desde el propio proceso educativo el contexto de referencia profesional de los ingenieros. Para ello Charpak estima necesario el desarrollo dentro de la propia ingeniería de la capacidad -quizá también voluntad- de entusiasmarse con el valor de

sus descubrimientos, de construir razonamientos que rebasen el límite de lo estrictamente científico-técnico, y esencialmente de saber explicar, escuchar y convencer a otros.

La ingeniería es una de las bases centrales de la modernidad, y una forma de creación que pertenece no sólo a lo productivo-económico sino también a lo cultural-sociológico, de ahí la importancia de tratar de interpretar la cuestión de su valor en planos que rebasen el ámbito de lo puramente técnico. La ingeniería, como fuerza transformadora del mundo, determina las relaciones entre el ser humano y su entorno a través de las obras públicas que proyecta, construye y explota, los artefactos de naturaleza tecnológica que diseña y fabrica, y en general los sistemas artificiales a través de los cuales el hombre ejerce su acción sobre el medio. La ingeniería, en su doble vertiente de pensamiento y acción, es uno de los fundamentos de lo artificial que es lo esencialmente humano. En ese sentido, la ingeniería es puro humanismo en el sentido particular que tan bien supo explicar Ortega⁶, algo que opera sobre la «circunstancia» que rodea al ser, aunque este hecho incontrovertible desconcierta e incluso irrita a algunos profesionales de las humanidades.

En las notas que siguen se tratará de exponer algunas ideas que inciden en la problemática del valor de la ingeniería, sin pretender ni mucho menos agotar la casuística sobre este tema que es muy amplia y polifacética. Especialmente se ha pretendido aportar una visión más o menos estructurada sobre el marco de referencia que encuadra a un tema tan importante para la profesión. Las cuestiones que se abordan en particular son las siguientes: (1) la interrelación y diferencias que existen entre la ingeniería, la técnica y la tecnología, y especialmente las consecuencias prácticas que ello tiene desde el punto de vista de su percepción pública y de la atribución de valor por el mercado, (2) la diversidad en la manera de entender y desarrollar la práctica profesional que tenemos los ingenieros, y cómo ello influye en la apreciación de nuestras personas y de los hechos que las adornan, (3) la debilidad institucional que caracteriza a la ingeniería en cuanto a su puesta en valor en un contexto interprofesional fuertemente competitivo e influido por los medios de comunicación social, y finalmente (4) la inevitable y compleja relación que se da entre el valor de la ingeniería, la estructura de los mercados en que aquélla actúa y la cadena de valor de la que forma parte. Las tres primeras cuestiones poseen un carácter que podríamos denominar marco o superestructural en relación con el problema del valor, y tienen por objetivo contemplar diversos aspectos que acompañan a la ingeniería e influyen de una u otra manera en la valoración -atribución de valor por otros- de su acción profesional, o al menos ayudan a interpretarla más adecuadamente. La cuarta y última de las cuestiones tratadas se refiere a algunos aspectos concretos de la dinámica de los procesos de creación de valor económico que afectan a las empresas de ingeniería, y su retribución -obtención de rentas- en los mercados de referencia en que actúan.

Para ello se parte de una consideración explícita de lo difícil que en ocasiones como ésta resulta moverse sobre un terreno donde la interpretación de los hechos no es ni estrictamente objetiva ni tampoco subjetiva en un sentido literal. Esencialmente se ha querido mirar a la

ingeniería desde el ángulo de quien quiere defender su propia casa pero rehúye hacerlo desde la óptica gremial o el corporativismo trasnochado, posturas que poco aportan a una cuestión esencialmente de futuro. Tampoco se ha querido incurrir en la crítica fácil de lo que puede haber de denostable en la praxis de una profesión que como todas tiene sus miserias, porque la autoexpiación es con frecuencia una actitud tan falsa como ridícula, aunque sea necesario enfrentarse al espinoso problema de las valoraciones sociales negativas de sus prácticas, antaño tan admiradas por el cuerpo social⁷. Deseando en todo caso que el posible lector de estas notas coincida con su autor en la idea de que «existir es pensar, y pensar es comprometerse», como sentenciaba José Bergamín en uno de sus aforismos más conocidos, sin que ello obligue a compartir lo que en ellas se expresa.

(1) La ingeniería, una y trina

No se advierta en el encabezamiento de este párrafo irreverencia alguna hacia la divinidad cristiana, pues no se trata más que de reconocer el hecho de que al meditar sobre la ingeniería se ve uno obligado a hacerlo al tiempo sobre la técnica y también sobre la tecnología. Estos tres términos tienden a considerarse análogos e incluso en ocasiones idénticos, pero aunque son semánticamente adyacentes encierran conceptos y significados en esencia bien distintos.

La ingeniería es ante todo profesión, la profesión de los ingenieros, y por tanto un conjunto de actos humanos de transformación del mundo. La ingeniería es indisociable de la acción, una actividad que requiere visión y determinación teleológica. La técnica -la *techné* 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 indisociable 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, y generalmente posee un valor de mercado real, contrastable.

Las precisiones precedentes quizá parezcan superfluas, pero corresponden a una interpretación necesaria de conceptos que tienen importancia desde el punto de vista del valor. Pues la ingeniería y sus términos concomitantes, la técnica y la tecnología, y quizá más este último en particular, requieren tratarse de manera relativamente diferenciada en este tipo de análisis debido a la manera en que cada una de ellas contribuye a crearlo, en su contexto de referencia.

La ingeniería o profesión de la técnica es una de las bases de la modernidad que se apoya sobre todo en el cambio tecnológico. Entendida en la tradición como el arte de dirigir las fuentes de poder de la naturaleza hacia el uso y la conveniencia del hombre⁸, el protagonismo social de la ingeniería ha ido sin embargo cediendo paso a conceptos más blandos y manipulables tanto en la parte de los hechos como en su representación. Lo que define a la ingeniería por comparación con otras actividades profesionales es su posición de dominio relativo en la concepción y producción de artefactos asociados al progreso humano. Obras públicas, artefactos o sistemas, son objetos creados por ingenieros que conforman el mundo moderno, el hábitat de un modelo de organización social que si en algo se diferencia de lo no-moderno es precisamente en su dependencia creciente de lo artificial.

Pero la ingeniería ahora que parece superada la atracción épica que ejercía sobre el público su papel dominador de la naturaleza -más o menos cierto, más o menos bueno-, se enfrenta a un problema de banalización de su identidad en la consciencia colectiva de sus usuarios. Ello no es

tanto por razones de debilidad epistemológica o productiva sino como consecuencia de su aparente transformación en lugar común, en hábito que raramente sorprende en comparación con otros atractivos del mundo moderno. Una vez que el hombre fue capaz de llegar a la Luna y volver en un viaje seguro, y de ello ya han pasado 40 años, ¿qué otras proezas se le pueden pedir a los ingenieros? El problema entonces sería cómo definir el valor de la ingeniería después de lo que podría denominarse «la era de la ingeniería». En apariencia algo común con otras preocupaciones de naturaleza post-histórica que afectan a diversas manifestaciones de la creatividad humana -el arte es otro ejemplo en el que todo parece posible o al menos creíble-.

(1.1) Visiones de la técnica desde la filosofía y la ideología

Empezaremos este análisis del valor de la ingeniería por la técnica, y la consideración que de la misma se ha ido haciendo en el ámbito del pensamiento humano, tanto desde el punto de vista filosófico, lo que supone contemplarla como una forma particular de sabiduría, como en lo que respecta a su relación con la ideología -entendida ésta en un sentido amplio y no estrictamente político-, que vendría a ser el conjunto de creencias en las que se apoya la interpretación del mundo y la voluntad de transformación del mismo. La técnica como cuerpo de conocimientos vinculados al «saber hacer» de los ingenieros ha sido vista, interpretada y en último extremo valorada desde los círculos intelectuales de la sociedad de maneras en cierto sentido contradictorias. Por una parte hay que tener en cuenta a los filósofos que denominaremos materialistas, tanto en su variante naturalista o mecanicista, como en la más conocida del materialismo histórico que tiende a asociarse con el marxismo. El materialismo forma parte de las grandes corrientes del pensamiento contemporáneo y puede definirse en sentido laxo por oposición al idealismo y sus doctrinas. El materialismo naturalista⁹, asociado al desarrollo científico y a la interpretación del mundo que se inicia en el siglo Diecinueve con el fenómeno histórico de la Revolución Industrial, es en cierto modo heredero de l'Encyclopédie francesa y parte de la teoría fenomenológica de Hegel y del valor de lo cognitivo asociado a la naturaleza y propiedades físicas de los objetos del mundo que nos rodea, más que de las sensaciones del propio intelecto humano. El materialismo naturalista o científico, que consideraba el conocimiento técnico como una parte especializada del conocimiento científico, ha sido criticado por su reduccionismo filosófico ya que en cierto modo asimilaba cualquier forma de pensamiento humano bien con lo fisiológico o con lo físico.

Karl Marx fue quizá sin pretenderlo expresamente uno de los principales filósofos de la técnica que fueron surgiendo en el siglo Diecinueve desde una posición independiente del naturalismo o cientifismo. Es bien conocida la admonición que el joven Marx hacía a sus colegas en los afanes filosóficos llamándoles a transformar el mundo, y no interpretarlo: «*Hasta ahora los filósofos se han limitado a interpretar el mundo de distintas maneras; de lo que se trata es de transformarlo*», sentenciaba en la tesis XI sobre Ludwig Feuerbach, en 1845. Fue Marx entre los filósofos modernos, quien mostró una más inagotable y universal fe en el progreso. Crecimiento y

desarrollo se suponen términos equivalentes, por lo que más autoridad debería tener quizá sobre ellos la ciencia de la economía que las doctrinas filosóficas. La teoría macroeconómica convencional, al tratar del crecimiento, especula sobre los efectos de la política fiscal, la teoría monetaria y en general de las variables agregadas sobre el desarrollo¹⁰, pero poco aparecen en su discurso la técnica como factor productivo o la ingeniería como actividad habilitadora del progreso. La técnica se queda reducida una vez más a ser el *deus ex machina* del crecimiento económico, causa invisible a la que se suponen importantes efectos visibles pero cuya aprehensión se escapa a los economistas que estudian el fenómeno.

Señalaba hace unos años Ferrater Mora¹¹ que el estudio filosófico de la técnica se halla aún en sus comienzos. Aunque los filósofos actuales, especialmente en los países altamente industrializados, viven en un «mundo técnico», la naturaleza de su trabajo los lleva a ignorar intelectualmente dicho mundo. No hay razón, sin embargo, para que no pueda analizarse filosóficamente la técnica (o las técnicas) con el rigor conceptual con que se ha analizado a menudo la ciencia. Lo que necesita ante todo la filosofía de la técnica es un sistema de conceptos dentro de los cuales puedan plantearse los problemas básicos, y en el caso del valor su relación con las nociones de trabajo, transformación y eficacia.

Spengler decía de la técnica que es «la táctica de la vida», opinión que puede interpretarse dentro de una amplia variedad de matices y que contrasta con el pesimismo que asociamos al autor que quiso comprender la civilización del siglo Veinte, y en particular la europea, como una sucesión de ciclos opuestos de decadencia y renacimiento, vinculados en cierta medida a períodos sucesivos de estancamiento y florecimiento del conocimiento científico, artístico y técnico. Menos positivas han sido visiones sobre la técnica de otros filósofos contemporáneos influyentes y en particular de los metafísicos encabezados por el oscuro Heidegger¹². Se hallan en este filósofo consideraciones acerca de la técnica y del mundo técnico que son notoriamente hostiles a ambos. Heidegger manifiesta aversión a la técnica en cuanto que ésta traiciona por decirlo así la relación del hombre con la naturaleza, interpeándola en términos de provocación. Mientras que la técnica, como forma de saber, era entre los griegos la producción de lo bello y de ahí su relación etimológica con el concepto de arte, en la época moderna habría perdido su sentido original de elemento intermedio entre hombre y naturaleza, a la cual ya no desvela sino fuerza.

Ideología y filosofía no son conceptos estrictamente equivalentes, aunque como bien sabemos es imposible deslindarlos absolutamente; ejemplos evidentes y en cierto sentido contrapuestos son el marxismo, inspirado no sólo en la obra filosófica de Marx sino también en la de Hegel y sobre todo en la de Engels (materialismo dialéctico) y el pensamiento liberal cuya fundamentación filosófica es amplísima, desde Rousseau a Hayek y desde Kant a Rawls. La ideología es una forma de pensamiento más completa y compleja que la filosofía pues pretende una interpretación proactiva del mundo más que aportar claridad a los dilemas esenciales del ser humano que lo habita. En la historia de las ideologías, y calificada generalmente como utopía, se encuentra la doctrina del saint-simonismo¹³, que resulta de interés traer a estas páginas por su directísima

relación con el mundo de la técnica y por la curiosidad histórica que supuso en relación con las ideas sobre el papel que la ingeniería desempeña o podría desempeñar en la sociedad. Sabemos que el sentido práctico de la vida opone casi siempre razón y utopía, ésta última considerada como una idealización ficticia de las cosas posibles y también el fruto imaginario de un irrealismo incompatible con el espíritu moderno. La ingeniería, que en principio no parecería tener un gran soporte utópico, puede a través de una indagación cuidadosa en su historia deparar sorpresas.

El siglo de las Luces produjo convulsiones notables en Occidente, entre ellas la difusión de ideas tales como que el progreso debe ser indisociablemente material y moral, o que la razón utilitaria y el altruismo a veces confluyen provechosamente para conseguir un beneficio propio al mismo tiempo que el bien común. La Ilustración no fue propiamente una doctrina pero dio lugar a cuerpos ideológicos diversos, uno de los más curiosos el legado del conde Claude-Henri de Saint-Simon, profeta Novecentista de un mundo nuevo en el que la emancipación social vendría de la mano de la industria y del predominio de la razón tecno-científica sobre las veleidades de la política. El movimiento conocido como saint-simonismo consiguió unir en su contra a fuerzas tan dispares como la aristocracia y los socialistas, o la Iglesia y el liberalismo filosófico, circunstancia que revela la independencia radical de sus presupuestos, aunque es cierto que algunos de ellos podrían tenerse hoy día por ingenuos desvaríos.

A Saint-Simon¹⁴ se le clasifica en la historia de las ideas políticas como un utópico del reformismo social, al estilo de sus coetáneos Owens o Fourier pero de menor importancia, aunque barnizado con el halo de la extravagancia que le confirieron su origen noble y su vida inconformista y bohemía hasta la penuria económica. También por la tensión contradictoria que existió entre su renuncia material absoluta y el carácter especulativo de algunas actividades emprendidas en su época de juventud. Muy especialmente llama la atención el efecto que sus ideas produjeron en una cierta *élite* distinguidísima e influyente de la Francia post-revolucionaria, entre la que se encontraron ingenieros politécnicos muy conocidos como Clapeyron, Lambert o Carnot, y otros quizá no tan famosos como Prosper Enfantin, aún así no menos importante que los anteriores ya que hizo posible la maravillosa obra del canal de Suez. También hubo entre los seguidores de Saint-Simon financieros de gran categoría como los Pereire, inversores entusiastas en el desarrollo de la red ferroviaria de Francia y una buena parte de la de España, o el banquero Olinde Rodrigues a quien aún recordamos a causa de un elegante teorema de la geometría diferencial de superficies que se explicaba minuciosamente en el librito de Struik. El saint-simonismo execrado en su tiempo por conservadores y socialistas, fue una especie de singularidad en el apostolado del cambio, que no pretendía establecer por medio de la lucha de clases sino aprovechando los efectos del progreso industrial y el desarrollo de las redes de comunicaciones, especialmente del ferrocarril.

A mitad de camino entre la Ilustración y los románticos, el saint-simonismo forma parte de la arqueología de la modernidad, un movimiento efímero e imposible pero tan significativo en sus referencias como pueden ser los *soixante-huitards* dentro de la mitología del activismo ideológico

contemporáneo. Imposible pero no insignificante, pues la utopía tiene sus géneros y no todo en ella son islas lejanas o reinos inalcanzables como los que describió Thomas More en su historia. También en España hubo personajes que podrían asociarse indirectamente con este movimiento idealista y a la vez fieramente pragmático, como por ejemplo Pablo de Alzola, cuyo desbordante carácter y la relevancia tan grande que alcanzaron su pensamiento y acción en el Diecinueve, merecen un estudio detallado, ideológico y no sólo biográfico, de la figura del insigne ingeniero vizcaíno.

El saint-simonismo fue a su modo una especie de «tercera vía» anticipada, un modelo diferente para conciliar el ethos público y las motivaciones instrumentales prevalentes en cada una de las doctrinas, socialistas y capitalistas, entonces tan en liza. Para el Nobel Hayek, un ferviente partidario del credo liberal y de la superioridad del mercado en la economía política, las teorías de Saint-Simon fueron esencialmente una anticipación laudatoria de la tecnocracia y por tanto un intento de pervertir los fundamentos de legitimidad social que se asientan en la propiedad (capitalismo) o en las urnas (democracia), pilares del conservadurismo de uno y otro signo. Y es cierto que ese movimiento basaba el carácter novador de sus reformas en una posición elitista y meritocrática, preconizando una sociedad jerarquizada donde la política cedería la plaza al ejercicio de la competencia científica y técnica que para sus seguidores era la auténtica base de la emancipación social.

No fue por casualidad que el saint-simonismo llegase a establecer lazos explícitos y en muchos casos fecundos con los *polytechniciens* de la primera mitad del Diecinueve, llevando a la práctica algunos de sus principios gracias a la enorme influencia que tenían los ingenieros en la Francia metropolitana y colonial de aquella época. Pero incurrió en la aberración de pretender encumbrar la técnica hasta un estatuto mítico, alimentando la ilusión disparatada de una perpetua edad de oro en una sociedad que se organizaría en forma de teocracia del intelecto y del saber científico.

Más que la perversión utópica de la doctrina saint-simoniana en sus derivaciones redentoras merece la pena recrear algunas ideas originales de sus seguidores ingenieros, relativas a los procesos de industrialización y expansión de las obras públicas, para ellos los motores del progreso. Entre sus conceptos programáticos los hay que revelan una clara visión de futuro, anticipando ideas que otros sólo comprendieron décadas más tarde. Por ejemplo el valor de la integración de tecnologías diversas como fuente de innovación, y la importancia de las redes en la transformación del territorio, base física del desarrollo económico. Así se puede entender su defensa a ultranza del ferrocarril, concebido entonces como una síntesis de la ingeniería civil, la siderurgia y la industria mecánica, las tres ramas más aparentes del saber técnico en su tiempo. Siendo su posición doctrinal insostenible, los saint-simonianos fueron clarividentes en su comprensión de la importancia social y de las consecuencias del cambio tecnológico, que entendían necesariamente como una afortunada mixtura de «*raison, imaginaire et utopie*». Pero aunque no pudo ser, al menos que no se olvide.

(1.2) La ingeniería en comparación con la ciencia

Otra problemática de interés cuando se analiza la cuestión del valor de la ingeniería, y en especial la percepción que el público mantiene de ella, es la nada lineal ni inmediata relación que guarda con la ciencia, habitualmente considerada la *turris eburnea* del pensamiento racional humano y cuyo elevado reconocimiento social nadie niega. Por esa razón es útil tratar de valorar la ingeniería por comparación con los méritos y virtudes que la sociedad generalmente atribuye a las actividades específicamente relacionadas con el desarrollo científico.

La hipótesis convencional que maneja la historia de la ciencia sobre sus relaciones con la ingeniería no es otra que la de la precedencia causal, es decir el prerequisite que supondría la existencia de un cuerpo formal de conocimientos científicos aplicables a un determinado fenómeno, para que se de, en tal contexto, la posibilidad de una acción positiva del hombre sobre su entorno por medio de la técnica. Lo cual no deja de ser sorprendente porque desde que Newton escribiera a finales del Diecisiete sus *Regulae Philosophandi* en el encabezamiento del tercer libro de los *Principia*, sabemos que el problema de la transformación de ideas en acciones va más allá de lo que es una conexión deductiva o inductiva entre conjuntos de conocimientos científicos, bien sean teóricos o experimentales.

La ingeniería, una forma muy especial de pensar y obrar que se ejerce a través de la técnica, es fruto tanto de la necesidad como del deseo. La ingeniería es inteligencia activa más que inquisitiva como lo es la ciencia, y podría afirmarse que proviene de un apetito impaciente y en cierto modo aventurero de hacer. Ese impulso vital hace que a veces la ingeniería se adelante en el plano epistemológico a su supuesta madre la ciencia, y de hecho cuántas son las ocasiones en que los conocimientos técnicos nacen antes que los científicos, invirtiendo lo que parecería ser el orden natural de las cosas. Bien lo demostraron y con elocuente contundencia hace más de cien años Wilbur y Orville Wright, unos simples mecánicos agrícolas quienes con la realidad tangible de sus vuelos a motor arruinaron las predicciones de muchos sesudos científicos de aquella época, y todo ello décadas antes de que la aeronáutica naciera como ciencia. De igual manera puede constatar que existen multitud de ejemplos significativos de la diferencia que hay entre lo que es saber-hacer y el saber a palo seco, en casi todas las industrias que el hombre ha sido capaz de poner en marcha.

Nuestro país no puede ciertamente presumir de una gran tradición científica, al menos si se habla en términos de relevancia comparable a la otros grandes países europeos. De hecho, al contemplar cronológicamente las nada triviales relaciones que se han dado en España entre ciencia e ingeniería, se constata fácilmente la diferencia apreciable en cuanto al reconocimiento internacional de algunos de los logros alcanzados por la segunda de ellas a lo largo del siglo Veinte en relación con los éxitos tan magros de la pura ciencia. Es curioso ver cómo la realidad de nuestra patria ha demostrado ser también históricamente singular en relación con este tema.

