

# Ingeniería: Esencia y Enseñanza



**Fernando de Cuadra García**  
Director de la ETSI ICAI. Ingeniero Industrial del ICAI, promoción 1985.  
Doctor Ingeniero Industrial del ICAI desde 1990.

Son tiempos críticos para la Ingeniería, tanto en la definición del ámbito de la profesión como en su enseñanza. Ya hace un siglo Ortega señaló las contradicciones entre formar profesionales y formar científicos, refiriéndose a la Universidad en general. Estas contradicciones siguen vivas, pero además el panorama se ha complicado: los avances científicos y tecnológicos se incorporan cada vez más deprisa a la profesión, siendo la actividad de I+D+I (investigación, desarrollo e innovación) la conexión viva entre profesión y ciencia. Por otro lado, nuevas y viejas actividades reclaman para sí el nombre de Ingeniería. Esto demuestra que es aún un término cotizado, que da prestigio, pero hace temer que pueda devaluarse por abuso. Además, la enseñanza de la Ingeniería está inmersa en un constante debate. Se discute sobre ingenierías, licenciaturas y diplomaturas, y sobre ingenierías técnicas y superiores. Se debate sobre la armonización de estudios a escala europea e incluso mundial, y sobre el papel de las asociaciones profesionales y de las universidades (escuelas) en el reconocimiento de competencias y atribuciones profesionales. Finalmente, se cuestionan los perfiles profesionales que necesita la sociedad y la cantidad de profesionales que se necesitan de cada perfil.

Este es un artículo de opinión. Recoge opiniones, experiencias y deseos sobre lo que la Ingeniería debería ser y sobre cómo debería enseñarse. No pretende más profundidad –ni menos– que la necesaria para opinar sobre términos como “ingeniería financiera” o “ingeniería genética”, o para entender por qué ciertos logros son llamados “obras de ingeniería”, o para analizar la diferencia entre saber sobre ingeniería y ser ingeniero. Y también para aplicar el sentido común y la experiencia a la estructura de estudios oficiales, objetivo bastante ambicioso en la actualidad.

La esencia de una profesión y su enseñanza están tan relacionadas como el huevo y la gallina, en un lazo cerrado de causa y efecto. Pero voy a empezar por la esencia, pues opino que debe ser la enseñanza la que esté al servicio de la profesión (y por tanto de la sociedad) y no al contrario.

## Qué es la ingeniería

Como profesión, la Ingeniería tiene como funciones esenciales:

- Resolver eficazmente problemas complejos, de una forma sistemática.
- Realizar eficazmente tareas complejas, de una forma sistemática.

Ambas funciones tienden a confundirse en la Ingeniería, dada su naturaleza práctica. Efectivamente, en la práctica, la resolución de un problema requiere tareas, y la realización de una tarea compleja plantea problemas.

Para precisar más cuál es el ámbito de la Ingeniería, conviene profundizar en los tipos de problemas o tareas abordados, la naturaleza y fuentes de la complejidad, y el significado del término "sistemático".

Los tipos de tareas/problemas son tan diversos como el análisis, el diseño, la planificación, la gestión, el desarrollo, la construcción (o instalación), el mantenimiento, la innovación y la optimización. En resumen, el ingeniero crea, mejora, gestiona, mantiene y adapta sistemas que funcionan, y que hacen funcionar el mundo que nos rodea.

Las fuentes de complejidad del problema (o de la tarea) pueden ser cuantitativas o cualitativas. Las cuantitativas se refieren al número de elementos involucrados: número de usuarios, componentes o subsistemas, recursos, personas... Las fuentes de complejidad cualitativas pueden agruparse en cuatro familias:

- El nivel de abstracción, tanto de las herramientas matemáticas empleadas como de los fenómenos (naturales o artificiales) analizados.
- La generalidad o interdisciplinariedad (áreas de conocimiento involucradas).
- La importancia de la variable tiempo, de lo dinámico, de lo transitorio (respecto a lo estático o lo estacionario).
- El nivel de incertidumbre en la información manejada.

El término "sistemático" encierra un doble sentido. Por un lado, se refiere a lo estructurado, metódico, repetible y riguroso de los procesos. Por otro, a la estructura jerárquica y modular de los productos, o de las soluciones (es decir, a los sistemas). Puede decirse que el ingeniero maneja sistemas de una forma sistemática.

Como se verá más adelante, los tipos de tareas, la complejidad y la forma sistemática y jerárquica de abordarla son conceptos críticos para entender la necesidad de diversos perfiles en la Ingeniería, y por tanto la necesidad de distintos niveles formativos.

## La esencia de la ingeniería

La creciente influencia de la técnica y de los métodos sistemáticos en todas las actividades humanas hace que las funciones (y sus características) recogidas en el apartado anterior no delimiten con la suficiente nitidez la Ingeniería respecto a otras profesiones. Veo necesario acudir a otras cualidades esenciales de la Ingeniería, como son:

- El uso intensivo de modelos cuantitativos complejos, basados en leyes fundamentales fiables.
- La importancia de los resultados reales, exigidos y verificados.