En otros países el progreso de la técnica ha sido normalmente una consecuencia del producido previamente en el plano de los conocimientos científicos, mientras que la ciencia española no puede presumir de muchas aportaciones de trascendencia realmente significativa, de hecho sólo el fisiólogo valenciano Santiago Ramón y Cajal y el hispano-norteamericano Severo Ochoa pueden considerarse estrictamente acreedores de tal mérito, si nos atenemos a los ciento ocho años de historia de los premios Nobel. Es verdad que en España ha habido -y cada vez hay más- figuras notables en las ciencias físico-químicas y también en la matemática, pero por lo general se trata de sabios y no descubridores, figuras que no han tenido visibilidad más allá de su brillo relativo en el panorama local y sus aledaños. Sin embargo ya desde los inicios del siglo pasado, la ingeniería española manifestaba destreza en obras pioneras de la ingeniería que reclamaban la atención de Europa y de América: los saltos del Duero, el Metro de Madrid o la elegancia calculada de las estructuras de Torroja. Que la excelencia de la ingeniería haya precedido ampliamente al despertar de la ciencia en nuestro país es algo que debería hacer pensar, y no sólo a eruditos o historiadores.

Al concebir la ingeniería como ciencia aplicada, que es lo que normalmente se insinúa desde el mundo científico, se comete una simplificación bastante burda y en el fondo ingenua porque aún siendo cierto que la ingeniería contiene aplicaciones de la ciencia, en realidad es mucho más que eso o que sólo eso. Habrá a quien le cueste admitirlo, pero la ingeniería en su esencia es verdaderamente autónoma y no sufre una sujeción ni ontológica ni siquiera estrictamente epistemológica en relación con la ciencia, más que en lo que a ella le conviene. Podríamos hacer nuestro a este respecto lo que Étienne de La Boétie escribió en su célebre *Discours de la servitude volontaire*, tan temprano como en el siglo Dieciseis y recién inaugurada la profesión civil de la ingeniería tras el Renacimiento: «*Nous ne sommes pas nés seulement en possession de notre franchise, mais aussi avec affectation de la défendre*». La razón técnica y los actos de creación en ingeniería poseen fundamento científico, pero rebasan en concepto y método los estrechos límites del particular modo de pensar y de actuar que caracteriza a la ciencia.

La ciencia esencialmente hipotetiza, y en ciertos casos descubre y explica acertando o errando en su método, mientras que la ingeniería crea y resuelve, y además se ve obligada a no fallar. Y así como la ciencia descarta cualquier sesgo personal, la ingeniería como arte creativo que es, se encuentra impregnada de subjetivismo, no da lugar a la universalidad de las soluciones y hay casos en que ni siquiera de los conceptos. La ingeniería progresa siguiendo una especie de *spanning tree* que marca en ocasiones un curso de búsqueda hacia la especialización de sus conocimientos, y en otros casos de ramificación o cambio tecnológico sin importarle mucho posibles discontinuidades o lo que va dejando a su lado. Por su parte la ciencia, al menos la ciencia de la física, sufre una añoranza crónica de lo que Roger Penrose llama «*the road to reality*», una teoría unificada y bien encajada que explique las causas de todo lo que ocurre en el rango espacio-temporal que va de la infradimensionalidad de los fenómenos cuánticos a la grandeza cosmológica del universo. Casi nada.

Además la ciencia, que supuestamente muestra la supremacía de la razón lógica sobre otros tipos de creencias, se basa también paradójicamente en la fe. Incluso la más sistematizada de las ciencias físicas, la mecánica clásica, resultaría inexplicable al margen de la axiomática euclidiana, *prima facie* geométrica que se acepta «científicamente» desde el asentimiento cómodo de una convención nunca puesta en duda. Nagel usa el término «creencias científicas» para resaltar cómo la ciencia necesita de la fe para satisfacer el requisito epistemológico de la completud en su camino hacia la «verdad». En cambio la ingeniería prefiere ser filosóficamente menos virtuosa pero más práctica, yendo al grano y sabiendo sortear los inevitables huecos epistémicos con la lógica de la experiencia y la maestría que acompaña a un sentido propio de la inspiración técnica.

Es razonable por tanto suponer que deberá ser una diversidad compleja y no la pura relación causal lo que caracteriza de hecho la complementariedad de ciencia y técnica, tejiendo una variopinta urdimbre que sube y baja desde la elevación noble del conocimiento puro a la praxis de su puesta en valor de mano de la ingeniería, más proteica y pegada a la realidad ineludible de los negocios y de los hechos mundanos. La historia está nutrida de ejemplos que muestran cómo la ciencia influye sobre la ingeniería pero también de lo vasta que puede llegar a ser la distancia entre científicos e ingenieros por razones tanto de hábito (explicación vs. creación) como de método (deductivo-sistematización vs. teleológico-solución) y sin duda alguna también de responsabilidad.

De pocos científicos se ha dado a conocer, al menos públicamente, lo que pensaron sobre la técnica. Se nota en ello una cierta inhibición que quizá habría que explicar profundizando el análisis de los hechos desde una perspectiva freudiana, quién sabe si debido a un cierto complejo relativo a la diferente capacidad de remuneración que se supone a unos y otros. No sucede así en sentido contrario, pues la ciencia como fuente del conocimiento siempre ha sido objeto de gran curiosidad tanto práctica como ideológica por parte de la ingeniería. Incluso en orientaciones tan distintas dentro de la profesión como pueden ser las del ingeniero-sabio (Poincaré), el ingeniero-inventor (Torres Quevedo) o el ingeniero-creador (Torroja), se encuentran muestras bien definidas de profundo interés por la ciencia.

Se afirma en el comienzo de este párrafo que la ingeniería y la complejidad de las técnicas en que se basa muestran un razonable grado de autonomía en relación con otras formas humanas de pensamiento-acción, en concreto frente a la ciencia y también frente al arte, aunque en algunos aspectos intersecten. Puede asegurarse que la ingeniería posee una capacidad autogenerativa que siempre hay que tener en cuenta y que no se puede explicar exclusivamente a través de un nexo causal porque obedece a las luces que provienen de su propia razón, más compleja e inclusiva. Dejemos que sea Ove Arup, otro de los ingenieros más renombrados del Veinte y fundador de la gran firma que lleva su nombre, quien ponga la reflexión final con sus propias palabras: «*Engineering is not a science. Science studies particular events to find general laws. Engineering design makes use of these laws to solve particular practical problems. In this is more closely related to art or craft; as an art its problems are underdefined, there are many*

solutions, good, bad and indifferent». En el fondo podría decirse que la verdadera distancia que mantiene la ingeniería en relación con la ciencia, lo que más hondamente las separa dentro de una cultura en cierto modo común es el libre albedrío del que goza la primera de ellas para imaginar desde su propia razón técnica, y sobre todo -sobre todo- la tensión que produce el acto físico de crear, de culminar satisfactoriamente lo imaginado en el reino tangible de los sentidos y de la economía. Una lógica de la acción más que de la explicación, y desde luego, un sin fin de valores en otra escala.

(1.3) La tecnología, realidad de mercado e idealización popular

La tecnología constituye la tercera faceta importante a tener en cuenta en el análisis del valor de la ingeniería, en este caso un valor que siendo netamente económico no deja de ejercer una considerable influencia en el imaginario social. Decíamos al principio de estas notas que si la ingeniería es profesión -o servicios profesionales, en términos de mercado- y la técnica su cuerpo de conocimientos o el *know-how* propiamente específico del ingeniero, la tecnología es una mercancía que está situada entre lo uno y lo otro. Una mercancía muy especial, directamente asociada al conocimiento pero con una orientación decididamente establecida hacia el comercio. La tecnología puede tener un soporte inmaterial -conocimientos formalizados en el diseño de productos, procesos o incluso modelos de negocio- y adquirir en este caso la forma mercantil de la propiedad intelectual o industrial: patentes, marcas, software, modelos de utilidad, etc. En tales casos el objeto de comercio serán los derechos de propiedad, licencias, royalties o cualquiera de las fórmulas al uso en este tipo de tráfico mercantil. En otras ocasiones la tecnología tendrá la forma de producto físico, aunque el valor de su materialidad no guarde relación cuantitativa con su valor de mercado. Así se habla comúnmente de tecnología o más propiamente de nuevas tecnologías al referirse a los productos y servicios asociados a las tecnologías de la información y de la comunicación: computadores, teléfonos móviles, Internet, etc. De los puentes, estaciones, túneles, etc. nunca se dice que sean tecnología, aunque incorporen en su realización importantes dosis de tal cosa.

Sea cual sea la forma que adopte, la producción de tecnología es consecuencia fundamentalmente de los avances de la ingeniería y proviene de la innovación que la acompaña. Distinguir con claridad entre lo que es innovación y lo que constituye aplicación dentro de la ingeniería resulta una tarea no tan fácil como a primera vista parecería, 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 Say¹⁵, 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. Mientras que la investigación tiene como objetivo crear conocimientos nuevos, es decir ir moviendo hacia adelante el estado del arte de la técnica, y la invención esencialmente materializar los resultados de lo anterior en prototipos viables a escala reducida, la innovación tiene como misión fundamental llegar al mercado y de alguna manera triunfar en él, es decir que sus resultados han de ser aceptados y generar riqueza económica mediante el comercio. En términos sintéticos, podría decirse que la investigación nos hace más sabios, pero la innovación esencialmente debería hacernos más ricos.

Pero por otra parte hay que matizar que la innovación no se circunscribe única y 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.

Esa triple «i», que es como podríamos llamar de una manera simplificada a la cadena investigación - invención - innovación, aunque cada una de ellas pueda contemplarse aisladamente y por su cuenta, tiene interés como indicador de la vitalidad de la ingeniería, pues de alguna manera mide la vivacidad o languidez que en sus respectivos campos de actuación caracteriza respectivamente a la producción de conocimientos nuevos, el desarrollo de aplicaciones o artefactos inéditos, y en el último caso el impacto social en términos de progreso. Parece lógico pensar que la valoración social y de mercado de una profesión guardaría algún tipo de relación con lo anterior, es decir que a mayores novedades y progreso mejor posición. En España puede que lo anterior no sea del todo cierto, si comparamos el status y retribución de los ingenieros en términos medios con otras profesiones donde la triple «i» brilla por su ausencia y en las cuales la noción de riesgo es además prácticamente inexistente. No son pocas las ocasiones en que el valor en nuestro país emana de la artificialidad del B.O.E. y no del mérito que puede llegar a reconocer más objetivamente la sociedad o el mercado.

La ingeniería civil, si definimos el término como el campo prioritario de actuación profesional de los ingenieros de Caminos, se considera de forma generalizada como una rama madura dentro

de la ingeniería¹⁶. Esta profesión sin embargo ha producido grandes investigadores, inventores e incluso innovadores, aunque en un buen número de ocasiones lo fueron al margen de lo que puede considerarse el *mainstream* de la profesión. Torres Quevedo abandonó sus afanes como ingeniero ferroviario con gran disgusto paterno para buscar decididamente lo nuevo. Ildefonso Cerdá hubo de esperar a recibir la herencia familiar para librarse de las servidumbres de su trabajo como ingeniero de Caminos del Estado y poder así inventar la urbanística. Nicolás de Urgoiti aprovechó la calma chicha forzosa entre su titulación y el tradicional nombramiento que meses más tarde debería haberle llegado de Fomento, para reinventar la industria del papel y sentar posteriormente las bases empresariales del país en ámbitos tan diversos como la prensa (El Sol) o la cultura (CALPE), mientras que unos años más tarde su hijo Ricardo hizo lo propio en la radio (Unión Radio, embrión de la cadena SER), la cinematografía (Filmófono) o los fármacos (IBYS, Antibióticos). Lo mismo puede decirse de los pioneros empresariales del sector eléctrico en España como Juan Urrutia, Carlos Mendoza, Alfredo Moreno o Antonio González-Echarte. Algo parecido sucedió en otros y variopintos campos de actividad en los cuales la ingeniería aunaba tres elementos clave para el éxito en los negocios de la mano de lo nuevo: espíritu emprendedor, pericia técnica y solvencia financiera. Es indudable que la mayoría de los ingenieros innovadores, de aquéllos que fueron capaces de conseguir el éxito llegando con sus afanes al mercado, alcanzaron una notabilísima relevancia social y también en general una importante fortuna económica.

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 atenerse 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 utilizaba el tono metafórico de la «destrucción creadora» que se ha comentado anteriormente.

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 especialmente adecuado a una forma de ingeniería orientada hacia 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 Poincaré¹⁷, a quien se ha mencionado anteriormente: «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 decía el profesor Eugene Ferguson, estudioso de la naturaleza de la tecnología y presidente que fue de The Society for the History of Technology, 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 -sino el padre- de la disciplina antes citada, le gustaba afirmar que la omnipotencia de la teoría deja de existir tan pronto como se desciende a la realidad del terreno.

La ingeniería es indisociable de la innovación, porque ésta forma parte de los valores que inspiran -o deberían inspirar- 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. Pero la innovación, como proceso de creación de valor que viene habitualmente de la mano de la ingeniería, no puede entenderse si no es relación con los innovadores, y para ello es preciso apartarse un propio de la propia técnica y recurrir a la etnología de los ingenieros entendidos como grupo social.

(2) Los ingenieros en su diversidad etnológica

A mitad de camino entre la antropología y la investigación sociológica, la etnología¹⁸ cambia la concepción positivista del estudio de los grupos sociales e incorpora el análisis de aspectos cualitativos dados por los comportamientos de los individuos, sus relaciones y la manera que tienen de interaccionar con el contexto en que se éstas se desarrollan. La etnología se puede traducir etimológicamente como el estudio de las etnias, y se refiere al análisis del modo de vida de una raza o de un grupo de individuos que se encuentran hermanados por alguna característica definitoria común. El estudio etnológico parte de la observación, descripción e interpretación de lo que las personas de esos grupos hacen, cómo se comportan y la manera en que interactúan entre sí y con su contexto. Se trata de investigar sus creencias y valores, motivaciones y perspectivas, y de cómo ello varía en diferentes momentos y circunstancias.

La etnología como método de investigación puede aplicarse al estudio de las profesiones si se las considera como grupos de individuos a los cuales une una misma titulación académica -en nuestro caso facultativa-, un acervo común de conocimientos, cierta homogeneidad metodológica y una serie de modos característicos o patrones que definen su relación con el contexto social en el que se encuentran insertados. El estudio etnológico de grupos de individuos asociados a una acción profesional facultativa específica, puede arrojar una luz interesante sobre la cuestión del valor dentro de su «*kulturkreis*» o región cultural particular¹⁹. Sin embargo, la falta de estudios de esta naturaleza sobre la ingeniería que se sufre en España -incluso los sociológicos o los puramente demográficos, que tienen un carácter más general, son rarísimos-, limita la posibilidad de aportar argumentos que diferencien, en términos de comportamiento y valores, a los individuos que profesan la ingeniería de otros sujetos vinculados a una interculturalidad profesional más amplia.

Pierre Bourdieu, en uno de sus ensayos más conocidos²⁰, señala que en la definición tácita de la titulación que garantiza formalmente una competencia específica -como un título de ingeniero- se inscriben una serie de atributos que garantizan la posesión de un *status* y una dignidad tanto más considerable y extensa, cuanto más prestigiosa sea aquélla. Este efecto de imposición simbólica suele alcanzar su máxima intensidad con los títulos tradicionalmente reservados a la burguesía cultural o industrial, títulos como los que otorgan en Francia las Grandes Écoles, que garantizan mejor que los puros estudios universitarios el acceso a una posición distinguida que se explica mediante la legitimación de las diferencias entre unos y otros centros educativos y las titulaciones que otorgan. El efecto que Bourdieu denomina «*allocation*», asignación de *status*, impone unas prácticas profesionales y en cierto modo también culturales que se reafirman mediante el ejercicio de esos atributos o competencias que se encuentran estatutaria o facultativamente ligadas a las posiciones que asigna, a las titulaciones que confiere y a las posiciones sociales a las cuales se da acceso.

Es cierto que también en España la ingeniería y sus profesionales los ingenieros, han venido considerándose -al menos hasta épocas recientes- como parte de un determinado tipo de élite, aunque desde luego habría que acotar ese término y ligarlo al significado de «cuadro» o «mando», es decir una clase directiva de carácter profesional y no necesariamente económico, cultural o político. Esa aristocracia menor, que aún posee reminiscencias decimonónicas y pequeño-burguesas, liberales e ilustradas, como bien retrató arquetípicamente Pérez Galdós en la figura del ingeniero Pepe Rey, protagonista de una de sus novelas más conocidas²¹, ha basado su posición en el atesoramiento de ciertos conocimientos poco accesibles al público en general, junto a la capacidad privativa de obrar facultativamente. Bases que han venido legitimando la pretensión clásica de dignidad y reconocimiento de la ingeniería, tanto a los ojos del público destinatario de los beneficios de sus obras, como a los del capital al que los ingenieros fructifican con el beneficio logrado para sus empresas. Sin embargo en las cuatro o cinco últimas décadas, esa *allocation* que la ingeniería podía dar por cierta casi a partir del mismo acto de titulación profesional, ha ido perdiendo vigor debido a factores muy diversos como la desaparición de las Escuelas Especiales, la democratización de las enseñanzas de ingeniería, o la evolución demográfica al alza de la profesión -entre los años 1991 y 2000 se incorporaron al mercado de trabajo 65.000 nuevos ingenieros, un 15% del total de titulados universitarios, entre ellos 7.000 de Caminos y 27.000 Industriales-. Además hay que tener en cuenta la reducción paulatina de las diferencias que tradicionalmente establecía el mercado en función de la titulación académica de partida, consecuencia de la naturaleza dinámica de la actividad económica y de la orientación pragmática de las empresas, más hacia el beneficio a corto plazo que a la contratación de titulados de prestigio.

En función de lo anterior cabe preguntarse qué tipo de especie profesional es hoy por lo general el ingeniero y qué es lo que desea obtener en tal sentido de su vida, y si es cierto o no que en general existe una propensión a tratar de obtener a lo largo de ella un cierto status y, como se dice coloquialmente, tener un buen pasar, más que esforzarse por alcanzar las glorias de la excelencia, el poder o la fortuna, en un sentido más explícito y rotundo de grandeza.

(2.1) Bases para una taxonomía de la praxis profesional de los ingenieros

Una de las circunstancias que es obligado considerar cuando se contemplan alternativamente las vías que facilitan el acceso, o contrariamente imposibilitan a la ingeniería situarse en el estrato superior de las élites empresariales, culturales o políticas, es la fragmentación y heterogeneidad de la casuística profesional. La profesión de la ingeniería se ejerce hoy de maneras muy diversas y en contextos que también pueden ser completamente diferentes. Adicionalmente a este hecho de naturaleza contextual se encuentra la actitud vital, la axiología y la componente vocacional del ingeniero, variables de carácter ideológico que pueden considerarse que son igualmente de amplio espectro. El panorama que nos encontramos en virtud de la diversidad exógena - coordinadas y trayectorias asociadas a la carrera profesional- y endógena -actitudes y cualidades

subjetivas personales- existente en el mundo de la ingeniería, aconseja efectuar algún intento de clasificación que simplifique esquemáticamente esa complejidad y facilite la labor de análisis mediante el establecimiento de algún tipo de marco de referencia.

El contexto habitual para el ejercicio de la profesión ha sido, y en buena medida sigue siendo la empresa o la Administración, en cualquier de sus múltiples variantes. En el primer caso empresas de consultoría, estudios y proyectos, construcción o explotación de obras, industrias y servicios, y en el segundo los organismos públicos que en cualquiera de las tres esferas constituyen el ordenamiento administrativo del país, es decir los Gobiernos nacional y autonómicos así como las Corporaciones locales. Adicionalmente, aunque con menor intensidad en términos de empleo, pueden mencionarse otras Administraciones internacionales en el ámbito de la Unión Europea y de los organismos multilaterales, y en el plano empresarial entidades de otros tipos diferentes de las mencionadas: financieras, inmobiliarias, agrarias, informáticas, etc. Finalmente habría que considerar el ámbito superestructural de la política, que es sin duda un aspecto interesantísimo en el estudio de la relación entre ingeniería y poder, aunque no haya muchos ingenieros que desarrollen una actividad política pura -legislativa o ejecutiva-, al menos en comparación con otras profesiones como la del derecho. La política afecta no sólo al ejercicio profesional dentro del ámbito público, sino incluso a determinados niveles directivos en la esfera empresarial, dada la influencia determinante que por medio de la regulación aquélla ejerce sobre la práctica totalidad de las actividades económicas, y por tanto sobre una buena parte de las decisiones de naturaleza estratégica. En las denominadas economías mixtas como la española, es necesario considerar la interrelación, en ocasiones compleja y nada explícita, que se da entre los mundos de la política y de la empresa²².

Todo lo anterior es bien sabido y no merece la pena detenerse a examinar con mayor grado de detalle la amplia diversidad existente, pero sí parece en cambio necesario tratar de conocer la posición y vicisitudes que afectan a la profesión de la ingeniería en cada una de las correspondientes cadenas de valor que se dan en los ámbitos donde ésta actúa. El análisis de la cadena de valor en términos puramente empresariales es una tendencia relativamente reciente dentro de los métodos de análisis económico, pero tiene una importancia seminal en un contexto globalizado, de gran competitividad y con una fuerte interrelación comercial, donde la comprensión de lo que sucede dentro de una empresa u organización exige conocer hechos que rebasan sus propias fronteras. Se trata del *Value Chain Analysis*, uno de cuyos pioneros más conocidos fue Michael Porter²³, conocido profesor de la escuela de negocios de la universidad de Harvard.

La cadena de valor empresarial, su estructura y la naturaleza económica de los procesos que comprende, son fundamentales para entender algunas de las claves del ejercicio profesional en su contexto más inmediato de referencia así como de los mecanismos que conducen al ejercicio del poder de decisión en la empresa. Es evidente que cualquier firma realiza una serie de funciones nucleares con fuerte proyección externa en los ámbitos de lo comercial, lo productivo y

lo financiero, a las cuales habría que añadir otras actividades de gestión interna y organización de sus propios recursos. Especialmente importante resulta a estos efectos el posicionamiento en las áreas más críticas²⁴, donde la empresa se juega su rentabilidad, posición estratégica o incluso supervivencia. En el caso de la ingeniería, su adscripción preferente a lo productivo es un arma de doble filo en función de las circunstancias que caractericen en cada caso concreto este tipo de actividades. Factores como el grado de especialización científico-técnica, el nivel de madurez o contrariamente la novedad y rareza del corpus de conocimientos necesarios para producir los bienes o servicios correspondientes, juegan un papel de primera importancia cara a la valoración de su papel. En general allí donde la producción obedezca a métodos y conocimientos normados, codificados y de estabilidad contrastada, la ingeniería no pasará de ser una más de tantas rutinas necesarias. Contrariamente, en las empresas donde la producción, incluyendo el ciclo concepción-diseño-realización y en su caso reciclado, tenga lugar en un contexto de riesgo tecnológico, innovación o incertidumbre, la ingeniería asumirá una posición de relevancia y notoriedad significativa en términos de capacidad de decisión y poder de maniobra. Aunque resulte bastante evidente, no está de más recordar que dentro de las empresas el valor se percibe con mayor nitidez allí donde está el riesgo y se juega el beneficio, y no en la comodidad de la burocracia y el *back-office*. Otra cosa es que ello se traduzca en una valoración más elevada o en un acceso más fluido a los niveles de decisión, pues los hechos del poder y en particular el funcionamiento interno de la «*corporate ladder*» casi nunca obedecen a una lógica tan clara como la anterior.

Pero la cuestión del valor de la ingeniería no depende ni mucho menos exclusivamente del tipo de empresa, sector económico o área funcional concreta donde ésta se halle situada, pues aquella no es sino la práctica profesional agregada de un gran número de ingenieros individuales, y por tanto existen circunstancias de carácter «ideológico» frente al ejercicio profesional, que como se ha indicado anteriormente, dependerán en buena medida de la actitud y cualidades subjetivas personales del ingeniero individuo. Así podría distinguirse²⁵ a grandes rasgos entre lo que denominaríamos el ingeniero aplicador -en inglés el término correspondiente sería el de *practitioner*- y el ingeniero creador o innovador. El primero de ellos orientado a emplear los conocimientos adquiridos en la solución de los problemas a que se enfrenta regularmente la organización a la que sirve, sea empresa o Administración, y el segundo hacia la creación de lo nuevo: conocimientos, productos, servicios, procesos o sistemas. El primero de ellos vinculado a la producción de lo cotidiano, y el segundo dirigiendo su trabajo hacia la innovación y creación de valor de nuevo cuño.

Hay quien cree que la ingeniería se reduce a una manipulación cognitiva de materia-energía-información, un saber moldeado en frío por los designios de la lógica superior de la razón productiva. Pero es muy peligroso confundir necesariamente ingeniería y productivismo, la imaginación y la fábrica. La función real del ingeniero no es sólo «resolver» los problemas sino identificarlos con claridad primero y proceder a su jerarquización después. Isaiah Berlin²⁶ cita en su celebrado ensayo *El erizo y el zorro* un fragmento del poeta griego Arquíloco: «el zorro sabe

muchas cosas, pero el erizo sabe una sola cosa, sólo que muy importante». En el fondo de esa frase hay una digresión sobre la visión monista u holística de la historia y una defensa de la Ilustración frente a sus contrarios, que fueron muchos y algunos de ellos sabios. También en la ingeniería es preciso ese debate, que no reduce y puede enriquecer la misión nada simple que la sociedad le ha conferido.

No existe ingeniería sin riesgo, y la innovación -su alma gemela al otro lado del espejo- es una acción venturosa que extrae valor de lo desconocido e incierto. Para el innovador la contingencia propia del esfuerzo creativo se une a las veleidades del mercado, y por ello cuando este proceso culmina con éxito, deviene aún más benemérito. En las profesiones de la técnica nos hallamos expuestos a riesgos de categorías diferentes, muchos de ellos aleatorios, pero el innovador siente la incertidumbre como una exacción añadida que se expresa ocasionalmente con la violencia del fracaso. Se podría establecer un primer y simple criterio de diferencia entre riesgos, en función de su grado de conocimiento y previsibilidad según el estado del arte de la tecnología o de la praxis profesional de que se trate. La ingeniería por ejemplo, hace frente al riesgo rutinario -que siempre existe- mediante códigos profesionales sancionados por la experiencia y en ocasiones por el conservadurismo de la ley. Aquí el ingeniero actúa como minimizador, actitud que se debe comprender por su imperativo de acción responsable. Pero frente al desconocimiento de lo nuevo de poco sirve aferrarse al conocimiento probado; son la capacidad de juicio, la inferencia a partir de analogías imperfectas, y en último extremo la intuición, las habilidades que conducen a una decisión que estará sujeta a muchos condicionantes.

La innovación no es sólo consecuencia de un invento técnico resuelto o descubierto no importa por qué método. Supone sobre todo el acierto del emprendedor en su relación con el mercado, y en última instancia un riesgo comercial y financiero. Para entender la innovación hay que vincular la novedad científico-técnica a la economía del medio que la rodea, y aquí aparece de nuevo el problema de la creación de valor en un contexto incierto. No es posible favorecer la innovación como actitud sistemática de la ingeniería sin abordar la cuestión fundamental de sus incentivos, de un contexto socio-cultural que sea capaz de fomentar actitudes proactivas frente al riesgo. La dinámica y la estructura de los mercados son en el campo de la industria las circunstancias que más inciden en la propensión al cambio. El mercado en competencia es un poderoso impulsor de iniciativas en busca de lo nuevo, actitud que ya no es una singularidad excéntrica sino clave de supervivencia de la empresa. En cambio el mundo de las obras y servicios públicos, en gran medida un dominio del Estado, es un medio más inercial con unos principios consuetudinarios menos propicios al cambio.

La ingeniería tiene su ideología puesto que no es una praxis profesional 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* bergsoniano que es la creatividad del individuo

ingeniero o del grupo en que trabaja. 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 Habermas²⁷, uno de los filósofos de la modernidad, se podría decir que la ingeniería hay que entenderla como un proyecto cognitivo siempre en curso, inacabado.

Ni la ingeniería es una profesión que se ejerce de manera homogénea y uniforme, sea cual sea su contexto de referencia, ni el ingeniero es un individuo que abstrae absolutamente la praxis profesional de sus características personales. La consideración de ambos tipos de factores da lugar a una diversidad significativa de situaciones, marcadas por las combinaciones factibles de tales circunstancias, exógenas y endógenas. La valoración de la ingeniería no es indiferente a todo ello, y desde luego no puede dissociarse del valor personal de quienes la practican, pues a veces ocurre que hay una especie de Prometeo desencadenado tras el espíritu aparentemente apacible y soso del ingeniero.

(2.2) Tópicos, normas y dogmas en ingeniería

La ingeniería es una profesión facultativa, y este hecho que supone la atribución legal de competencias y responsabilidades, tiene entre otras consecuencias la articulación de un entorno profesional reglado tanto en lo estrictamente cognitivo como en lo deontológico, lo cual condiciona en varios sentidos la acción específica de los ingenieros. Ello ha dado lugar por otra parte a la aparición, y en ciertos casos consolidación, de un buen número de lugares comunes e ideas estereotipadas, que a fuerza de ser repetidas se dan por ciertas aunque en la realidad puedan ser poco significativas. La ingeniería, como toda institución humana de naturaleza formal, se ve afectada no sólo por normas coactivas o sancionables, sino también por costumbres que suelen tomarse por códigos de conducta y práctica social arraigada²⁸. Los usos y costumbres, que son componentes de la cultura propia de cada sistema de acción, reflejan una adaptación instrumental y por tanto forman parte junto con las normas de la estructura de un marco referencial de la ingeniería que está encaminado a conferir cierta regularidad y un orden determinado a los comportamientos individuales y colectivos que se dan en su seno. En tal condición, normas y atavismos son elementos también a tener en cuenta a la hora de analizar la cuestión del valor de la ingeniería y la evolución particular del ingeniero como sujeto de la acción en tal contexto.

Lo que Germinet y Harismendy²⁹ denominan la «*république des ingénieurs*» es un mundo en constante mutación, sujeto a las exigencias de adaptabilidad y creatividad que emanan de una sociedad que ha visto como los conceptos de tiempo y espacio se alteran en su esencia a una velocidad dramática con la aceleración del cambio tecnológico. Si una renovación de los mecanismos y actitudes que actúan como vehículos de la puesta en valor de la ingeniería es

necesaria, forzosamente ha de afectar al conjunto de costumbres que a veces implícita y otras explícitamente la condicionan.

La ingeniería está asediada por tópicos idiosincráticos que contribuyen a formar una impresión deformada e inexacta de sus profesionales. La lista es larga: mentalidad cartesiana, esquematismo formal, rigidez dogmática en lo metodológico, idolatría simplista hacia el determinismo causal, insensibilidad en la escala dimensional de lo humano, comportamiento agresivo con la naturaleza, etc., etc. Las campanas suenan sin razón, decía desde el dadaísmo Tristan Tzara³⁰, y nosotros también, porque cuántas son las ocasiones en que el reduccionismo de lo tópico daña la imagen de una profesión esencialmente creativa y llena de matices. Lo cierto es que los ingenieros tenemos una buena parte de la culpa de esa situación de precariedad referente al valor, pues a ver quién es el que se atreve a hablar públicamente, aunque sea por un instante, con emoción y soltura sobre algo aparentemente tan serio como la ingeniería y sus obras, que se presentan de manera siempre comedida y pensada con la mejor intencionalidad desde el mismísimo enunciado de los principios al uso: utilidad, economía, rigor funcional y demás cualidades arraigadas en la seriedad y la visión de las cosas que tiene el hombre cabal. Ni una concesión a la fantasía, menos aún la más leve arbitrariedad conceptual o travesura que permitan un atisbo de especulación desenfadada. Servidumbres de la coherencia, es cierto, *mais cela s'appelle l'ennui!* Queremos creer que el futuro pasa por la determinación de eludir la banalidad repetitiva del *practitioner* y sus códigos normados, crear una forma diferente de valor, pero ¿hacia donde se mueve realmente, o se habría de mover la ingeniería?

La ingeniería suele presumir de una mayor objetividad científica que su prima-hermana la arquitectura en el hecho constructivo, de tener los pies en el suelo. Pero cuando se abre explicativamente al exterior suele recurrir de forma tal vez inconsciente al mito tanto o más que a un análisis frío de la realidad sobre la que opera y los efectos que crea en ella. Algunos de esos mitos se han sublimado tanto que han acabado por transformarse en (supuestos) principios axiológicos de la acción profesional: la bondad incuestionable del desarrollo, la prevalencia del principio de causalidad como guía de la razón, el abrazo vocacional a la idea de lo público, la optimización como forma de conducta virtuosa, el sagrado respeto a la jerarquía, etc. El último apartado en esta lista de buenos deseos es, como no podría ser menos, el complejo mandato de la sostenibilidad, algo que deberían tratar de entender y hacer operable quienes lo demandan, más allá del puro *slogan* y su efecto tranquilizador sobre las conciencias. Pero todas esas cuestiones y valores heredados desde la tradición gremial empiezan a sonar demasiado genéricos e incluso un poco ficticios, y no está de más pensar en irlos situando en el contexto de lo que realmente se hace más que de aquello que se piensa que los demás deberían pensar que uno hace. Bien, pues aparte de permitir ganarse con dignidad el sustento a quienes viven de ella, cabe preguntarse qué es lo que interesa hoy día a una profesión como la ingeniería, en qué coordenadas habría que tratar de situar su valor dentro del imaginario público, y sobre todo cómo crear el correlato de ideas y narraciones que ello precisa.

En nuestro país se ha impuesto desde hace años una especie de norma tácita de conducta que recuerda lo muy conveniente que frente al poder es el silencio y las recompensas que conlleva la virtud de la sumisión (aparentemente) devota del ingeniero, quien podrá tener pensamiento propio pero nunca voz ni un gesto de independencia que manifestar en relación con el fin de lo que hace. Esa actitud, una especie de disfasia expresiva, resulta un poco vergonzante si se compara con la forma en que la ingeniería habla en otros países, con una entonación diferente y que sabe reivindicar el valor de su protagonismo en los ámbitos en que actúa. Cecil Balmond califica la intervención de la ingeniería estructural dentro de la arquitectura nada menos que de catálisis necesaria para alumbrar los hechos tectónicos. Leslie Robertson, que hizo posible la sustentación de las infortunadas torres gemelas del World Trade Center en Nueva York, señala que la capacidad de comunicación es en ingeniería al menos tan importante como la invención. Christian Menn, autor del Ganter, defiende públicamente el valor creativo y el indudable talento artístico que posee la ingeniería contemporánea en sus realizaciones más conocidas, así como la necesidad de darlo a conocer.

Pero lamentablemente lo que abunda entre nosotros es aún la «marca de la casa», la contención en lo que se refiere a expresar ideas o sentimientos *out of the box*. Y ello se demuestra en multitud de intervenciones de indudable calado en las que lo más elocuente es el silencio de los ingenieros. En Madrid hemos asistido a una obra gigantesca de reforma de la M-30 y sus aledaños que ha causado un impacto significativo en el funcionamiento de la ciudad y nos ha endeudado fiscalmente por varias décadas. Sin embargo el debate público ha sido pobrísimo -lo cual demuestra que lo público importa esencialmente a quienes tienen sobre ello un interés privado-, y la explicación de la obra desde la ingeniería preocupa por su atonía en los aspectos esenciales y finalistas. Casi todo se ha desviado intencionadamente hacia el asombro del espectador mediante la exaltación grotesca de la maquinaria, las tuneladoras de calibre desmesurado y su trajín imparabable de penetración de la madre tierra. Lo cual bien pensado podría hasta animar una divertida lectura psicoanalítica del inconsciente de algún que otro capitoste de aquella magna o bruta empresa.

El ingeniero recién titulado en ocasiones sale de la Escuela con «gérmenes», inquietudes personales o sociales que dibujan a un individuo no tan conformista como algunos dicen, y en ciertos sentidos ilusionado con un futuro probablemente algo utópico en cuanto a su propia capacidad de transformación del mundo, pero una idea de futuro a tener en cuenta en cualquier caso. La motivación personal de un estudiante de ingeniería es seguramente en ese sentido distinta de la de un opositor a Registros. Pero en el curso de unos pocos años, y habría que ver por qué, suele producirse un proceso de «pasteurización» más que de maduración personal, que normalmente acaba con cualquier germen que pudiese perturbar la inexorable funcionarización del ingeniero o su conversión en un agente corporativo, «*a corporate suit*» como dicen en Norteamérica. Aunque también es cierto que algunos ya salen pasteurizados de origen.

La actitud personal y el concepto que se tiene de la misión del ingeniero en el desempeño profesional son producto de las ideas de cada uno y de la influencia que ejercen factores externos, especialmente la cultura dominante en el contexto donde se ejerce. Los factores culturales son muy variopintos, y se tienden a imponer desde la posición asimétrica que siempre se da en una relación de este tipo: cliente-proveedor, empresa-empleado, jefe-subordinado, etc. Aparte de ello también pueden jugar su papel determinados personajes carismáticos o individuos situados en posiciones de influencia dentro de la profesión, a los que gusta impartir doctrina sobre este particular, y así hemos ido pasando de uno a otro extremo en cuanto a dogmas deontológicos se refiere en el curso de unos años. Desde «el ingeniero ha de ser arrogante hacia el cosmos» (¡nada menos..!) que predicaba José Torán³¹ en su época de encumbramiento, hasta «cuando estudias ingeniería, la obediencia y la humildad son clave» que hemos podido leer en declaraciones de Clemente Solé³² al diario Expansión el año pasado. Cuál de estos dos modelos responde mejor como patrón del comportamiento del ingeniero frente al poder, la doctrina Torán o la doctrina Solé, es algo que habría que investigar, porque como posiciones extremas pueden estar ambas alejadas de lo que realmente es la profesión y especialmente de lo que le conviene ser pensando en el futuro.

Más allá de la simplificación irreal que suponen tanto la fantasmada como la invocación del franciscanismo, decía don Carlos Fernández Casado con su habitual sentido de la clarividencia que la ingeniería para ser practicada con plenitud requiere no sólo el dominio de las técnicas sino también el conocimiento de la historia y la comprensión del sentido de lo que se hace. Ambas cuestiones resultan esenciales en los tratos de la profesión con el poder económico y político, especialmente cuando se desea hacer valer lo que uno cree que merece y evitar de esa manera ser canibalizado. Prevenirse contra el canibal es sobre todo una actitud prudente en guardia de la identidad propia. Si hay o debería haber un espíritu independiente en la ingeniería, si se desea mantener o incrementar su relevancia en términos de valoración social y de mercado, habrá que defender concienzudamente sus atributos más finos. Vivimos en una era culturalmente influida por la postmodernidad, sacralizadora de lo inmaterial-efímero-ficticio-fragmentario y sobre todo blando. Las actitudes vitales se subordinan tanto y tan dócilmente a la conveniencia económica o política que hacemos de la independencia axiológica un lujo costoso y raro. La ingeniería refleja mejor que ninguna otra actividad humana la complejidad de nuestro tiempo, pero si se molifica, si una falta de tensión identitaria anula la vindicación de su valor propio, ¿no será entonces cuando llegue su cita inexcusable con el canibal?

(3) La profesión de la ingeniería a través de sus instituciones

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, el talento en ingeniería, se encarna en individuos concretos. Crear lo nuevo en ingeniería puede llegar a ser algo semejante a lo que María Zambrano³³ llamaba «*sentir iluminante*», un sentir que es directamente conocimiento sin mediación, creación pura que nace en la intimidad de uno mismo. Mientras que la ingeniería ha aceptado el anonimato como una especie de implícita regla del juego, su prima arquitectura -siempre más despierta para comprender el valor de las palabras- no ha dejado de reivindicar públicamente el nombre de sus creadores. Así Giorgio Vasari publicaba en Florencia a mediados del siglo Dieciséis su obra recopilatoria conocida como *Las vidas*³⁴, que se considera el episodio inaugural de la historia escrita del arte, y en la que reclamaba la necesidad de proteger a los espíritus egregios de la voracidad del tiempo manteniendo viva su memoria a través del propio 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 tanta opacidad nebulosa como hay en el 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 reconocidos 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 proyectar, 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 nuestros en las obras más difundidas de Mumford³⁵, Cardwell³⁶ o Daumas³⁷ 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 por casualidad la afiliación profesionalmente dual de Santiago Calatrava.

Desde una atalaya situada entre la teoría política y la filosofía existencial, Hannah Arendt³⁸ mantenía que la acción necesita para aparecer en su plenitud el brillo deslumbrante que antes se llamaba gloria, que sólo es posible en el reino de la imaginación pública. El problema de la falta de *marketing* -o tal vez más bien de *branding*- 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 creación técnica, distinguiéndola

en su cualidad original de la mera aplicación de los conocimientos previamente adquiridos a la solución rutinaria de un problema, por complejo y notable que éste sea. Pero sobre esta disquisición se volverá más adelante.

(3.1) Uso del lenguaje y bases comunicativas de la profesión

La primera institución a considerar es de naturaleza intangible, y sobre ella se asientan las bases de la comunicación entre la profesión de la ingeniería y su contexto exterior de referencia, en el más amplio de los sentidos. Se trata de algo a la vez tan simple y complicado como es el lenguaje. Nadie podrá argumentar que en el estudio de sus historias respectivas, ingeniería y lenguaje sean campos inconexos dentro del repertorio de actividades humanas basadas en el conocimiento, aquellas que para bien o mal derivan de la inteligencia que aparentemente manifiesta la especie. Es cierto que la relación entre ambos fenómenos, lengua y técnica, posee una riqueza de matices que impide reducir el análisis a lo que sería un inocente uso instrumental en el plano disciplinar, y aún así tampoco es posible evitar una cuestión de primera necesidad en este contexto: ¿cómo garantiza la ingeniería la objetividad en su relación con el mundo? Racionalismo y empirismo nos conducen, cada uno a su manera, a formas de expresión desde la técnica que en muchos aspectos se desentienden del contexto para centrarse en la visión particularizada del especialista, incurriendo en una contracción lingüística que reduce la generalidad del discurso y su accesibilidad semántica, y así el lenguaje de la ingeniería aparece a ojos de terceros como un juego inefable o indecible.

La conciencia que se tiene desde la ingeniería acerca del lenguaje y sus aledaños filosóficos es una cuestión que debería investigarse observando las particularidades etnolingüísticas de un sujeto que no es unitario, sino que aparece bajo una multiplicidad de identidades. En primer lugar la del ingeniero-autor, esa *rara avis* que suele ser el individuo relator de sus propias obras, y que hace del discurso un arma de diferenciación para reafirmar su darwiniana supervivencia en el mercado y también el prestigio de su marca personal. Por otra parte la corporación, que es un magma todopoderoso y normalmente cancelador de aristas individuales, obligada a expresarse según las empresariales urgencias y conveniencias de la cuenta de resultados. Finalmente, la ingeniería en sus instituciones gremiales, una reducción excesivamente sintética y más bien consuetudinaria de las preocupaciones e intereses de quienes tienen en común no mucho más que la expedición de un determinado título facultativo, reconocido legalmente y socialmente legitimado.