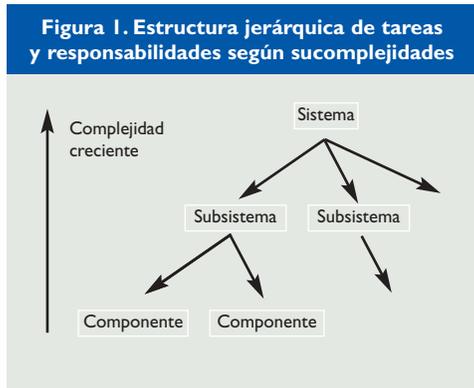
El uso de modelos complejos fuertemente cuantitativos también se da en otras disciplinas, como la Economía o la Sociología. Para caracterizar mejor la Ingeniería creo que hay que considerar la fiabilidad de las leyes que rigen dichos modelos. No parecen comparables en este sentido las leyes del mercado, o del comportamiento humano, con las leyes físicas de la naturaleza o las de la teoría de la información. A la Ingeniería se le puede exigir más precisión y fiabilidad que a otras disciplinas porque se apoya en leyes fundamentales de confianza.

Las diversas ramas de la Ingeniería tienen distintos orígenes y objetivos particulares, presentan un grado distinto de contacto con la naturaleza y sus leyes, y han nacido en épocas muy distintas. Pero todas comparten lo esencial: el espíritu aplicado (práctico), los tipos de tareas, la complejidad de los problemas y la forma sistemática de resolverlos, la fiabilidad y rigor de los modelos manejados, y la exigencia de calidad en los resultados. Debería juzgarse con estos criterios a las nuevas disciplinas que quieran incorporarse a la familia de la Ingeniería, cada día más numerosa.

## Cómo debe ser el ingeniero

La esencia de la profesión debe condicionar definitivamente los objetivos docentes de la enseñanza de la Ingeniería, es decir, el cómo formar al que va a ser ingeniero. Las cualidades que hay que enseñar, entrenar, estimular y exigir en la formación del ingeniero son básicamente de dos tipos: (1) intelectuales o cognitivas y (2) profesionales y emocionales:

- Intelectuales o cognitivas: manejo de modelos matemáticos y físicos complejos, ingenio, intuición, crítica, razonamiento estructurado y analógico (análisis y síntesis, abstracción, interpolación y extrapolación), capacidad de aprendizaje.



- Profesionales y emocionales: espíritu práctico y activo, capacidad de decisión y adaptación, responsabilidad, fiabilidad, rigor, honradez, capacidad de trabajo individual y en equipo. Pueden resumirse en que el Ingeniero se enfrenta a la complejidad como un reto, frecuentemente trabajando en equipo, con el objetivo de que las cosas funcionen lo mejor posible. La satisfacción profesional debe radicar en la calidad de los resultados obtenidos.

Es muy importante destacar que los distintos perfiles de la Ingeniería, y por tanto sus niveles formativos, deben compartir los mismos requisitos profesionales y emocionales. Las diferencias entre niveles sólo se plantean en el plano de las cualidades intelectuales y los conocimientos exigidos. Estos siempre deben ser los adecuados para el tipo de tarea para el que se prepara a los alumnos, el nivel de complejidad de la misma, y el nivel jerárquico o de responsabilidad asociado.

### Tareas, perfiles y personas

En una primera aproximación surge la idea de que hay tareas de rango superior a otras. Parece en efecto que la optimización, el diseño o la planificación son cualitativamente superiores a la construcción y el mantenimiento. Sin embargo, un análisis más detallado revela que en todos los niveles de actividad profesional se realizan tareas de todos los tipos, pero con distintos niveles de complejidad, y con distintos niveles de responsabilidad jerárquica asociada.

Centrémonos pues en los niveles de complejidad y de responsabilidad que se definen en la práctica para abordar tareas o problemas de Ingeniería. La Figura 1 muestra una simplificación (necesaria) de estos niveles: el nivel de sistema, el de subsistema, y el de componente. Naturalmente, esta estructura puede asociarse a la de problema-subproblema-elemento, o a la de tarea-subtarea-acción, según el contexto.

Los perfiles de las personas responsables de cada nivel no pueden ser excluyentes, sino complementarios. El mismo concepto de "perfil" ya es bastante difuso, de hecho. Se puede afirmar que:

- El responsable de un sistema debe saber también sobre subsistemas, y al menos entender el nivel de los componentes.
- El responsable de un subsistema debe saber también sobre componentes, y al menos entender el nivel de sistema.
- El responsable de un nivel de componentes debe también entender el nivel del subsistema.