Toda lengua propia refleja un sentido particular de identidad, y cuando éste se desvirtúa en la dilución corporativa o administrativa, el orden del discurso, su propia estructura e incluso hasta los niveles sintagmáticos se polarizan en un sentido determinado. De esa manera tiene lugar un proceso de los que estudió Chomsky dentro de su gramática transformacional y que podría interpretarse como la formación de un modelo más que puramente sintáctico -sin llegar a ahondar desde el punto de vista estructural en los aspectos más técnicos: los semánticos, morfológicos o

fonémicos-. Por ello conviene diferenciar dentro de la ingeniería acepciones diferentes: por una parte su carácter de actividad socialmente anónima y naturaleza predominantemente técnica que se ejerce en el seno de una empresa y está en tal sentido subordinada a los fines y criterios de más alto nivel -políticos o económicos- que gobiernan su cadena de valor; por otro lado, la ingeniería como una forma específica de pensamiento y acción personal -en el sentido kantiano- que se traduce en una praxis determinada y que no puede separarse ideológicamente del juicio -digamos filosófico o si se quiere moral, en un sentido amplio- del individuo ingeniero sobre el contexto, los fines y las consecuencias de lo que uno hace. En la conferencia inaugural que pronunció Roland Barthes en el Collège de France al hacerse cargo en 1977 de la cátedra recién creada de semiología literaria, habló de una doble utilización del lenguaje, como código en el que se inscribe alguna forma de poder y por tanto instrumento de dominación, y por otra parte como una expresión del placer existencial de ser, como un signo que se captura imaginariamente para hacer de él objeto de una ciencia autorizada. Ello debería tenerse en cuenta si queremos establecer una vinculación inteligible entre lengua e ingeniería, porque convengamos que no es único ni muy recto el camino que media entre verbalidad y la realidad proteica de la materia construida.

La ingeniería no tiene obviamente un objeto verbal sino físico, y la materialidad de su condición hace que el relato que la acompaña se abstraiga en buena medida de las vicisitudes de la crítica literaria, del sometimiento a un puro análisis textual. Estamos acostumbrados al hecho de que el discurso que brota desde dentro de la ingeniería se basa en la validez de sus asertos, pero ¿qué es lo que confiere propiamente validez a un proyecto y lo convierte en una obra positiva en lugar de una declaración de intenciones? Será seguramente su preferibilidad y el valor que le otorga la *auctoritas* legitimada, en virtud de principios que actúan como fundamentación del afianzamiento, de su aceptación. El proyecto se transcribe por medio de un lenguaje que evidencia la razón científica, y para ello descarta fehacientemente complacerse en la costumbre o en un ejercicio instintivo de la imaginación. El lenguaje de la ingeniería es esencialmente, en su claridad oscura, un código verificable.

El uso del lenguaje en la ingeniería se halla formalmente condicionado a la expresión de una voluntad de verdad, y habitualmente insiste en conceder a la veracidad una primacía jerárquica sobre las restantes categorías del discurso, presionando o excluyendo otras características que podrían ser igualmente preciosas y deseables. Se trata de un lenguaje sin zonas erógenas, que ni seduce ni hiera. Aún así, desde el punto de vista del análisis lingüístico no se puede simplificar tanto como para asegurar que este discurso es un mero producto del lenguaje científico-técnico, embridado como sabemos por la monosemia y la autorreferencialidad lexicológica, necesarias e irritantes cualidades que hacen unívoca toda relación entre significante y significado. Y sin embargo, en muchos sentidos la forma que la ingeniería tiene de expresarse posee un cierto carácter excluyente. Decía Michel Foucault que todo discurso estructurado hacia la exclusión de lo no verdadero se encuentra ligado al ejercicio del poder, o del saber-poder. Por mucho que

pretenda presentarse como transparente y neutro, el lenguaje certero de la ingeniería se convierte en una prodigiosa maquinaria destinada a excluir.

En la ingeniería en general, y particularmente en España, se carece de una tradición crítica y académica hacia las obras que proyectan y construyen los ingenieros, hecho que se refleja, entre otras cuestiones, en la falta de vivacidad del lenguaje que acostumbra a usar la profesión. En su gusto lingüísticamente demediado, parece que la ingeniería no desea estimular la percepción de sus obras más allá del consumo/uso inmediato, renunciando a una recepción más rica y multidimensional de las mismas.

La apreciación de la obra de ingeniería requiere ciertamente un método: aprender a ver para reconocer. Entre *Saber Ver* de Bruno Zevi y *Dios lo Ve* de Tusquets no se acaba de perfilar bien cuál sería la capacidad requerida, porque el contenido de las obras de los buenos constructores, ingenieros o arquitectos, tanto da, se termina envolviendo en dos extremos insufribles. La crónica de la ingeniería insiste en la aberración del despojo sinóptico de las obras, y degrada su contenido a una *grande bouffe* de metros cúbicos, toneladas y miles de millones de Euros, mientras que contrariamente, la glosa merecida de la buena arquitectura se pierde con demasiada frecuencia en un sinfín de actos insustanciales de propaganda. Analizar aquí significa aceptar la obligación de recrear la virtuosidad escondida o bien de eliminar mucho ruido para disociar los atributos de coherencia y limpieza, la claridad funcional o expresiva que exige la buena obra. Más arduo es aún el juicio sobre la originalidad de algo que aparece como nuevo, que no tiene cita posible salvo la del riesgo y la precariedad solitaria de todo invento antes de ser aceptado y difundido por la subsiguiente cadena de imitaciones. Lo nuevo cuando es poco más que un anhelo, como decía Adorno, apenas ello mismo.

La ingeniería no aspira deliberadamente a transmitir emociones, esa no es su intención fundamental, pero tampoco debería renunciar a ello su complejo iter gestativo. La ingeniería no es arte pero puede ser formalmente elegante, en el sentido orteguiano de plenitud en la sobriedad, y eso siempre será un modo de expresar desde la propia técnica emociones apreciables por otros. Sartre consideraba que la emoción significa una brusca caída en un mundo regido por lo mágico, pero es también un acto de racionalidad subjetiva mediante el cual la obra puede enlazar con el sentimiento humano. Cada vez que se contemplan las imágenes del Ganter, ese puente excepcionalmente hermoso proyectado por Menn en los Ochenta, no sólo vemos una estructura magnífica, sentimos sobre todo la razón técnica del gran ingeniero Suizo materializada en una forma emocionante y bella, una manera personal de expresar con gran elegancia su ideal de «*ausbildung*» (vocación).

A veces existen elementos extra-técnicos que actúan como fijadores de la atención del público hacia la obra de ingeniería. La idea de ésta como fuente de percepciones sensitivas es minoritaria en relación con su reconocimiento en calidad de ciencia útil o como diseño aplicado al orden práctico. Pero tal posibilidad no debería ser negada desde nuestro propio lenguaje porque

la belleza también se manifiesta, y ocasionalmente de modo extremo, en las formas esencialmente utilitarias de la técnica. Decía Gunnar Asplund, el admirable arquitecto sueco de principios del Veinte, que todo lo que creamos tiene el mismo derecho a ser considerado desde el punto de vista técnico como desde el artístico, y lo hacía disfrutando de la vista del puente de Brooklyn en Nueva York, atraído por su claridad estructural, ritmo y líneas bellas. La materialidad sensorial del mundo construido gira en gran medida sobre lo visual que es lo perceptivo, con el ojo como elemento central de la capacidad humana de asimilar y juzgar el valor de la obra. Pero a ello hay que añadir lo intelectual, que se basa en la facilidad para entender el significado de las obras, y en ello el lenguaje, cuenta.

(3.2) Elaboración de la metáfora vs. primitivismo gremial

Uno de los sujetos comunicativos que representan a la ingeniería frente al contexto socio-cultural y político-económico, es la institución gremial. Se trata de un ente que hay que estudiar desde la politología, no desde la ingeniería entendida ésta como pensamiento-acción a título individual, ni tampoco como negocio. El ejercicio institucional de la representación pública del conjunto de la profesión se hace valer de la legitimidad estatutaria de un Colegio, que no es realmente autónoma sino tutelada gubernamentalmente, y en el valor nominativo que adquieren los representantes colegiales a través del sufragio libre de sus pares. La institución gremial, una vez liquidado cualquier atisbo del Estado corporativo y por tanto despojada de vínculos orgánicos con legisladores y gobernantes, se desenvuelve en un dominio lingüístico repleto de claroscuros, fruto de las contradicciones que en la sociedad contemporánea induce la realidad de la libertad de mercado al encontrarse con una regulación que afianza el ámbito tradicional y relativamente cerrado de lo facultativo.

Si es cierto lo que decía Noam Chomsky³⁹ sobre el lenguaje, que debe valorarse sobre todo en su condición de *mirror mind*, podría indagarse a través del estudio de la comunicación institucional la existencia de estructuras cognitivas que sinteticen -al menos desde un punto de vista discursivo- o reflejen la comunidad de intereses que de alguna manera pretende colocar la organización gremial en sus mensajes. Pero este lenguaje, del que cabría esperar que estuviese dotado de su propio *écart* en relación con otras formas de expresión que emanan desde la ingeniería, es a su vez parte de un utillaje más amplio, de un sistema de signos gremiales que sería preciso sacar fuera del rango de lo puramente lingüístico-literario si de verdad se quieren extraer conclusiones.

Reduciendo la complejidad semiológica que rodea toda comunicación institucional a su simple expresión textual, es interesante ver cómo se produce ésta en las modalidades discursivas más abiertamente orientadas hacia fuera de la profesión, aquellas manifestaciones que adquieren un tono explícitamente declarativo y público, entre las cuales por poner un ejemplo se podrían los «manifiestos» que de tiempo en tiempo se dan a conocer al público sobre temas de actualidad

normalmente sujetos a algún tipo de controversia, como la política hidráulica o la energía nuclear. Reconozcamos de antemano la dificultad nada desdeñable que supone destilar y armar textualmente pronunciamientos de este estilo, y la contención obligada que ello supone desde el punto de vista del uso del lenguaje, especialmente en temas como los mencionados, por razones de prudencia. Diferente cuestión sería discernir si prudencia y manifestación son o no conceptos conciliables dentro de lo que se supone que debe ser el sentido y la finalidad de este tipo de comunicados. O una cosa, o la otra.

La declaración institucional es por otra parte un ejemplo de la contraposición que se da entre dos términos asociados al lenguaje, y que provienen de una misma raíz: expresión y expresividad. El primero como objeto de una actividad práctica comunicativa que está sujeta al predominio lógico-referencial o denotativo de la facultad de la lengua, mientras que el segundo de ellos entendido a modo de efecto lingüístico peculiar que se imprime al discurso en aras de reafirmar su finalidad, sea ésta meramente descriptiva, argumentativa, o incluso emotiva y estética en las formas poetizantes. Esta diferencia que podría quizá entenderse más bien como complementariedad entre discurso práctico-denotativo y artístico-connotativo, constituye uno de los factores diferenciadores que en la teoría de la literatura se suelen tener en cuenta para distinguir entre el manejo utilitario o estándar del lenguaje y la opción lingüística más especial que supone la forma literaria. Mientras que al primer uso se le exige esencialmente competencia temática, en el último caso debe añadirse una competencia expresiva y cultural como rasgo característico.

La eficacia al trasladar mensajes depende de la nitidez con que éstos sean recibidos por sus destinatarios, pero lo que parece obvio no siempre es tenido en cuenta al plantear estratégicamente este tipo de comunicaciones. De poco sirve desgañitarse y envolverse con hondas razones y sesudos razonamientos, si la otra parte no está en condiciones de recibirlos -lo hemos visto en el caso del agua-, y ello dependerá entre otras cosas de que exista o se consiga crear un «marco» adecuado para la recepción de esos mensajes. Como señala el politólogo progresista norteamericano George Lakoff⁴⁰, los marcos o *frames* son estructuras mentales que dan forma a la manera en que se ven las cosas, y forman parte del inconsciente cognitivo especialmente en el dominio de la opinión pública. El valor social e incluso el económico de la ingeniería dependen en buena medida de su capacidad para construir, cuidar y situar adecuadamente marcos que respalden sus intenciones. Cuando alguien escucha la palabra ingeniero, activa un marco de recepción que no está constituido de manera exclusiva, y menos aún determinante, por los elementos objetivos que caracterizan a la profesión en términos de utilidad y mérito, sino que está cuajado de imágenes metafóricas y creencias subjetivas. La ingeniería debe cuidar muy bien, mimar incluso, el marco que rodea la interpretación de su nombre y el poder de evocación de las palabras. Ya va siendo hora de ignorar, por ejemplo y entre otras, la palabra «infraestructura», vocablo menoscabador que ha suplantado incomprensiblemente en el propio vocabulario de la ingeniería la nobleza del término «obra

pública» en sus múltiples y hermosas denominaciones particulares: puerto, ferrocarril, carretera, canal, etc.

Las palabras que designan a las cosas hermosas y útiles deben ser palabras bellas. Nombrar es un privilegio pero también hay una gran responsabilidad en aceptar un nombre, sea para uno mismo o para la *domus* propia. Por eso cuesta admitir que los ingenieros hayamos consentido el desaire que supone aludir arbitrariamente a nuestras obras con el nombre de infraestructuras, una especie de hipérbaton mezquino y vulgar en su afectación pretenciosa. Infraestructura es técnicamente una composición gramatical endocéntrica de las llamadas impropias, es decir de carácter más paratáctico que sintáctico. En su significado subyacente remite a la idea de subordinación, a elemento de importancia inferior que se usa distraídamente y queda relegado en la jerarquía perceptiva del valor que damos a las cosas. En un mundo donde la cultura material es puro reflejo de la tecnología, infraestructura es lo que se encuentra embebido o subsumido, oculto en definitiva y apartado de la vista porque es considerado poco relevante, torpe o feo. Infraestructura denota lo subalterno, algo así como esa inferioridad sumisa y doliente que tiempo atrás exigía el señorito a su servicio doméstico.

No se conoce a ciencia cierta cómo hizo su entrada el término infraestructura en el léxico de la ingeniería española; hay quien dice que es un producto del tardofranquismo importado por los primeros burócratas que se asomaron a la cultura económica norteamericana. De hecho, ninguno de los grandes ingenieros o arquitectos anteriores al último cuarto de siglo hizo mención alguna en sus escritos a un nombre tan recargado. Sin embargo hubo economistas como Fabián Estapé, antiguo comisario adjunto del plan de desarrollo, que ya utilizaban el término en los primeros Setenta, parece ser que influidos por Galbraith⁴¹. A las obras de ingeniería no se les debe imponer un nombre secundario porque no son sólo construcciones ni tienen carácter ancilar, son los grandes sistemas antrópicos que median entre el hombre y la naturaleza. Al reivindicar el nombre propio de las obras públicas, desvelamos su carácter de necesidad y de espacio público, no nos referimos a la especificidad jurídica que rige su naturaleza demanial. El nombre se convierte aquí en una puerta formada por palabras, o en una boca por donde la imagen puede llegar a hablar. Llamar a las obras públicas por sus nombres propios en vez de infraestructuras, no es un nombrar antiguo sino un nombrar esencialmente moderno, porque hace conscientes determinados procesos semióticos que las realzan en su significado como condiciones necesarias de la modernidad.

Cada obra tiene su finalidad y sus características propias, desde lo tensional a lo estético, en lo funcional y en lo simbólico. Es preciso llamar de nuevo la atención del público y formar un criterio propio y consciente de valoración de todos los temas que hay detrás de una obra pública, sobre su forma de integración efectiva pero también afectiva en la comunidad a través de un proceso creador más explícito. En la minusvaloración monótona de las infraestructuras nunca aflorarán los valores de futuro que además de la utilidad, resistencia y durabilidad deben exhibir las obras de la ingeniería: modernidad tecnológica y calidad plástica. Durante la Ilustración lo

veían más claro que en esta era nuestra, supuestamente postmoderna y culta. Así Floridablanca, el más conspicuo de los ministros del rey Carlos III, establecía un vínculo directo entre «la inteligencia y acierto en las obras públicas y la felicidad del reino». ¡Caramba con don José Moñino..! Las ideas claras y el lenguaje también, más que el de hoy día.

(3.3) La marca, por encima de todo

Entre todos los ingenieros, muchísimos y buenos, que han pasado por la firma Arup, creada en 1946 por el eximio estructuralista anglo-danés Ove Arup, quien tuvo más allá de su creatividad y excelencia técnica una enorme y fascinante personalidad, tan sólo dos aparte del propio fundador puede decirse que hayan trascendido la frontera disciplinar en la expresión pública de su propia concepción de la ingeniería: Peter Rice, que falleció de manera prematura en 1992, y más recientemente Cecil Balmond, habitual compañero en estos últimos años del mandarinato mediático de los arquitectos-estrella del Reino Unido, tipo Foster y similares catadióptricos del RIBA, cuyos edificios hace posible sostener el extrovertido ingeniero ceilanés. Es lógico que nos preguntemos si tanta anonimidad en la profesión responde a una aversión colectiva al reconocimiento de lo que uno hace en general para bien de otros, o bien si se trata de una táctica consciente y premeditada de exclusión de la marca individual en el comercio de los servicios que desempeñan las grandes firmas de ingeniería. Lo cierto es que hablando en términos cuantitativos, la ingeniería es un dominio de negocio reservado mediáticamente a las marcas corporativas y en ella no se conocen muchas manifestaciones públicas de las propias personas, ni siquiera se suele tener noticia de su misma identidad individual. Antiguamente al menos, la filiación entre el ingeniero y su empresa se ponía de manifiesto al acabarse la vida, en las habituales y sentidas esquelas.

El fenómeno que hace que en el comercio la marca sobrepase a quienes la trabajan y ello no irrite especialmente, ha sido estudiado en un libro relativamente célebre, *No logo*, de la periodista canadiense Naomi Klein. El concepto de censura empresarial que ella utiliza no está sin embargo nada claro que sea una práctica impuesta en el caso de la ingeniería, porque no es en general necesario llegar a tales extremos debido a la propia consciencia del individuo ingeniero, que al entrar en nómina no sólo acepta vender su tiempo y su inteligencia a la empresa sino también su verbalidad. Tampoco es que esta última suela ser de por sí deslumbrante, bien que nos damos cuenta de que somos hijos de un proceso educativo un tanto *démodé* que pone el énfasis en pensar a solas, mucho más que en aprender a expresarse y argumentar seductoramente lo pensado.

No resulta fácil situar las marcas de la ingeniería en el imaginario cultural contemporáneo, al menos en España, aunque es cierto que no sucedió siempre así en el pasado. La traducción corporativa de los servicios técnicos en actos de comercio nos ha llevado a la simplificación mercantil, en cierto sentido tan bárbara como necesaria, de la hora x persona, y al inevitable

etiquetado de los ingenieros con su precio en Euros que acompaña a cualquier oferta. El precio según categoría es una especie de «*commoditization*» de las tipologías y jerarquías profesionales, en muchos sentidos al margen de las cualidades particulares de la persona. Cuentan entre otras anécdotas de Juan Benet, que don Pablo García Arenal le pagaba a él como a un Benet, y al resto de sus ingenieros de Caminos como a ingenieros de Caminos. La reificación del mercado de trabajo profesional tal vez debería hacer meditar más sobre el concepto de creación de valor aplicado a nosotros mismos, y lo que para ello supone la marca personal. Marx⁴², que como economista se equivocó en varias de sus predicciones más rotundas, tuvo sin embargo la habilidad sutil del filósofo en el entendimiento de determinados hechos: *«A primera vista, una mercancía parece una cosa corriente que se entiende por sí sola. Al analizarla, se constata que es una cosa extremadamente compleja, llena de sutilidades metafísicas y de caprichos teológicos. Mientras es valor de uso, no comporta nada misterioso, pero cuando entra en escena como mercancía se transforma en una cosa sensible, supersensible se diría».*

Nadie duda que lo que se conoce como arte tiene un valor superior al de la simple artesanía, aunque el origen de ambos términos, yendo a su etimología, es prácticamente idéntico pues los dos denotan una habilidad para hacer algo, y así arte y artesanía fueron una misma cosa durante siglos. El arte comenzó a diferenciarse de la artesanía en el Renacimiento, y lo hizo a través de un giro estratégico al situarse deliberadamente en el mundo de la cultura y no en el de la industria. Es cierto que la artesanía hace objetos hermosos, pero objetos al fin y al cabo. El arte no produce sólo objetos, sino historias e imágenes, y también marcas, por eso ha sido capaz de situarse en un plano perceptivo diferente y así disfrutar de una más digna valoración. Y lo anterior es cierto aunque ya no sea fácil asimilar el arte actual con la idea que tenemos de belleza ni con una creatividad excepcional por parte del artista. La ingeniería sin embargo ha ido hermanándose conceptualmente cada vez más con la técnica, en lugar de distanciarse sabiamente de la misma en el imaginario público. Y la técnica se ha ido banalizando con el paso del tiempo, al prender la idea de que todo es posible, y a los ingenieros en los medios se les nombra técnicos y lo que es peor, muchos de ellos se definen voluntariamente así. La ingeniería debería remontar el vuelo de la mano de la excelencia para ganar valoración económica y social. Pero la «*commoditization*» imperante opera en el sentido contrario a la excepcionalidad que supone cualquier forma de excelencia. Cuando se acepta de buen grado la nivelación semántica del término «*infraestructuras*», todos los objetos que hacen los ingenieros tienen igual nombre, luego son esencialmente lo mismo, y de las «*horasxpersona*», todos los trabajos de los ingenieros se miden en las mismas unidades, por tanto todos hacen más o menos lo mismo. Entonces habría que pensar si el origen del problema no radica en nuestra imperdonable indiferencia hacia la reivindicación de la excelencia y algún tipo de asociación inteligente a la idea de marca. ¿Será el ingeniero de hoy aquel «*hombre unidimensional*» que fustigaba Marcuse?

Además, el relato de la infrecuente marca de ingeniería, que cuando existe es la de las grandes corporaciones que todos conocemos, es profundamente diferente al que acompaña a las marcas de otros productos sofisticados, como la moda o el lujo, incluso la arquitectura en ciertos

aspectos. En casos como éstos se usa intencional e interesadamente el contexto cultural para forzar la sacralización, tratando sistemáticamente de estimular la adhesión del público a través de una especie de envoltorio de leyenda, un discurso que las técnicas de marketing acaban transformando en el sucedáneo de un aura, del cual no se duda de que es un atractor imperfecto y casi siempre irreal, pero que al fin y al cabo funciona. La ingeniería de hoy no se representa directamente a sí misma a través de elementos y valores específicamente atribuibles a sus obras, sino por medio de los mensajes que se ponen en circulación desde los conglomerados empresariales. Para el hombre de la calle adquieren normalmente más notoriedad las noticias sobre calentones financieros y *raids* corporativos que la vindicación contextual del fin sustantivo y de la función que la ingeniería cumple social y culturalmente.

Por otra parte no deja de ser curioso darse cuenta cómo en este contexto de la comunicación corporativa algunos objetos icónicos de la ingeniería son utilizados sin reparo por empresas de otros sectores ajenos. Un ejemplo bien conocido son las representaciones extra-constructivas del puente que hacen banqueros y corredores de seguros, del uso de su potente valor simbólico en el imaginario colectivo, lo cual les lleva con frecuencia a envolver el discurso de su negocio en la imagen solvente y segura de ese sólido artefacto. ¡Hay que ver cómo se convierte en comercial la semiótica pontonera! La mirada iconófila hacia la obra de ingeniería, la utilización publicitaria de la *firmitas* y la *venustas* vitrubianas hace pensar que sus propios méritos se capitalizan mejor desde otras ramas del comercio.

Tampoco debería resultarle a nadie extraño que el lenguaje corporativo de la ingeniería esté más orientado hacia los números que a las letras, aunque de este hecho también puede hacerse una interpretación nada trivial. El sociólogo canadiense Marshall McLuhan⁴³, primero de los estudiosos de la comunicación mediática que alcanzó celebridad y muy considerable allá por los Sesenta, establecía diferencias importantes entre las propiedades comunicativas del número y las de la escritura. Así como la escritura es una extensión y separación de nuestro sentido más neutro y objetivo, el de la vista, el número es una extensión y separación de nuestra más íntima actividad afín, el sentido del tacto. Ya desde el mundo antiguo se han ido asociando, primero mágicamente y luego a través del prosaico escalpelo de la ciencia, los números con las propiedades físicas y las causas necesarias de las cosas. En todas y cada una de sus manifestaciones los números parecen tener una resonancia tanto auditiva como repetitiva, además de una dimensión táctil. Es la calidad del número la que explica su poder de crear un efecto icónico, de imagen inclusiva y comprimida.

En ese discurso habla el dinero, lo cual parece inevitable, y lo hace como metáfora, como transferencia y como puente. Del mismo modo que las palabras y el lenguaje, el dinero es un almacén de trabajo, conocimientos y experiencias alcanzadas en común. El dinero es también una tecnología especializada que intensifica del aspecto visual del discurso y de su orden. En la sociedad actual, a medida que el trabajo es sustituido por el mero movimiento de información, el dinero como acumulación de trabajo se funde con el crédito. El lenguaje corporativo pasa de esta

manera a basarse más en el crédito que en el propio dinero, y deja de ser un descriptor de la realidad contable para convertirse en un lenguaje fiduciario de la intención y del riesgo en la creación de valor. En ello las empresas de ingeniería no difieren mucho de las que pertenecen a cualquier otro tipo de actividad económica. La empresa se dirige normalmente a sus clientes, a sus accionistas y a los mercados financieros, y habría que ver si cuando se trata de la ingeniería, esos mensajes presentan algún contenido que tenga directamente que ver con su actividad finalista, con la misión, y de qué manera ello se transmite. Las memorias corporativas aportan escasa luz sobre ello, dan cuerpo al lenguaje de los MBA y no al de los ingenieros.

La comunicación empresarial es lógicamente un fenómeno muy poco espontáneo, que obedece a pautas y convenciones estudiadas y probadas. Se desarrolla, como es sabido por varios cauces y con formas y contenidos diferentes en función de la intención y del canal elegido. Se trata esencialmente de aplicaciones del lenguaje publicitario sobre soportes mediáticos, que se dirigen tanto o más a personas determinadas que hacia lo colectivo y cumplen una función otorgadora de status. Hay varios estudios interesantes sobre la relación que se da entre medios de comunicación y poder económico, como los que ha efectuado recientemente el investigador Ramón Reig, experto en estructura de la información periodística, cuyas indagaciones apuntan a una escasa inocencia en los medios que transmiten las imágenes y discursos corporativos.

Pero toda comunicación, sea interpersonal o a través de los medios públicos, siempre está habilitada tecnológicamente y también se puede analizar desde teorías que van más allá de las particularidades del lenguaje, por medio de las propiedades de sus fuentes, señales, canales y receptores. Analizada según la teoría de un ingeniero muy famoso de la rama eléctrica, Claude Shannon⁴⁴, no hay duda de que la comunicación corporativa de la ingeniería hacia la sociedad es ergódica en lugar de markoviana, y difícil parece que visto lo visto pueda ser de otra manera menos predecible y más arrebolada.

(4) Ingeniería y valor de mercado

En este cuarto y último apartado dejaremos los factores ideológicos y etnológicos de contexto, para volver sobre algunos aspectos de carácter económico que ya se adelantaban en el punto primero de estas notas sobre ingeniería y valor. En primer lugar en cuanto a la necesidad de establecer una diferenciación entre la ingeniería entendida como una actividad de servicios profesionales y la tecnología como producto que se obtiene, en determinadas ocasiones, del trabajo de los ingenieros. Se trata de una división entre bienes y servicios, que en el caso de la ingeniería, y cuando se trata la cuestión a escala industrial -es decir agregada-, da lugar a mercados que son diferentes tanto en sus aspectos fundamentales -localización geográfica, estructura y caracterización de la competencia- como en lo que se refiere a su funcionamiento particular, y en consecuencia ello se refleja en unos procesos de creación de valor económico por parte de la ingeniería y de retribución -asignación de rentas- a la misma que poseen especificidad propia en cada caso.

Esta cuestión tiene una importancia que conviene resaltar, ya que el grueso de la literatura gris al uso suele enfocar su atención e investigaciones hacia los procesos de creación de valor que se dan en los mercados objeto de estudio, es decir a la caracterización y medición del output que obtiene cada una de las industrias o servicios a los que sirve la ingeniería, distinguiendo como mucho el reparto del valor que se produce en cada caso entre los agentes en la oferta y la demanda. Son bien conocidas, en función de la estructura del mercado, su regulación y las condiciones de competencia, las elaboraciones teóricas y los estudios empíricos en torno al excedente⁴⁵, bien sea del consumidor o del productor, vinculado en cada caso al concepto de utilidad o coste marginal que aplica a cada tipo de agente económico.

Sin embargo la cuestión de la retribución o reparto de rentas entre los distintos agentes que intervienen en el lado de la oferta dentro de un mercado concreto, es un problema de naturaleza económica diferente y que no suele ser tratado explícitamente con el mismo grado de atención ni dedicación metodológica por parte de los estudiosos de estos temas. Se trata de un hecho nada baladí y que encierra algunas de las claves fundamentales de la cuestión del valor en ingeniería, ya que debe tenerse en cuenta que el reparto estará condicionado no tanto por los factores estructurales del mercado, como por la organización y funcionamiento de la propia cadena de valor de la industria o servicio de que se trate -estructura interna de la oferta-, y en particular por las relaciones de poder entre los agentes empresariales que intervienen en la misma. En el caso concreto de la ingeniería civil, que comprende mercados de obras y servicios públicos muy diversos, el análisis de la cadena de valor tiene una importancia de primerísima índole dada la tradicional desintegración vertical que se da, desde el punto de vista empresarial, entre las actividades de ingeniería por un lado (estudios y proyectos), construcción y en su caso explotación y gestión.

Para abordar estas cuestiones con un mínimo de rigor desde el punto de vista del conocimiento, es preciso combinar aproximaciones empíricas y metodológicas relativamente nuevas y desde ópticas diferentes de los enfoques tradicionales que suelen adoptarse en el análisis económico de los mercados. Desde el punto de vista de los estudios empíricos, éstos deberían orientarse inicialmente a obtener colecciones de datos significativos en torno a la cuestión del valor, para posteriormente establecer hipótesis y tratar de verificarlas; en ese sentido pueden ser de aplicación algunos de los nuevos métodos de la denominada economía experimental⁴⁶. La parte metodológica por su lado, parece que podría encajar razonablemente dentro del ámbito de la moderna teoría de juegos⁴⁷, dada la relevancia que dentro de esta cuestión poseen temas como la interacción estratégica entre los distintos agentes que conforman la cadena de valor, sus relaciones que pueden ser al mismo tiempo de cooperación y competitivas -el término inglés *coopetition* refleja este hecho-, y la aparición de conflictos entre unos y otros en cuanto al problema de la asignación o reparto de rentas. Se trata por tanto en este apartado de abordar en primer lugar, aunque sea de una manera enunciativa y relativamente superficial, los dos problemas centrales que nos ocupan en relación con la ingeniería, que son (i) el de la creación de valor económico en las actividades que interviene, y (ii) el de la distribución o reparto del mismo entre la propia ingeniería y otros agentes que también intervienen en la oferta, es decir la manera en que se produce la captura de la rentas generadas en los mercados de referencia.

Otra cuestión ineludible es la de la valoración o valor de mercado de la ingeniería, en su encarnación empresarial, es decir el valor económico de las empresas del sector. Como veremos es un tema que no resulta sencillo de abordar en España, dada la relativa opacidad de este segmento particular de los negocios corporativos de *merge and acquisition*, esencialmente por razón de las características demográficas del sector empresarial que nos ocupa. En particular hay que tener en cuenta la naturaleza esencialmente privada de la inmensa mayoría de las empresas del sector -es decir, que no son cotizadas-, lo cual dificulta extraordinariamente conocer y analizar algunas de las variables fundamentales que pueden afectar al valor económico de las mismas, y muy especialmente lo que sería su precio de mercado. Tampoco es posible saber, sin haber hecho previamente una investigación de campo, cuál es la situación característica, es decir representativa estadísticamente, de la empresa de ingeniería en cuanto a la estructura y evolución de su capital, su posible relación con inversores institucionales -especialmente firmas de *private equity*-, la situación de su pasivo y en su caso nivel de apalancamiento, la composición y funcionamiento de su consejos de administración y cómo se comporta en términos de gobernanza -relación entre gestores y accionistas-, entre otras cuestiones de interés relacionadas con la problemática del valor.

Finalmente hay más temas interesantes que se refieren tanto al valor de mercado como al valor social de la ingeniería, en la medida que estos dos conceptos fluctúan según los ciclos. En este sentido resulta de interés entender este término no sólo en sentido económico sino en un sentido más amplio que comprende los cambios científico-tecnológicos, es decir la creación y destrucción de valor que la innovación y el avance en ocasiones disruptivo del estado del arte

entrañan para las empresas, así como los cambios que periódicamente sacuden las demandas sociales, sean éstas espontáneas o inducidas. No hay duda de que tanto la apreciación social del valor como la valoración económica de la ingeniería, también varían temporalmente en función de su grado de sintonía con los principios económicos del valor en cada una de las fase de los ciclos a que se encuentra expuesta. La historia al menos así lo demuestra.

(4.1) Naturaleza económica de la ingeniería

La ingeniería desde el punto de vista de su naturaleza económica puede ser considerada de dos maneras diferentes, tal como se anticipaba en el apartado primero de estas notas. Por un lado la ingeniería es una actividad profesional vinculada directamente al trabajo de los ingenieros, es decir una prestación de servicios basados en el conocimiento de unas técnicas particulares que varían según la rama de especialización de que se trate (civil, aeronáutica, industrial, informática, etc.) y su ámbito de aplicación funcional o cliente final (transportes, energía, industria, etc.). En este sentido la ingeniería y sus empresas, pueden considerarse como uno de los agentes económicos que actúan dentro del mercado de servicios profesionales proporcionando lo que los economistas denominan inputs intermedios, y en el caso que nos ocupa dedicado a la realización de actividades orientadas hacia las obras públicas y servicios de interés general como los que se han mencionado anteriormente, así como también hacia la industria. Este sería el planteamiento que pensamos que corresponde a la acepción más común del término ingeniería, al menos en un país como España.

Por otra parte, determinadas actividades de la ingeniería pueden tener como objetivo la producción de un bien específico denominado tecnología, que con diversos formatos y soportes, consiste en una encapsulación comercializable a terceros del *know-how* de los ingenieros. Un ejemplo paradigmático de ello es del software, pongamos por caso un paquete de CAD-CAE como Catia⁴⁸ que reúne el conocimiento técnico y la experiencia de los ingenieros de diseño aeronáutico de Dassault, y que aparte de poder utilizarse en la realización de los proyectos de aeronaves que emprende esa compañía, es vendido a terceros mediante la figura del contrato de licencia. El concepto de tecnología es potencialmente muy amplio y abarca desde intangibles como pueden ser las patentes, diseños o modelos de utilidad, hasta productos lógicos como el software, e incluso bienes físicos con una elevada sofisticación y contenido técnico, desde componentes a sistemas completos. La tecnología como producto directamente asociado a la ingeniería suele darse en países y actividades de carácter industrial -es decir de producción repetitiva, en el caso del *soft* una simple replicación- con una fuerte orientación al mercado y un considerable nivel de desarrollo científico-técnico en los campos correspondientes del conocimiento.

La naturaleza económica dual de la ingeniería como servicio profesional basado en prestaciones personales o producto de carácter industrial, obliga a establecer un marco de

análisis diferente según la acepción que se esté considerando. Tanto por su estructura económica, como por la regulación y por su funcionamiento, los mercados de servicios profesionales y de bienes tecnológicos pueden llegar a ser muy diferentes, y la distinción entre industria y servicios acusada en términos tanto cualitativos como cuantitativos. Ello debe tenerse en cuenta cuando se considera el valor que crea y la manera en que se retribuye a la ingeniería en cada caso.

Si se contempla la ingeniería como una parte del mercado de servicios profesionales, que es la acepción predominante, habría que hacer una consideración de partida que tiene su importancia: la prestación viene a realizarse de forma muy mayoritaria por empresas y no por individuos particulares, lo cual establece una diferencia significativa entre esta profesión y otras como las de arquitectos, abogados o médicos, donde la organización de la oferta de servicios resulta menos homogénea. Las empresas de ingeniería en España, agrupadas tradicionalmente dentro de la CNAE en los epígrafes 742-743 -el INE no diferencia a este nivel de desagregación entre ingeniería y arquitectura- poseen a su vez una variedad demográfica significativa, tanto en dimensión, estructura de capital, forma societaria, ámbito de especialización y grado de internacionalización. Esos factores, como trataremos de ver, también afectan potencialmente a la cuestión del valor.

La preocupación mayoritaria de las empresas de ingeniería en el momento actual, al menos de las que se encuentran afiliadas a la asociación Tecniberia, mayoritaria en el sector, es evidentemente a corto plazo superar la situación de crisis que sufre la economía española en su conjunto, y la licitación pública especialmente. Ello no excluye el interés por otras cuestiones más estructurales que coyunturales, y en esa línea la citada asociación ha decidido emprender dos estudios estratégicos, uno de carácter sectorial y otro sobre la internacionalización que arrojarán resultados de interés en cuanto a la realidad del sector y sus perspectivas de futuro. Según los datos disponibles del año 2008, la parte del sector correspondiente a Tecniberia estaba compuesta por 284 empresas que comprendían unos 42.000 profesionales de los cuales un 65% son titulados universitarios, con una facturación en el mercado nacional de 3.350 MEuros y 1.650 MEuros en el exterior. En función de esos datos, la facturación media por empleado habría alcanzado una cifra en torno a 120.000 Euros, dato que en sí mismo puede resultar poco representativo ya que habría por una parte que diferenciar entre personal titulado -ingenieros superiores y medios o equivalentes- y no titulado, y por otra parte habría que segregar la parte de la facturación que corresponda a suministros -importante en determinadas compañías que trabajan en modo *turnkey*- y no estrictamente a servicios profesionales.

Según los datos oficiales del INE correspondientes al año 2007 de que se dispone, que son estadísticos y no estrictamente censales, el número total de empresas clasificadas dentro de la CNAE 742-743: servicios técnicos, se situaba ese año en unas 116.584, de las que 108.853 corresponden al epígrafe 742 (servicios técnicos de ingeniería y arquitectura) y 7.731 al 743 (ensayos y análisis técnicos). Sólo 58 empresas del total de ambos epígrafes disponían de más de

200 empleados y 1.338 más de 20. El volumen total de negocio era de 28.424 MEuros (742: 25.063 MEuros y 743: 3.361 MEuros) es decir un 2,7% del PIB a precios de mercado, empleando a un total de 332.909 personas (742: 271.154 personas y 743: 61.755 personas). La facturación media per capita se situaría en 85.380 Euros (742: 92.431 Euros y 743: 54.425 Euros). El sector se encuentra como se puede ver muy atomizado, con un predominio cuantitativo de PYME y micro PYME. Tan sólo una empresa dentro del sector cotiza en bolsa (Técnicas Reunidas, desde Junio de 2006). Un dato interesante es el ratio entre la facturación del sector de ingeniería y el volumen de inversión asociado en la realización de las obras y servicios, que se sitúa según la propia Tecniberia en torno al 5%, y da una idea aproximada de la participación de la ingeniería en la cadena de valor de la actividad de construcción de obra civil e industrial.

Un problema que surge cuando se trata de estudiar el comportamiento de las empresas de ingeniería como agentes económicos es la dificultad para acceder a sus datos de carácter financiero, que en general se mantienen reservados en las propias empresas con la salvedad de la preceptiva presentación anual de libros y cuentas en el Registro Mercantil y en la Agencia Tributaria. Algunas empresas grandes, no obstante, publican memorias anuales que contienen al menos los datos básicos de explotación y gestión. Debido a esa carencia y a la elevada atomización del mercado -un número muy grande de empresas pequeñas y muy pequeñas en la oferta- no resulta inmediato disponer de algunos indicadores que serían de importancia a los efectos mencionados, como por ejemplo los correspondiente a inversión en activos y rentabilidad, balanza tecnológica (ingresos y pagos por licencias y royalties), costes laborales y de capital, generación de *cash-flow*, ratios de temporalidad y rotación del capital humano, etc.

La disponibilidad de datos públicamente accesibles en la CNMV -sin necesidad de acudir al Registro Mercantil- que permitan analizar el sector y el comportamiento de las empresas desde el punto de vista económico-financiero es muy limitada, debido precisamente a la práctica inexistencia de empresas cotizadas. Algunos datos auditados obtenidos de la única empresa española de ingeniería que se encuentra en esa situación, Técnicas Reunidas, poseen interés a pesar de su reducida representatividad en relación con el conjunto debido a la especialización industrial de la compañía, su fuerte orientación internacional y el tipo de contratos EPC que gestiona habitualmente. Durante el año 2008 el margen bruto de rentabilidad de la empresa (EBITDA/ventas) se situó en el 6%, correspondiendo a unas ventas totales de 1.450 MEuros (aprovisionamientos 978 MEuros) y beneficio antes de impuestos de 87,70 MEuros. El número de empleados a finales de ese año era de 2.373, lo que supuso una facturación media per capita de 611.000 Euros, que debe interpretarse en concordancia con el tipo de actividades y modelo de negocio de esta firma (ejecución de proyectos llave en mano). La facturación per capita excluyendo aprovisionamientos (valor añadido bruto) sería entonces de 199.000 Euros. El beneficio antes de impuestos por empleado se situó ese año en 36.960 Euros y el PER -se trata de una compañía cotizada- a final de año tenía un valor de 12,58.

Otra empresa representativa del sector, como por ejemplo TYPESA, orientada en este caso a la ingeniería civil en sus modalidades de proyecto y dirección de obra (sin construcción o suministro), declaraba -se ignora si son datos auditados- en ese mismo año un EBITDA del 7,7%, para un valor de la cifra de negocio de 164 MEuros y beneficio antes de impuestos de 12,57 MEuros. El número medio de empleados de la firma a lo largo de 2008 fue de 1.819, lo que supone una facturación media per capita de 90.000 Euros, mientras que el beneficio antes de impuestos por empleado se situó ese año en 6.900 Euros.

Por su parte la propia INECO-TIFSA, declaraba en 2008 una cifra de negocio de 276,30 MEuros, con un beneficio de explotación de 37,20 MEuros y 2.879 empleados, que corresponderían a un EBITDA de 13,5%, una facturación per capita de 96.000 Euros y un beneficio per capita de 12.920 Euros. Otras empresas grandes del sector, como pueden ser SENER Ingeniería y Sistemas o IDOM, no publican sus datos económicos por lo cual no es posible efectuar consideración alguna en este sentido.

En cuanto a la actividad de las empresas españolas de ingeniería como productoras de tecnología, es aún más difícil obtener información fiable que tenga validez para el conjunto del sector y no sólo de alguna empresa en particular. No se dispone de datos de balanza tecnológica (ingresos y pagos por royalties y rentas de la propiedad intelectual) del sector de servicios técnicos, aunque los datos a nivel nacional correspondientes al año 2008 facilitados por el Banco de España pueden darnos una idea general y señalan, como viene siendo desafortunadamente ya costumbre, la fuerte dependencia tecnológica española del exterior. Efectivamente, la balanza de royalties -que contabiliza el flujo anual de pagos y cobros por la utilización de patentes y licencias entre España y el resto del mundo- refleja un saldo bastante negativo (1.646 MDólares) y una cobertura muy baja -la cobertura mide la parte de importaciones que son cubiertas por las exportaciones-. El déficit muestra la elevada dependencia tecnológica de nuestro país, en términos bastante similares a los que ya describía y analizaba M^a Paloma Sánchez⁴⁹ en el año 1992.

A escala nacional los ingresos por royalties en 2008 fueron de 539 MEuros mientras que los pagos supusieron 2.185 MEuros. La cobertura de la balanza de royalties fue por tanto del 25%. El análisis de los datos relativos a la balanza tecnológica española y a otros indicadores de ciencia y tecnología muestran que España importa actualmente mucha tecnología y exporta poca. Esta dependencia tecnológica española queda reflejada, concretamente, en los bajos niveles de cobertura de su balanza de royalties (22% de media en el periodo 2000-2008). Los saldos en concepto de royalties han sido siempre negativos y con coberturas que oscilan entre el 20% y el 30%. En 2008 por cada 100 Euros que España pagó de royalties solo ha ingresado 25. Las bajas tasas de cobertura confirman la elevada dependencia tecnológica española con respecto a otros países.

Los datos que provienen del INE en relación con los gastos en I+D -deberían considerarse inversiones en todo caso- para el conjunto del sector de servicios profesionales a empresas (CNAE 74, es decir no sólo la ingeniería sino también actividades jurídicas y de auditoría, estudios de mercado y consultoría de gestión, publicidad y marketing, etc.) durante el año 2007 ascendieron a 661 MEuros, que suponen un 0,59% de su volumen de negocio y casi un 9% del total nacional realizado por el total de los sectores empresariales (7.454 MEuros) durante ese año en España. El número total de empresas de ese sector que efectuaron actividades de este tipo fue de 1.690, y en el trienio 2005-2007 el número de solicitudes de patentes fue de 246. Si se compara la contribución del sector de servicios profesional al total de la I+D del conjunto de las empresas españolas (8,87%) con su contribución en términos de volumen de negocio (10,76%) nos encontramos con un factor de forma algo inferior a la unidad (0,82).

Resulta también interesante comparar el esfuerzo en I+D (relación entre la inversión en I+D y el volumen de negocio) de las empresas de servicios profesionales (0,59%) con las de otros sectores a las que éstas sirven, especialmente construcción (0,10%), aeroespacial (7,63%), material de transporte (3,17%), energía y agua (0,49%), y finalmente con el conjunto de las empresas españolas (0,71%).

Las empresas de ingeniería también presentan aspectos de interés cuando se las considera como parte del grupo más amplio de los servicios profesionales, un sector clave en el cambio estructural de la economía de los países europeos⁵⁰ y un importantísimo factor de crecimiento económico, dado el relativo estancamiento -cuando no declive- de las actividades productivas tradicionales en agricultura e industria en los países más avanzados. Especialmente destaca su contribución al empleo y a la creación de valor añadido, ya que a pesar del relativo estancamiento de la productividad del sector, los expertos piensan que éste con sus inputs intermedios tiende a acelerar la economía en su conjunto, dando lugar a una paradoja crecimiento lento - crecimiento rápido que ha sido estudiada entre otros por Baumol⁵¹.

Dentro del grupo más amplio de las empresas de servicios profesionales, la ingeniería es uno de los que se pueden considerar intensivos en conocimiento (SIC⁵²), y de hecho determinados autores prefieren situar esta actividad profesional en el contexto de la denominada «economía del conocimiento». Este concepto fue acuñado tiempo atrás por Peter Drucker⁵³ y ya no supone ninguna novedad en sí mismo, aunque todavía se mantiene la discusión sobre si el término adecuado es ese o el de «economía basada en el conocimiento», lo cual no deja de ser un reflejo de la disyuntiva producto/servicio a la hora de caracterizar el resultado de la actividad empresarial de la ingeniería, como se ha comentado anteriormente. Aunque la ingeniería está orientada en una parte muy sustancial a servir al mercado nacional, se puede constatar que la parte internacional de su negocio no es en absoluto desdeñable y previsiblemente tenderá a aumentar como consecuencia de la globalización de los mercados, tanto en el sentido de acceso a nuevos mercados como en lo que se refiere a la deslocalización de la mano de obra en virtud de las

prácticas emergentes del *outsourcing* y el *offshoring*, lo cual afecta sin duda a la gestión del conocimiento dentro de las empresas.

Diversos estudios⁵⁴ sitúan el valor económico de los servicios de ingeniería en relación con dos cuestiones que afectan a esta materia prima tan propia y particular, el conocimiento. Se trata de la especialización y de la innovación, la primera de las cuales hace referencia a la intensificación del conocimiento en segmentos cada vez más estrechos de su ámbito de aplicación, y supuestamente de su utilidad y valor en la resolución de problemas crecientemente complejos. La innovación por su parte, cuya importancia se ha puesto de manifiesto ya en repetidas ocasiones a lo largo de estas notas, afecta al conocimiento sobre problemas de naturaleza nueva asociados al cambio tecnológico y de los modelos de negocio, con una proyección apreciable en la manera en que se conforman las demandas sociales y del mercado. Ambas cuestiones, especialización e innovación, afectan al valor de las empresas de ingeniería en un doble sentido, el de la creación de ventajas competitivas asociadas a la productividad y también de ventajas comparativas vinculadas a la diferenciación, siguiendo en ello la teorización ricardiana en torno a la teoría del valor y la división del trabajo.

Lo anterior resulta especialmente cierto en un proceso dinámico de transformación de la estructura económica de los países avanzados, que tiende hacia un modelo postindustrial orientado a los servicios de alto valor añadido basados en el conocimiento. La innovación en los servicios es un fenómeno peor comprendido que la innovación industrial y tiene quizá unas consecuencias más profundas ya que afecta a la estabilidad de los modelos de negocio de las empresas y su transformación, lo cual empieza a hacerse evidente en casos como el transporte. En cuanto a las empresas de ingeniería, la visión de la innovación no debería limitarse exclusivamente a la cuestión tecnológica, y en cualquier caso vendrá en buena medida inducida por sus clientes y *partners* en la cadena de valor. El modelo de innovación que se conoce como «*demand pull*» o movido por la demanda, debe completarse en este caso a partir de una apreciación más clara del papel de las transacciones que se dan en la cadena de valor -la cuestión contractual es aquí muy importante- y también de la reorganización de las competencias profesionales, cuestiones que son mucho más complejas, multidimensionales e interactivas que una simple estrategia de cambio sobre productos o procesos en el marco de la relación cliente-proveedor. Pero todos estos temas deben tratarse con cuidado, y merecen sin duda una indagación más detallada de la que se puede efectuar en estas notas.

(4.2) Valor de la ingeniería y estructura de mercado

De acuerdo con el conocido refrán castellano «sólo el necio confunde valor y precio», y siendo ello cierto, no está de más preguntarse cuál de ambos conceptos es más importante a efectos prácticos en la realidad empresarial de la ingeniería española. La determinación del valor real de la empresa, y de su precio que es la expresión monetaria de ese atributo en el contexto de una

transacción real de compra-venta, depende frecuentemente de factores extracontables relacionados directamente con la creación de valor que la adquisición de esos activos suponen para un comprador en relación con otras alternativas posibles de inversión, o el lucro cesante para el vendedor en relación con otras posibles operaciones de enajenación, así como otros factores de oportunidad. Entre ambos términos, valor y precio, puede situarse uno intermedio que es el de la valoración o el valor-precio, que intenta acercar en términos prácticos una y otra cosa. Existe por tanto un valor-precio que podríamos llamar valor de referencia u objetivo y dos valores subjetivos que corresponden respectivamente a las expectativas de comprador y vendedor. El valor-precio objetivo suele determinarse a partir del análisis financiero de la realidad económica de la empresa, reflejada en sus números e interpretada no sólo en términos estrictamente contables sino también de capacidad de crecimiento, riesgo y rentabilidad. El precio en sentido estricto será el resultado final de una negociación en la que cada parte dispone de dos referencias, una el valor-precio o valoración que puede ser compartida si se efectúa por experto independiente, y los valores subjetivos que comprador y vendedor consideran como techo y suelo de referencia respectivamente y que constituyen información reservada de cada uno de ellos.

La valoración de empresas comprende habitualmente un conjunto de métodos que se encuentran perfectamente documentados en la literatura al uso⁵⁵, y normalmente se basan en el análisis de su situación y trayectoria, reflejada en sus estados financieros, incluyendo las obligadas comprobaciones de *due dilligence*. Entre ellos pueden señalarse los procedimientos basados en el análisis del balance de la empresa y su cuenta de resultados, métodos mixtos basados en el fondo de comercio y métodos basados en el descuento de flujos de fondos y su proyección temporal. Existen además una serie de parámetros conocidos por los analistas financieros que suelen utilizarse para medir la creación de valor de una empresa para sus dueños, es decir sus accionistas. Entre ellos, y dando lugar a una plétora de acrónimos tecnicistas, se encuentran el EVA (*economic value added*), el MVA (*market value added*), el CVA (*cash value added*), el CFROI (*cash flow return on investment*) o el TSR (*total shareholder return*). En el caso de las empresas de ingeniería españolas sería más interesante en ese sentido conocer algunas particularidades de las operaciones de compraventa que se han efectuado en los últimos años, tanto en empresas de tamaño medio-grande como INITEC, PROINTEC o EPTISA, como en otras empresas de tamaño más pequeño. Ello ayudaría a hacerse una idea más precisa al respecto de cuáles son los *drivers* del valor de estas compañías a los ojos de sus compradores y los criterios que predominan en la formación de su precio de mercado.

Al margen de lo que sería la determinación del valor de compra-venta de la empresa de ingeniería, hay otras cuestiones que afectan a su valor económico en un sentido más amplio, y una de ellas es la de las características estructurales de los mercados en que actúa y sus consecuencias en términos de rentabilidad empresarial. En cualquier librito de introducción a la economía se explica con claridad cómo la estructura económica de cada mercado, afecta con sus imperfecciones a las circunstancias en que se producen las transacciones de productos y servicios, y en particular a algo tan importante como son los precios. Si bien el concepto de precio

de mercado no coincide exactamente con el valor económico de un bien, en especial cuando se producen como es frecuente externalidades no reflejadas en aquél, no hay duda que debido a sus efectos directos sobre el resultado de la actividad empresarial, el precio es uno de los factores fundamentales a tener en cuenta. Valoración de mercado y valoración social pueden desde luego diferir notablemente, y ello es bien cierto en el caso de los servicios profesionales, cuya retribución en cada sentido es el resultado de un cúmulo de factores y circunstancias que van más allá de la estricta consideración de su utilidad y mérito. Todo ello es suficientemente sabido y conocido.

De acuerdo con la teoría microeconómica convencional⁵⁶, la competencia perfecta es una condición de mercado, más ideal que real, que maximiza el excedente del consumidor a expensas de las empresas, y que básicamente se caracteriza por la conjunción de tres circunstancias: (i) un elevado número de agentes en la oferta compitiendo entre ellos en ausencia de acuerdos de cooperación explícitos o tácitos (colusión), (ii) la indiferencia del consumidor en relación con los bienes o servicios en función de su proveedor de origen, y (iii) la transparencia informativa de la oferta. En tales condiciones, el equilibrio de mercado se establecería en un precio equivalente al coste marginal de producción de las empresas. Este hecho permite sobrevivir a las empresas más eficientes al tiempo que expulsa del mercado a las que no lo son, es decir aquéllas cuyo coste medio sea más alto que el marginal que establece el precio de mercado. Está claro que un escenario de competencia perfecta es una idealización prácticamente imposible de conseguir en la realidad, y desde el punto de vista empresarial constituye una amenaza a la rentabilidad de la empresa, obligada a competir esencialmente mediante bajada de precios.

En el lado contrario se encuentra el monopolio, que representa la mayor imperfección en la estructura de mercado desde el lado de la oferta ya que elimina cualquier ventaja para el comprador, permitiendo al proveedor único establecer una estrategia cantidad-precio óptima para la maximización de su beneficio. Un ejemplo particular de monopolio es el de demanda, es decir un mercado con un solo comprador, o monopsonio. Mientras que la competencia perfecta sería la estructura de mercado menos favorable desde el punto de vista de las empresas proveedoras, el monopolio constituiría lo propio en lo que se refiere a los consumidores por ausencia de competencia. En la realidad de la economía, la situación que nos encontraremos en la mayoría de los mercados se sitúa entre ambos extremos ideales, y por ello funcionan en régimen de competencia imperfecta, siendo el conocimiento de esas imperfecciones también necesario para comprender la creación de valor empresarial en cada caso, es decir la obtención de beneficios. En el caso de la ingeniería civil, hay que tener en cuenta cómo influye el carácter cuasi-monopsonístico del mercado, con un agente comprador que es la Administración pública en sus diversas variantes orgánicas y territoriales.

Los mercados en los que se venden los servicios de ingeniería varían en función de circunstancias diversas, que convendría recordar. En primer lugar como se ha indicado anteriormente existen factores estructurales asociados específicamente a la demanda, como por ejemplo el número de compradores, su capacidad para ejercer poder sobre el mercado, el

estatuto jurídico del que disfrutan, público o privado, etc. Por otra parte, hay que considerar la propia configuración de la oferta, y en concreto el número y tamaño de proveedores, así como el grado de transparencia informativa que éstos practican, y desde luego también la regulación, es decir el conjunto de normas o reglas del juego, que con soporte legal explícito afectan obligatoriamente a unos y otros. La regulación es un concepto amplísimo y en ocasiones sumamente complejo como sucede en el campo de la energía o de las telecomunicaciones, y puede afectar a asuntos tan variopintos como por ejemplo el establecimiento de barreras de entrada en el mercado o la imposición de modalidades concretas de contratación a compradores y vendedores. En lo que se refiere a las obras públicas el modelo de licitación y la casuística que rodea a la adjudicación y ejecución de los contratos tiene una importancia de primera índole sobre todas estas cuestiones, así como los modelos de financiación que también pueden ejercer una influencia determinante sobre la manera en que se organiza la contratación de la ingeniería de esas obras⁵⁷.

John Sutton⁵⁸, de la universidad de Oxford, ha estudiado extensivamente la interacción que existe entre tecnología y estructura de mercado, y sus hallazgos en cierto modo pueden también extenderse a la ingeniería entendida en un sentido laxo y teniendo en cuenta las salvedades que ya se han manifestado en cuanto a su posible interpretación económica dual, como bien o servicio. El profesor Sutton ha llevado a cabo durante más de una década una minuciosa recopilación de datos sobre el particular y ha desarrollado una metodología propia de análisis en un doble sentido: por una parte tratando de observar si existe o no un grado de correlación significativa entre estructura de la demanda y la actitud hacia la I+D en la oferta, lo que denomina *demand-driven innovation*, y por otra parte, la influencia que existe entre la intensidad de la inversión en I+D y la concentración empresarial en el mercado desde el lado de la oferta. Sus conclusiones en cuanto al primero de los dos puntos apunta a que ese tema debe estudiarse en el contexto de la cadena de valor de la industria o sector de que se trate. En ese sentido cuanto más cerca de la cabeza de la cadena se encuentren los agentes compradores y mayor sea su poder de mercado, menor esfuerzo en innovación se exigirá a los proveedores.

En el caso de las obras públicas y su ingeniería, el comprador que suele ser alguna variante de organismo público posee la doble condición señalada, lo cual se traduce en una demanda de innovación relativamente baja hacia sus proveedores, pues no existe un sistema explícito de incentivos que actúe como favorecedor del proceso. Esta atonía relativa de la dinámica de innovación repercute también a medio plazo en el valor de las empresas pues actúa como un nivelador del producto vendido, en un proceso de «*commoditization*» que ha desembocado en la banalidad de la hora-persona como unidad de medida del trabajo en ingeniería, y también su precio. Por otra parte, la intensidad relativamente baja de la inversión en I+D propia de las empresas del sector redundante en la inexistencia de barreras de entrada de tipo tecnológico en el mercado, hecho que se manifiesta en la atomización de la oferta y la consagración de la competencia en precios como estrategia de posicionamiento. Esa situación contrasta vivamente con el comportamiento de los sectores de vanguardia, donde la innovación resulta no sólo un

estímulo sino un imperativo para la supervivencia de las empresas como consecuencia del comportamiento dinámico y la estructura competitiva y abierta de los mercados.

Desde el punto de vista de su estructura de mercado, el sector de la ingeniería difiere del de la construcción de obras públicas en cuestiones muy significativas, no sólo en cuanto a la dimensión de las empresas. Uno de ellos es la inexistencia de los fenómenos apreciables de cartelización que según algunos economistas afectan a ésta última⁵⁹. La estructura marcadamente oligopolística del mercado de la construcción de las obras públicas en España obedece a razones que no guardan relación con la innovación sino con otros factores de naturaleza regulatoria y de ejercicio de la discrecionalidad por parte de los agentes en la demanda. Por otra parte, mientras que la constructora actúa como un integrador de subcontratistas muy diversos, y genera una buena parte de sus beneficio en la gestión de estos contratos en su calidad de *master channel*, la empresa de ingeniería muy raramente desarrolla una función similar salvo cuando es adjudicataria de contratos llave en mano, circunstancia poco frecuente en el campo de las obras públicas aunque sea una modalidad habitual en proyectos industriales. Las relaciones entre constructora e ingeniería poseen una singularidad e interés propios desde el punto de vista del análisis del valor, como se señala en el apartado siguiente.

(4.3) La ingeniería en su cadena de valor

Puestos a definirla en términos asépticos y fríos, de manual administrativo, diríamos que la empresa de ingeniería es el ente de naturaleza societaria y carácter mercantil, explícitamente organizado, que constituye la estructura celular que adoptan normalmente los ingenieros para relacionarse económicamente con sus mercados. Este hecho no es en sí mismo un diferenciador de la ingeniería, aunque la distingue con cierta nitidez estadística de la praxis de otras disciplinas afines o colindantes, como puede ser la arquitectura, donde los vínculos que unen a los profesionales suelen derivar hacia figuras organizativas de índole diferente. Pero la relativa homogeneidad que reina en el dominio de las formas con que se ha ido organizando la profesión de la ingeniería podría ser más aparente que real, pues cada empresa es en sí misma un ecosistema de características propias que evoluciona atendiendo a un curso singular y en ocasiones particularmente impredecible. La heterodoxa Joan Robinson ya nos advirtió desde Cambridge que el uso de la palabra empresa puede ser distinto para la economía y para el hombre común, y según su colega sir Dennis Robertson es preciso considerar aquí la cuestión del liderazgo, ya que en las empresas «encontramos islas de poder consciente en un océano de cooperación inconsciente, como trozos de mantequilla coagulada en un cazo de leche».

Las empresas consultoras de ingeniería son relativamente recientes dentro de la historia de la práctica profesional, pues hace apenas cincuenta años que comenzaron a aparecer en España de la mano de pioneros del calibre de Torán, Fernández Casado o Sendagorta, mientras que como sabemos la profesión ya había iniciado su andadura a finales del Dieciocho. Además las

empresas independientes son habitualmente indisociables de la personalidad de su fundador, del ingeniero emprendedor que les dio vida, transmitiéndoles su pulso originario y creativo. Hablar de empresas de ingeniería en España es evocar una saga de figuras dispares, ingenieros de carácter que como empresarios aportan una variedad de estilos y actitudes misceláneas difícilmente encasillables en el concepto monotónico que se tiene de la ingeniería. Ciertamente, nuestras empresas no son iguales porque en cada una de ellas habita su particular *genius loci*, no son sólo marcas comerciales y el liderazgo se ejerce dentro de ellas con patrones que ni son uniformes ni se explican en los manuales del 6-Sigma de los consultores de *management*.

En España las empresas de ingeniería de consulta poseen una fortaleza empresarial (capitalización, activos) relativamente débil en comparación con las constructoras y empresas de servicios públicos (transporte, agua, energía), porque en promedio son mucho más pequeñas como se ha visto en el apartado anterior y el mercado posee imperfecciones notorias. Sin embargo, es dentro de un negocio tan incierto y en un marco sectorial discutible desde el punto de vista de la lógica económica moderna, donde habitan algunos de los mejores ingenieros de nuestro país, y donde por qué no decirlo, desde el punto de vista económico se puede tener un buen pasar e incluso hacer fortuna. Parece que la relativa debilidad del sector de las consultoras independientes de ingeniería queda en segundo plano cuando aflora la calidad individual de las personas, de los fundadores y de una buena parte de sus colaboradores, aunque en términos empresariales el valor se deriva más bien de la relación con su contexto y con su posición dentro de la correspondiente cadena de valor.

En lo que se refiere a las obras públicas, tres agentes económicos diferentes destacan en la cadena de valor: a la cabeza de la misma el cliente final o Administración, sea estatal, autonómica o local; inmediatamente debajo la empresa constructora, que normalmente integrará un número elevado de subcontratistas especializados; y en la base de todo la ingeniería, a cargo de la cual se encuentra la realización del proyecto y demás estudios técnicos relacionados. Tres agentes económicos diferentes en muchos aspectos, aunque unidos en torno a la obra pública en tres posiciones clave, propiedad, ejecución y concepción, en ocasiones menos integradas de lo que cabría esperar y con una relación no exenta de tensiones entre unas y otras.

El estudio de los contratos⁶⁰ posee un interés singular ya que no sólo reflejan en su literalidad el vínculo jurídico entre las partes, el conjunto de obligaciones de unos y otros y la naturaleza de ellas, sino que además incorporan de forma explícita o tácita aspectos fundamentales o estructurales de la cadena de valor y de la posición relativa que disfruta cada agente dentro de la misma. El funcionamiento de la cadena de valor en la obra pública se diferencia del caso de la industria en la separación contractual que de hecho existe entre propiedad y proyectista, por un lado (Administración - ingeniería), y propiedad y constructor por otra (Administración - constructora), así como por el carácter público que tienen los contratos, sometidos en su interpretación a la jurisdicción administrativa.

Las modalidades de contratación aplicables al caso anterior se encuentran tipificadas en la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público que regulan los contratos de obras, concesión de obras públicas, gestión de servicios públicos, suministro, servicios y de colaboración que celebren los entes, organismos y entidades pertenecientes al sector público. En lo que se refiere al contrato de obras, debe tenerse en cuenta además el Real Decreto 817/2009 que desarrolla parcialmente la Ley anterior y establece los criterios para la entrada de empresas en este mercado (clasificación y registro de licitadores, es decir restricción de la competencia), la composición de los órganos de valoración (mesas, comités de expertos u órganos técnicos especializados) y de contratación. La redacción de proyectos y estudios técnicos corresponde a la modalidad del contrato de servicios que es un contrato de arrendamiento que comprende, en lo que se refiere específicamente a actividades de ingeniería, la realización de estudios informativos, proyectos de trazado y construcción, proyectos constructivos, control y vigilancia de obras y una amplia miscelánea de servicios de asistencia técnica.

Uno de los aspectos que entraña el modelo regulatorio de los contratos públicos de carácter administrativo es la plena separación de iure, y en gran medida también de facto, entre los dos agentes empresariales fundamentales en la cadena de valor, ingeniería y empresa constructora, cuya relación se establece a través del valor contractual del proyecto y esencialmente de la interpretación que del mismo haga el cliente final o promotor, la Administración. Las controversias entre proyectista y constructor, y en especial la resolución de disputas que se refieren a los modificados de obra que suponen una alteración en mayor o menor medida de los proyectos (artículo 202 de la LCSP) en base a razones de interés público y para atender imprevistos, quedan sometidas al criterio del órgano competente de la Administración que en último extremo decide potestativamente. La posibilidad de alteración del contenido del proyecto, que debería tener un carácter de excepcionalidad aunque en la realidad se acerque a lo habitual, se basa en la invocación de conceptos jurídicos indeterminados, tales como interés público, causas imprevistas, elementos esenciales de los contratos acentúa aun más la dificultad de su interpretación, por lo que su valoración debe efectuarse dentro de los supuestos concretos de modificación que puedan plantearse.

Otra cuestión a considerar en cuanto a la formación y particularidades de la cadena de valor de la empresa de ingeniería, y de su posición relativa de dominio o subordinación, es la aparición de nuevos modelos de contrato y en particular los que se denominan genéricamente de colaboración público-privada, en los cuales se redefine el papel tanto de la Administración como de los agentes privados en el contexto de la provisión de obras y equipamientos públicos. Esta modalidad de contrato, incorporada de nuevo cuño en la Ley 30/2007, ha nacido rodeada de incertidumbres y polémica en torno a cuestiones como la complejidad de su régimen jurídico, la dificultad de deslinde con otras figuras, o el controvertido procedimiento de diálogo competitivo. La figura de la colaboración público-privada, incorporada con generalidad en Europa a partir del Libro Verde⁶¹ presentado hace unos años por la Comisión, da lugar a una especie de partenariado en cuyo amplio y versátil objeto puede encajarse casi cualquier prestación imaginable, constituye la

modalidad paradigmática del amplio género de la colaboración público-privada, y resulta de extraordinario interés por su flexibilidad jurídica, y porque permite acometer actuaciones públicas de otro modo inasumibles. Se trata de una adaptación a la realidad europea de un sistema de financiación y gestión que se viene usando desde tiempo atrás en el Reino Unido y otros países bajo el nombre genérico de *Build-Operate-Transfer* o BOT.

La colaboración público-privada presenta ventajas potenciales para la Administración especialmente en cuanto al control del déficit público, es decir permite la construcción de obras y equipamientos sin necesidad de repercutir directamente en los presupuestos, al menos de forma inmediata. Otra motivación es el control de costes y plazos de ejecución, ya que la empresa concesionaria procurará que los costes de construcción y el plazo de entrega sean lo más bajos posibles, de cara a rentabilizar la inversión con el mínimo tiempo posible y aumentar así los beneficios de la concesión. No está claro sin embargo cómo esta figura puede crear específicamente valor a la empresa de ingeniería, entendida como agente económico independiente de constructora y concesionaria.

En el contexto ya estrictamente privado, es decir cuando el cliente o destinatario final no es una Administración pública, el contrato de ingeniería adopta una mayor riqueza de modalidades y también se encuentra más abierto a la negociación entre las partes, lo cual le convierte en un instrumento más flexible que en el caso del contrato administrativo que rige la obra pública. Así se pueden considerar desde contratos puramente de ingeniería como los de ingeniería básica y de detalle, hasta contratos complejos de ingeniería, aprovisionamiento y construcción (EPC) que constituyen una figura relativamente habitual en plantas industriales e instalaciones energéticas. Hay que tener en cuenta en este caso que por lo general existe una relación entre la modalidad de financiación del proyecto y la tipología de los instrumentos contractuales al uso, dando lugar a una relación más compleja y llena de matices que en el caso de los contratos públicos de ingeniería y obra civil, ya que en estos casos la cuestión contractual suele involucrar a propiedad, ingeniería, suministradores, constructores, entidades financieras y aseguradoras. El contrato de ingeniería aparece en estos casos como un elemento fundamental para cada una de las partes involucradas en términos de gestión de riesgos, responsabilidades e indemnidades, y en último extremo creación de valor.

El conocimiento de las relaciones que se dan entre las características del mercado, la variabilidad tipológica de los contratos y la creación de valor empresarial constituye un campo de investigación de primera importancia en el contexto del análisis del funcionamiento económico de las cadenas de valor que comprenden las actividades empresariales de la ingeniería. Sin embargo hay que lamentar el hecho de que no se dispone de muchas referencias⁶² que combinen la perspectiva jurídica y económica sobre esta interesante cuestión, y lo hagan desde una aproximación orientada hacia la perspectiva de negocio de la empresa de ingeniería y la creación de valor para la misma, lo cual debería estimular la realización de investigaciones sobre el particular. Señala Juan Rosellón⁶³ que existe al respecto un problema metodológico importante,

ya que desde la disciplina de la economía la cuestión del valor de lo científico-tecnológico se ha centrado preferentemente en el análisis de la innovación y sus efectos en los mercados, pero se no se ha prestado suficiente atención al estudio económico de otros dos aspectos igualmente importantes: por un lado la investigación básica, que precede en muchas ocasiones a la innovación tecnológica, y por otra parte la aplicación extensiva de las técnicas y conocimientos que la suceden, lo cual suele ser precisamente el campo habitual de acción de la ingeniería entendida como un servicio profesional basado en el conocimiento.

(4.4) Valor, iniciativa emprendedora, oportunidades y ciclos

La relación entre iniciativa emprendedora o *entrepreneurship* y mejoras en la capacidad de los sectores empresariales para crear valor resulta especialmente importante en campos de actividad como la ingeniería, que son intensivos en conocimiento a pesar de que no poseen una gran dimensión si se comparan con los tradicionales conglomerados industriales o de servicios⁶⁴ a los que sirven. La noción de *entrepreneurship*, típicamente referida a las actividades económicas de aquellos agentes que buscan introducir una nueva idea, producto o servicio en el mercado, es y ha sido considerada un elemento fundamental para el crecimiento económico y la creación de valor. De acuerdo con la definición propuesta por la OCDE⁶⁵, «los emprendedores son agentes del cambio y del crecimiento en una economía de mercado y pueden actuar para acelerar la generación, difusión y aplicación de ideas innovadoras. Los emprendedores no sólo buscan e identifican oportunidades económicas potencialmente rentables, sino que están en posición de asumir riesgos si sus intuiciones son buenas».

Una de las cuestiones que ha interesado y sigue interesando a los estudiosos es conocer las causas y factores que propician que dentro del conjunto de la economía nacional, unos sectores de actividad sean más ricos que otros, es decir creen mayor valor o sean capaces de obtener mejores rentas comparativas. En ese ámbito se hace hincapié en el posicionamiento relativo de las diferentes actividades empresariales dentro del modelo crecimiento económico del país, y en los hechos que inciden en ello, en el entendimiento de que aquellos sectores que mejoran su posición relativa son los que lo «hacen mejor» y deben ser objeto de imitación por parte de los demás. En ese sentido cabe considerar la importancia que pueden llegar a tener los factores de comportamiento, y entre ellos la iniciativa emprendedora, frente a otros más clásicos como la tasa de acumulación de capital, la capacidad de acceso a los mercados, o en su caso las posibilidades que existan de «captura» del regulador.

La relación entre capacidad de iniciativa, oportunidad y creación de valor en las empresas de ingeniería tiene facetas de interés desde el punto de vista que nos ocupa. El proceso de creación de nuevas empresas puede tener como consecuencia introducir y diseminar nuevos bienes y servicios, procesos, estructuras organizativas e incluso modelos de negocio en el mercado. La teoría sugiere que con la entrada y salida de empresas del mercado, las nuevas empresas son o

deberían ser más eficientes que aquéllas a las cuales desplazan. Además las empresas que permanecen se verían obligadas a innovar y mejorar su competitividad. La dinámica de renovación empresarial vinculada a la iniciativa emprendedora debería por esas razones resultar en un proceso de avance relativo en relación con otros sectores más estables, llevando a mayores tasas de creación de valor económico no sólo para las propias empresas del sector sino para el conjunto de la sociedad. Pero por otra parte no deja de ser cierto que en la realidad de los hechos y en un buen número de sectores de actividad, la creación de nuevas empresas tiene como modelo la replicación o imitación de lo existente más que la voluntad de innovar. En el caso de las empresas de ingeniería sería útil conocer en qué términos no sólo cuantitativos sino especialmente cualitativos tiene lugar ese proceso, cuáles son los estímulos que el sector ofrece al emprendedor, y también las consecuencias económicas de todo ello.

Lo cierto es que sobre todas esas circunstancias, que indudablemente afectan a cuestiones importantes vinculadas a la creación de valor, se dispone de una información muy limitada que necesitaría completarse con investigaciones específicas si se quiere obtener alguna conclusión válida. En cualquier caso, y en la medida que el dato aporte algún conocimiento relevante sobre la creación de empresas de base tecnológica a partir de las universidades, lo que se denomina «spin-off», la situación en España revela una dinámica de vitalidad limitada. Según Pedro Ortín⁶⁶, del Departamento de Economía de la Empresa de la Universidad Autónoma de Barcelona, el número total de empresas creadas desde las universidades españolas entre los años 2001 y 2005 fue de 368, es decir algo menos de 70 de media cada año y la mayoría de ellas relacionadas directamente con las tecnologías de la información, citando datos de las OTRI. En el caso de las empresas de ingeniería en particular, y con independencia de cual sea su origen, sería interesante además conocer con cierto detalle la manera en que se producen los procesos de creación y cierre de empresas, sobre todo para tratar de poner en relación la evolución de la demografía empresarial con factores relevantes desde el punto de vista de la vitalidad del sector de la ingeniería, atendiendo a los indicadores de densidad de innovación y preeminencia económica de los innovadores, como sugieren Molero y García Sánchez⁶⁷.

La valoración de la ingeniería es un hecho de naturaleza dinámica que también depende de su posicionamiento en relación con el fenómeno de los ciclos, que en este caso habría que entender en un sentido amplio como patrones de evolución de determinados acontecimientos que afectan a la vida económica de la especie humana y sus formas de organización social. No sólo los ciclos de actividad económica, es decir la tradicional secuencia de períodos de crecimiento y recesión que han sido objeto de estudio desde tiempo atrás⁶⁸ por un buen número de especialistas en la materia, sino también y muy especialmente los ciclos que se dan en la producción y difusión del conocimiento científico-técnico, y las consecuencias que ello supone para la innovación tecnológica y para la ingeniería en un sentido más general⁶⁹. También el concepto de ciclo cabe interpretarse en este contexto como cambio de paradigma, y en ese sentido resulta interesante tratar de adivinar cómo puede afectar a la valoración de la ingeniería el cambio hacia un nuevo modelo de desarrollo económico, en coherencia con los valores que la

sociedad parece que reclama con cierta insistencia, y los problemas a gran escala que ya están a la vista, entre ellos los derivados del cambio climático y la armonización de los requerimientos del desarrollo con la demografía de las regiones emergentes, especialmente India y China.

La ingeniería aumenta su valor como se ha señalado en algunos apartados en la medida que se distancia de la «*commoditization*» o trivialización de sus actos profesionales, y una de las oportunidades que recurrentemente se le presentan para ello es la aparición de problemas de nuevo cuño a resolver, o descubrimientos que sustantivamente llevan a mejores condiciones de vida. Lo mismo puede decirse cuando surgen ocasiones para introducirse o crecer en nuevos mercados, generalmente a través de la internacionalización, lo que constituye además una salvaguarda anticíclica frente a los períodos de atonía del mercado local. Todo ello tiene una dimensión objetiva o externa a la propia ingeniería y sus empresas, pero también otra subjetiva o de origen interno que cabe identificar con los estados de iniciativa y espíritu empresarial, es decir la apreciación de los factores de oportunidad y riesgo inherentes a la actividad propia de las empresas del sector y sus dirigentes.

La internacionalización constituye una oportunidad para las empresas españolas de ingeniería, que como indica García Goñi⁷⁰, proviene del afán por una mayor diversificación del riesgo y el temor a una reducción en el crecimiento del mercado español, en un proceso donde el pequeño tamaño empresarial procura ser subsanado mediante la especialización y la búsqueda de nichos de mercado. Se trata de una tendencia de evolución que no es nueva para el sector, ya que como recuerda Álvaro Moya⁷¹, la internacionalización de la ingeniería española dista de ser un fenómeno reciente, y aunque de forma un tanto errática, los primeros pasos se dieron con el surgimiento del sector en el país a mediados del siglo pasado. De hecho la creación de la asociación Tecniberia en el año 1964, tomando el relevo de EDES, respondió inicialmente a ese planteamiento, como una sindicación de esfuerzos cara al mercado exterior. El sector, no obstante, ha experimentado una evolución significativa en cuanto a su presencia internacional durante las dos últimas décadas, esencialmente en actuaciones derivadas tanto del desarrollo económico de países menos avanzados que España, pero también a través de la participación en consorcios para grandes proyectos europeos, como por ejemplo en el sector aeroespacial. En todos estos casos el tamaño de la empresa parece guardar una correlación significativa con el grado de internacionalización de sus negocios, y las razones o «*drivers*» que impulsan este proceso son esencialmente la diversificación de riesgos y la posible disminución de actividad en el mercado nacional. Sin embargo, en el estudio de García Goñi, el último factor en orden de relevancia entre los ocho considerados lo constituye precisamente la reducción de costes y la mejora de la productividad de la empresa, aspectos directamente vinculados a la creación de valor económico, aunque la mejora de la imagen y reputación alcanza la tercera posición.

Hay ocasiones en que la internacionalización de la empresa española de orientación tecnológico-industrial se viene produciendo como consecuencia de su capacidad de innovación y el acierto en posicionar adecuadamente su oferta de servicios/productos en relación con los

mercados globales. Tal es el caso de compañías situadas en sectores emergentes, como por ejemplo el de las energías renovables, siendo de interés en particular analizar casos como el de Gamesa⁷² por lo que la experiencia de esta compañía puede suponer de estímulo y enseñanza. Sin embargo el modelo resulta más difícilmente extrapolable a las empresas puramente de servicios, es decir aquéllas cuyo producto es un input intermedio a incorporar en una cadena de valor que debería ir más allá. En ese sentido habría que tener en cuenta el hecho de que con gran frecuencia la empresa española de ingeniería (al menos en la rama civil) entrega su trabajo a la Administración y en ello se queda, sin otros recorridos posibles. Otro factor a considerar en este caso es la singularidad de la relación entre empresa de ingeniería y constructora, que aunque están vinculadas a través de la importante figura del proyecto, difícilmente consolidan relaciones de intercambio tecnológico y proyección comercial con un feedback positivo (lo que se conoce como «círculo virtuoso»), salvo en los casos en que ambas pertenezcan a un mismo grupo⁷³. De hecho el indicador conocido como «ventaja tecnológica revelada» o VTR en industrias como la construcción o el transporte arroja en España valores $\geq 1,5$ que indican una relativa fortaleza de las mismas, pero es < 1 en el caso de la ingeniería que las sirve, lo cual apunta a la debilidad del efecto inducido verticalmente en la cadena de valor. Tampoco parece que se produzca dentro del sector de ingeniería un nivel significativamente intenso en las relaciones intrasectoriales o transversales de complementariedad, basadas en la diversificación de la especialización tecnológica que puede darse entre distintas empresas y la búsqueda de sinergias como factor estratégico.

En cuanto al análisis DAFO del proceso de internacionalización de las empresas españolas de ingeniería, el estudio mencionado de García Goñi arroja las conclusiones que se indican seguidamente. (i) Debilidades: escasez de personal, adaptación al entorno cultural e idiomático, falta de tamaño empresarial y falta de experiencia internacional; (ii) fortalezas: nivel de formación, calidad, especialización, liderazgo en determinados campos; (iii) amenazas: competencia de grupos multinacionales, participación minoritaria en consorcios, competencia extrema; (iv) oportunidades: crecimiento, Latinoamérica, fondos y ayudas al desarrollo. Los retos que afronta el sector en relación con este tema, se sitúan fundamentalmente en la superación de las dificultades para situarse en buenas condiciones este tipo de mercados y de ser capaces por otra parte de superar el estado de necesidad que obliga a la competencia esencialmente en precio. La internacionalización de las empresas españolas de ingeniería difiere en muchos aspectos del proceso análogo seguido por las constructoras, que ha tenido como puntos fuertes el tamaño, la capacidad financiera y de gestión, y el conocimiento del negocio, que han sabido administrar estratégicamente en su salida al exterior, lo cual se tradujo en cifras de facturación superiores a los 8.000 MEuros en el año 2006, una cantidad que rebasa en mucho el volumen de negocio internacional de las empresas de ingeniería. Otros grandes grupos empresariales de servicios de interés general («*utilities*»), especialmente en los campos de la energía y de las telecomunicaciones, han seguido más recientemente un curso en muchos aspectos semejante al de las empresas constructoras, aumentando además significativamente la inversión directa en el

exterior. Se trata en ambos casos de empresas cotizadas y de una dimensión económica muy importante, en las cuales la creación de valor para el accionista depende de muchos factores, entre ellos la propia evolución del precio de la acción, y en ello también juega un papel relevante el grado de internacionalización.

El último factor estructural de oportunidad para la creación de valor en el ámbito de las empresas de ingeniería que se considera dentro de este apartado, es el relativo al cambio de paradigma o modelo de desarrollo económico. Se trata de algo que viene siendo anunciado por las autoridades del país y también por determinados expertos como una necesidad ineludible, aunque es evidente que se trata de un objetivo que se plantea al menos a medio plazo. Los cambios en la estructura económica, patrones de consumo y modelo productivo que se demandan a nivel macroscópico han de tener forzosamente también su reflejo en la microeconomía, es decir en el funcionamiento de los mercados y sectores de actividad, entre los cuales se encuentra la ingeniería, aunque las perspectivas son inciertas debido a la falta de concreción que existe sobre este tema.

No es fácil adelantar predicciones al respecto. El papel a desempeñar por las empresas españolas de ingeniería en un escenario de desarrollo económico del cual tan sólo se apuntan algunas generalidades y deseos, es cuando menos incierto. Hay interrogantes de fondo sobre ese modelo futuro y cuáles serán las actividades que lideren el crecimiento económico, si serán de contenido más físico o virtual, orientadas a la industria o a los servicios. El elemento medio ambiental, tanto en la gestión de las actividades ordinarias como en lo que respecta a las actuaciones de calado que parecen ser necesarias para contener los problemas del calentamiento global (secuestro y almacenamiento del CO₂, sistemas ecoeficientes de producción y transporte, nuevas formas de movilidad, etc.) pueden tener como efecto una valoración más favorable de las actividades asociadas de ingeniería. De hecho la retribución de algunas de esas actividades -por ejemplo la generación de electricidad a partir de fuentes renovables- obtiene una remuneración extraordinaria mediante primas que excede los precios de mercado del conjunto de la producción eléctrica. La medida en que esa situación de ventaja sea primero sostenible a medio plazo, y en segundo lugar trasladable aguas abajo hacia la cadena de valor es difícilmente predecible, dada la inestabilidad regulatoria y los vaivenes que tienen lugar en ese tipo de mercados que se encuentran tan intervenidos.

En general cabría pensar que un nuevo modelo de desarrollo menos inercial y repetitivo que el actual, basado con excesiva reiteración en la construcción masiva de viviendas, kilómetros de carreteras y líneas de alta velocidad, supondrá una serie de cambios estructurales a las empresas de ingeniería, en la forma en que se relacionan con los mercados y con el resto de los agentes en las correspondientes cadenas de valor, especialmente sus sectores cliente. No es fácil predecir si ello vendrá acompañado de una mejor valoración económica y social de la importancia de la ingeniería, porque para ello será también preciso que ésta sea capaz de articular un discurso consistente hacia el exterior de la profesión y alcanzar una presencia en los ámbitos de decisión

económicos y políticos que ha ido difuminándose de manera muy notoria en el curso de las últimas décadas. Tal misión en realidad compete a todos, a las empresas y a los profesionales, y también a las instituciones que de alguna manera deberían velar por la imagen y promover activamente el valor de la marca. Nada de ello resulta trivial en ausencia de algún revulsivo de especial contundencia que sea capaz de remover algunas de las bases, y desde luego gran parte de los prejuicios, que hay debajo de lo que se entiende por creación de valor en nuestra profesión. Pondremos punto final a este apartado recordando algo que ya decían hace tiempo los situacionistas, y tal vez se podría aplicar a los ingenieros hoy: lo esencial de la diferencia entre «*l'homme mécanisé et le mage*⁷⁴».

A modo de síntesis: diez ideas para un (posible) debate

En este epílogo se extraen de entre lo expuesto a lo largo de estas notas, algunas ideas (que podrían ser) de interés para un debate en relación con la problemática del valor de la ingeniería. Cuestión que será difícil agotar en sola una jornada, aunque sea tan intensa como la que ha convocado el Aula Carlos Roa.

1 - La percepción menguante del valor de la ingeniería (civil) por parte del público y de sus propios profesionales obedece a razones exógenas y endógenas. Entre las causas exógenas habría que señalar la madurez y estabilidad del estado del arte del cuerpo de conocimientos científico-técnicos de base, la novedad marginal que suponen hoy día las obras públicas en los países desarrollados -cuando no rechazo-, y la «*commoditization*» de la figura profesional del ingeniero. En cuanto a los factores endógenos se pueden citar determinadas carencias relacionales que sufre la profesión, su orientación preeminente hacia la productividad en perjuicio de otros valores de mayor lucimiento, y la insuficiencia de las instituciones gremiales para desarrollar una labor eficaz de promoción y puesta en valor de la marca.

2 - Por otra parte, el valor económico de la ingeniería sufre unas circunstancias parecidas debido a las condiciones estructurales del mercado en que actúa -estructura cuasi-monopsonística de la demanda, notable atomización de la oferta y limitado nivel de relación interempresarial en la cadena de valor-, la ausencia de una estrategia definida de innovación/especialización en el sector, y la banalización creciente del producto (servicio) que se vende: horasxhombre.

3 - Como consecuencia de lo anterior, la titulación académica se va disociando del reconocimiento de excelencia que le debería corresponder, y esa minusvaloración que afecta en primer lugar al ingeniero como individuo, hace que la profesión pierda atractivo a los ojos de los jóvenes con talento y por otra parte que las empresas vean dificultadas sus expectativas de obtener beneficios por encima de la media.

4 - El desinterés mediático que rodea -salvo en casos negativos- a las obras de la ingeniería, resta posibilidades a su puesta en valor mediante una recepción más explícita de las mismas por parte de sus usuarios, en general indiferentes más allá de la inmediatez y conveniencia de su uso puro y duro. La opacidad de la obra de ingeniería en el imaginario público se extiende a sus méritos por importantes y justos que sean, tanto los objetivos como los subjetivos.

5 - En relación con lo anterior, urge elevar el tono y dignificar significativamente el discurso público de la ingeniería, en lo que se refiere a su terminología, su riqueza conceptual, el vigor argumentativo, su capacidad de evocación y el atractivo de la envoltura que lo presenta en sociedad. La ingeniería como marca profesional o empresarial es indisociable de su imagen pública.

6 - La inserción profesional del joven ingeniero en contextos fuertemente normados y direccionales como son las empresas o la Administración pública, a veces viene acompañada de la aceptación acrítica por parte de aquel de los valores imperantes en estos medios y lleva a un proceso de «pasteurización» que tiende a neutralizar determinadas potencialidades y virtudes personales. Entre esos «gérmenes» pueden mencionarse los de la creatividad, transversalidad e inconformismo, que son algunos atributos que con frecuencia adornan a los grandes creadores de valor.

7 - La cultura profesional imperante prima la capacidad individual del ingeniero en términos de *problem-solving*, lo cual es sin duda necesario y encomiable. Pero a menudo ignora dos hechos que cuentan desde el punto de vista del valor de la ingeniería: (i) los problemas importantes se resuelven en red y raramente en persona o en grupos cerrados, y (ii) no son pocas las ocasiones en que tiene más valor ser capaz de enunciar (o identificar atinadamente) un problema que resolverlo. La capacidad de relación y liderazgo, y no tanto la pura capacidad de trabajo o la obediencia, es lo que realza al ingeniero en la creación de valor.

8 - La atomización, un cierto déficit de variedad en función de la especialización tecnológica, así como la dificultad para innovar en el mercado por razones objetivas o subjetivas, son tres problemas que afectan directamente al tejido empresarial del sector. Es cierto que subsanar estos problemas no es fácil, y no sólo por razones estructurales de la cadena de valor o del contexto del mercado, sino también debido a factores idiosincrásicos del ingeniero-empresario.

9 - La iniciativa emprendedora en jóvenes ingenieros no se educa, ni se estimula, ni se favorece explícitamente desde las instituciones formativas y gremiales de la ingeniería. El ingeniero emprendedor es así el más improbable y solo de todos los ingenieros.

10 - Lo anterior lleva a considerar el papel que juega -o no- la parte institucional de la profesión (Escuelas, Colegio, Asociaciones, etc.) en cuanto a (i) concebir, (ii) articular operativamente y (iii) gestionar con éxito estrategias colectivas que redunden en la mejora del valor de la ingeniería, en su doble vertiente de percepción pública y provecho económico. Misión nada fácil hoy día.

Madrid, Noviembre - 2009

César Lanza

Anexo: algunos datos de apoyo

Relación de tablas:

Tabla 1 - Comparación intersectorial (2007): servicios técnicos, construcción aeronáutica, construcción de material ferroviario, construcción de obras y edificios, servicios informáticos

Tabla 2 - Comparación de las empresas líderes (2008): ingeniería, construcción, energía

Tabla 3 - Inversión en I+D (2007): servicios profesionales, construcción, aeroespacial, material de transporte, agua y energía, total nacional

Tabla 4 - Drivers del proceso de internacionalización: empresas españolas de ingeniería

Tabla 5 - Contribución del sector de servicios profesionales a la economía (1979-2003): UE-15

Tabla 6 - Participación de los sectores de actividad en el valor añadido total (1987-2003): España, UE-15, EEUU

**Tabla 1: Comparación intersectorial
Año 2007
Datos INE**

Sector	Servicios técnicos	Construcción aeronáutica - esp.	Construcción mat. Ferroviario	Construcción obras y edificios	Servicios informáticos
CNAE	742-743	353	352	45	72
Nº de empresas	116.584	129	83	456.358	33.072
Nº de empleados	332.909	16.362	11.173	2.880.513	240.716
Volumen de negocio (M€)	28.424	3.501	2.689	304.645	24.163
Excedente o resultado (M€)	6.625	23	193	32.951	2.734
RATIOS					
Empleados/empresa	3	127	135	6	7
Facturación/empresa (M€)	0,244	27,140	32,398	0,668	0,731
Resultado/empresa (M€)	0,057	0,178	2,325	0,072	0,083
Resultado/facturación (%)	23,31%	0,66%	7,18%	10,82%	11,31%
Facturación/empleado (M€)	0,085	0,214	0,241	0,106	0,100
Resultado/empleado (M€)	0,020	0,001	0,017	0,011	0,011

**Empresas líderes (ingeniería y sectores relacionados)
Año 2008
Datos publicados por las empresas**

a) INGENIERÍA

Empresa	Técnicas Reunidas	INECO-TIFSA	TYPSA
Nº de empleados	2.373	2.879	1.819
Volumen de negocio (M€)	472	276	164
Excedente o resultado (M€)	88	37	13
RATIOS			
Facturación/empleado (M€)	0,199	0,096	0,090
Resultado/empleado (M€)	0,037	0,013	0,007
Resultado/facturación (%)	18,58%	13,46%	7,66%

b) CONSTRUCCIÓN

Empresa	ACS	Ferrovial	FCC
Nº de empleados	141.002	106.596	93.510
Volumen de negocio (M€)	16.010	14.126	14.016
Excedente o resultado (M€)	1.480	1.550	1.741
RATIOS			
Facturación/empleado (M€)	0,114	0,133	0,150
Resultado/empleado (M€)	0,010	0,015	0,019
Resultado/facturación (%)	9,24%	10,97%	12,42%

c) ENERGÍA

Empresa	REPSOL	Iberdrola	Endesa (*)
Nº de empleados	36.302	32.933	26.487
Volumen de negocio (M€)	60.975	25.196	22.836
Excedente o resultado (M€)	8.160	4.262	6.895
RATIOS			
Facturación/empleado (M€)	1,680	0,765	0,862
Resultado/empleado (M€)	0,225	0,129	0,260
Resultado/facturación (%)	13,38%	16,92%	30,19%

(*) El resultado incluye 4.798 Meuros por enajenación de activos y actividades interrumpidas

I+D Año 2007
Datos INE

Sector	CNAE	Volumen de negocio (MC)	V.N. sector/ Total empresas	Inversión en I+D (MC)	Intensidad I+D I*/V.N.	I+D sector/ Total empresas	Proporcionalidad I+D/V.N.	Patentes concedidas
Servicios profesionales	74 (*)	112.935	10,76%	661	0,59%	8,87%	0,82	82 (**)
Construcción	45	304.645	29,02%	307	0,10%	4,12%	0,14	285
Aeroespacial	353	3.501	0,33%	267	7,63%	3,58%	10,74	746 (***)
Material de transporte	35	12.211	1,16%	387	3,17%	5,19%	4,46	
Energía y agua	40-41	59.366	5,65%	293	0,49%	3,93%	0,70	
Total empresas españolas		1.049.859		7.454	0,71%			2.603

(*) Incluye la totalidad del epígrafe 74, ya que no se dispone de los datos particulares de los servicios técnicos (742-743)

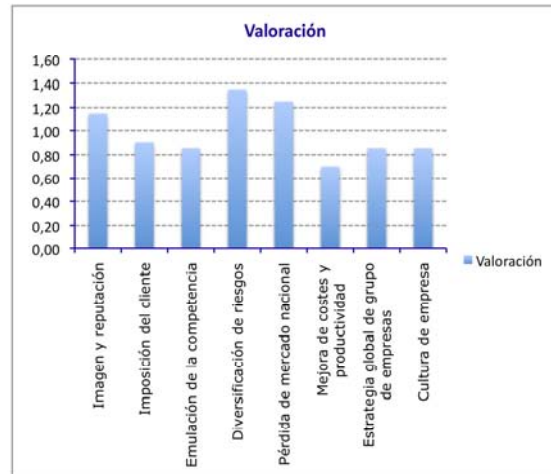
(**) Promedio anual entre 2005 y 2007

(***) Incluye técnicas industriales y transporte

Drivers del proceso de internacionalización
Empresas de ingeniería
Fuente: ICE

Factor	Valoración (*)
Imagen y reputación	1,15
Imposición del cliente	0,90
Emulación de la competencia	0,85
Diversificación de riesgos	1,35
Pérdida de mercado nacional	1,25
Mejora de costes y productividad	0,70
Estrategia global de grupo de empresas	0,85
Cultura de empresa	0,85

(*) Escala tipo Lickert (relación con la media corregida)



**Contribución de los servicios profesionales a la economía
Años 1979-2003
Unión Europea UE-15**

	Servicios a Empresas (*)	Servicios SIC (**)	Total Empresas UE-15	Ratio SIC/Total
Empleo 1979 (miles de personas)	6.837	3.828	147.984	2,6%
Empleo 2003	19.460	10.119	171.167	5,9%
Tasa media anualizada	4,5	4,1	0,6	683,3%
Valor añadido 1979 (miles de Millones de Euros)	122,9	79,1	2.124,0	3,7%
Valor añadido 2003	1.067,4	691,4	9.540,1	7,2%
Tasa media anualizada	4,2	4,1	2,2	186,4%
Productividad 1979 (Euros)	17.976	20.664	14.556	142,0%
Productividad 2003 (Euros constantes)	16.777	20.664	20.961	98,6%
Tasa media anualizada	-0,3	0,0	1,6	0,0%

(*) Equivalentes aproximadamente a CNAE 71 a 74

(**) Servicios profesionales intensivos en conocimiento, equivalentes a CNAE 72, 73, 741, 742 y 743

**Porcentaje de participación de los sectores
en el Valor Añadido Total (1987-2003)**

Fuente: ICE

Sectores de actividad económica	1987-1995			1996-2000			2001-2003		
	España	UE-17	EEUU	España	UE-17	EEUU	España	UE-17	EEUU
Actividades industriales	22	27	24	23	25	22	22	25	21
(según su nivel tecnológico: NT)									
NT bajo	9	10	9	9	9	7	8	8	6
NT medio-bajo	6	7	5	7	7	5	7	7	4
NT medio-alto	6	8	7	7	8	7	6	8	6
NT alto	1	2	3	1	2	3	1	3	4
Servicios	59	58	63	59	61	66	59	62	68
(según su intensidad en conocimiento)									
Servicios intensivos en conocimiento	16	20	27	16	22	29	19	23	30
Otras actividades de servicios	43	38	35	43	39	37	41	39	38

Referencias bibliográficas

- ¹ *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Adam Smith, obra publicada por primera vez en 1776.
- ² *Theory of Value. An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*. Gérard Debreu, 1959.
- ³ *The Economics of Welfare*. Arthur C. Pigou, 1920.
- ⁴ *Creación de valor y gobierno de la empresa en España*. Santiago Eguidazu, 1999.
- ⁵ *L'Ingénieur au chevet de la démocratie*. Robert Germinet, 2004.
- ⁶ *Meditación de la técnica*. José Ortega y Gasset, obra publicada por primera vez en 1939.
- ⁷ *Acerca de la ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de la formación de los ingenieros*. José Luis Gómez Ordóñez, artículo publicado en la revista *Ingeniería y Territorio* nº 87, 2009.
- ⁸ U.K. Institution of Civil Engineers, 1928.
- ⁹ *Scientific Materialism in Nineteenth Century Germany: Studies in the History of Modern Science*. Frederik Gregory, 1977.
- ¹⁰ *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. Robert M. Solow, 1956.
- ¹¹ *Diccionario de filosofía*. José Ferrater Mora, 1994.
- ¹² *The Question Concerning Technology*. Martin Heidegger, 1954.
- ¹³ *L'Actualité su Saint-Simonisme. Colloque de Cerisy*. Pierre Musso, 2004.
- ¹⁴ *Les saint-simoniens. Raison, imaginaire et utopie*. Antoine Picon, 2002.
- ¹⁵ *Tratado de Economía Política*. Jean Baptiste Say, obra publicada por primera vez en 1804.
- ¹⁶ *Los cambios en la enseñanza de la ingeniería: ¿debe ser la investigación la norma o una rareza?* José M^a Goicolea, ibidem nota 6.
- ¹⁷ *Science et méthode*. Henri Poincaré, obra publicada por primera vez en 1908.
- ¹⁸ *Introducción a la etnología*. Jacques Lombard, 1997.
- ¹⁹ *Etnología y utopía*. Gustavo Bueno, 1987.
- ²⁰ *La distinction*. Pierre Bourdieu, 1979.
- ²¹ *Doña Perfecta*. Benito Pérez Galdos, novela publicada por primera vez en 1876.
- ²² *Economics: An Introductory Analysis*. Paul Samuelson y William Nordhaus, 1985.
- ²³ *Competitive Advantage*. Michael Porter, 1985.
- ²⁴ *Management Challenges for the 21st Century*. Peter Drucker, 1999.
- ²⁵ *Engineering taxonomy and decision making*. Vincent Thomson, artículo publicado en Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference, 2009.

-
- ²⁶ *The Hedgehog and the Fox: An Essay on Tolstoy's View of History*. Isaiah Berlin, 1953.
- ²⁷ *The Philosophical Discourse of Modernity*. Jürgen Habermas, 1990.
- ²⁸ *Instituciones y normas*. Fabio Ciaramelli, 2009.
- ²⁹ *La République des ingénieurs*. Robert Germinet y Patrick Harismendy, 2003.
- ³⁰ *L'Homme approximatif*. Tristan Tzara, 1930.
- ³¹ *José Torán, un ingeniero insólito*. Ángel del Campo y Francés, 1992.
- ³² Clemente Solé. Entrevista en el diario *Expansión*, 11 de Junio de 2008.
- ³³ *El sueño creador*. María Zambrano, 1986.
- ³⁴ *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabue hasta nuestros tiempos*. Giorgio Vasari, obra publicada por primera vez en 1550.
- ³⁵ *Technics and Civilization*. Lewis Mumford, 1934.
- ³⁶ *The History of Technology*. Donald Cardwell, 1994.
- ³⁷ *Histoire Générale des Techniques*. Maurice Daumas, 1996.
- ³⁸ *The Human Condition*. Hannah Arendt, 1958.
- ³⁹ *Language and Mind*. Noam Chomsky, 1968.
- ⁴⁰ *Don't Think of an Elephant! Know Your Values and Frame the Debate*. George Lakoff, 2004.
- ⁴¹ *The New Industrial State*. John K. Galbraith, 1967.
- ⁴² *Los Grundrisse (Elementos para la crítica de la economía política)*. Karl Marx, obra publicada por primera vez en 1858.
- ⁴³ *Understanding Media: The Extensions of Man*. Marshall McLuhan, 1964.
- ⁴⁴ *A Mathematical Theory of Communication*. Claude E. Shannon, artículo publicado en la revista Bell System Technical Journal, 1948.
- ⁴⁵ *Intermediate Microeconomics. A Modern Approach*. Hal R. Varian, 1996.
- ⁴⁶ *The Handbook of Experimental Economics*. John Hagel & Alvin E. Roth, 1995.
- ⁴⁷ *Game Theory*. Drew Fudenberg & Jean Tirole, 1991.
- ⁴⁸ CATIA: *Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*, realizado y comercializado por Dassault Systemes.
- ⁴⁹ *La balanza de pagos tecnológicos. Un indicador de ciencia y tecnología en peligro de extinción*. M^a Paloma Sánchez Muñoz, artículo publicado en Boletín Económico ICE nº 2324, 1992.
- ⁵⁰ *Los servicios a empresas en el crecimiento económico europeo*. Luis Rubalcaba & Henk Kox, 2009.
- ⁵¹ *Good Capitalism, Bad Capitalism, and the Economics of Growth and Prosperity*, William Baumol, Robert Litan & Carl J. Schramm, 2007.
- ⁵² SIC: Equivalente a KIBS: *Knowledge Intensive Business Services*

-
- ⁵³ *The Age of Discontinuity*. Peter Drucker, 1968.
- ⁵⁴ *Knowledge-Intensive Business Services as Co-Producers of Innovation*. Paul den Hertog, artículo publicado en la revista International Journal of Innovation Management, 2000.
- ⁵⁵ *Valoración de empresas*. Pablo Fernández, 2002.
- ⁵⁶ *Ibidem* nota 22.
- ⁵⁷ *La política presupuestaria y la financiación de las infraestructuras en España*. José Folgado y Antonio Sánchez Soliño, artículo publicado en la Revista de Obras Públicas nº 3391, 1999.
- ⁵⁸ *Technology and Market Structure*. John Sutton, 1998.
- ⁵⁹ *Obras públicas y oligopolio*. Isabel Novo, 2002.
- ⁶⁰ *La economía de los contratos*. Antonio Serra Ramoneda, 1999.
- ⁶¹ *Libro verde sobre la colaboración público-privada y el derecho comunitario en materia de contratación pública y concesiones*. Comisión de las Comunidades Europeas, 2004.
- ⁶² *Reflexiones sobre el contrato de ingeniería*. Encarnación Serna Meroño, publicado en *Estudios jurídicos en homenaje al profesor Luis Díez-Picazo*, 2002.
- ⁶³ *Economía de la ciencia y la técnica*. Juan Rosellón Díaz, publicado en *Sobre la Economía y sus métodos*, 2008.
- ⁶⁴ *Iniciativa emprendedora, innovación y competitividad*. María Callejón Fornieles y Laia Castany Teixidor, artículo publicado en la revista Información Comercial Española nº 841, 2008.
- ⁶⁵ *Fostering Entrepreneurship*. OCDE, 1998.
- ⁶⁶ *La creación de spin-off universitarias en España. Características, determinantes y resultados*. Pedro Ortín et al., artículo publicado en la Revista Economía Industrial nº 368, 2009-
- ⁶⁷ *Innovación en servicios en la UE: densidad de innovación y preeminencia económica de los innovadores*. José Molero Zayas y Antonio García Sánchez, artículo publicado en la revista Información Comercial Española nº 841, 2008.
- ⁶⁸ *History of Economic Analysis*. Joseph A. Schumpeter, 1954.
- ⁶⁹ *Ibidem* nota 36.
- ⁷⁰ *La internacionalización de los servicios de ingeniería en España*. Manuel García Goñi, artículo publicado en la revista Información Comercial Española, nº 844, 2008.
- ⁷¹ *Los inicios de la internacionalización de la ingeniería española, 1950-1955*. Adoración Álvaro Moya, artículo publicado en la revista Información Comercial Española, nº 849, 2009.
- ⁷² *La internacionalización basada en la innovación. El caso de Gamesa*. Nuria López Mielgo, artículo publicado en la Revista Economía Industrial nº 365, 2008.
- ⁷³ *Políticas de innovación y servicios intensivos en el conocimiento*. José García-Quevedo, artículo publicado en la Revista Economía Industrial nº 363, 2007.
- ⁷⁴ *Traité de savoir vivre à l'usage des jeunes générations*. Raoul Vaneigem, 1967.