Según se asciende en la estructura jerárquica, el nivel de complejidad es creciente en muchos sentidos:

- Mayor número de equipos y personas involucradas y gestionadas.
- Mayor número de elementos; parámetros, variables, criterios, factores, requisitos...
- Mayor número de grados de libertad. Problemas menos acotados, más difusos, más criterios conflictivos.
- Intervención de más áreas de conocimiento. Problemas más interdisciplinarios, no sólo por incluir distintas áreas de conocimiento de la Ingeniería, sino también factores económicos, sociales, legales, etc.
- Mayor nivel de abstracción y de dificultad académica en los modelos manejados. Por ejemplo, la posible aparición de problemas dinámicos y/o sujetos a ciertos niveles de incertidumbre.

Los programas de formación deben tener como objetivo perfiles definidos, si aspiran a ser medianamente eficaces. Hasta ahora, se ha identificado más o menos la carrera de Ingeniero con el perfil asociado al sistema, la de Ingeniero Técnico con el perfil asociado al subsistema, y la Formación Profesional con el perfil asociado a los componentes (el nivel de doctorado merece un comentario aparte). Este esquema parece sensato y adecuado, y está claro que ha funcionado hasta la fecha.

Debo aclarar aquí que el nivel de complejidad es el factor clave para definir el perfil. El diseño detallado de un componente puede ser mucho más complejo que el diseño abstracto de todo un sistema, por el número de variables, disciplinas y criterios implicados en los modelos. El nivel de responsabilidad asociado es un problema empresarial y social relacionado con la complejidad, suficientemente difuso como para admitir mucha flexibilidad en la práctica.

## Depósito Creciente

# Haga crecer los intereses cada año



El Depósito Creciente le permite escoger la rentabilidad de su inversión y ver crecer los intereses año tras año.

### Depósito Creciente a 5 años

Verá crecer la rentabilidad de sus ahorros hasta el **4%** el último año (2,85% T.A.E. \*).

### Depósito Creciente a 3 años

Verá crecer la rentabilidad de sus ahorros hasta el **3%** el último año (2,42% T.A.E. \*).

Además, podrá disfrutar de un **ahorro fiscal del 40%** de los impuestos en el I.R.P.F.

Si desea ampliar esta información puede dirigirse a cualquiera de nuestras oficinas, llamar al **902 200 888** de *teleingenieros* Fono, o conectarse a [www.caja-ingenieros.es](http://www.caja-ingenieros.es) de *teleingenieros* Web.

\*T.A.E. para depósitos con liquidación de intereses anual.



## Caja de Ingenieros

Los conflictos sociales y personales son inevitables en toda estructura jerárquica. Hay personas que desempeñan funciones de rango inferior o superior a la formación recibida, y se detectan actitudes elitistas y gremiales en todos los colectivos. A mi juicio hay algunas confusiones básicas que están en la raíz de casi todos los problemas:

- Se confunde el nivel de formación recibido (o el rango de la función desempeñada) con el valor de la persona.
- Se confunde el perfil, que es un concepto difuso y puramente estadístico, con el individuo y sus posibilidades reales, que es algo muy concreto. La estadística respeta al individuo. Las personas pueden, y de hecho lo hacen, pasar con éxito desde la formación profesional al doctorado superando progresivamente todas las etapas intermedias, pero esto no resta valor a la definición estadística de los perfiles correspondientes.
- Se confunde lo que se quiere alcanzar con lo que se puede alcanzar; y también los motivos por los que se quiere y se puede alcanzar algo. La mezcla de capacidad académica, capacidad económica y vocación resulta en una gran riqueza de casos particulares.
- También se confunde el derecho a intentar algo con el derecho a conseguirlo.

Se necesita un esquema formativo en el que se respeten a la vez el rigor y exigencia de los perfiles –definición puramente estadística– y la variedad de oportunidades en las trayectorias personales. Esto exige flexibilidad, pero siempre teniendo en cuenta los méritos individuales ya demostrados en las etapas de formación anteriores.

El perfil profesional asociado al doctorado está mucho menos definido, y menos reglado. Depende críticamente del entorno académico en que se desarrolla, la orientación del programa, el área de conocimiento, el director de la tesis y el tema de tesis escogido. Lo que sí debería ser en cualquier caso es un motor de cambios profundos; no en vano una tesis doctoral en Ingeniería requiere alrededor de cinco años de trabajo. Los objetivos y resultados de estos cambios pueden orientarse hacia sectores diversos, por ejemplo:

- El entorno académico. La enseñanza de la Ingeniería, y la reflexión sobre la evolución futura de la profesión.
- La investigación básica o interdisciplinar. La cooperación de la Ingeniería con el avance o aplicaciones de otras ciencias, ya sean básicas

(matemáticas, física, biología) o aplicadas (economía, sociología, medicina).

- La investigación aplicada. Los avances significativos en I+D+I: nuevas tecnologías, nuevos componentes, nuevos procedimientos, nuevas aplicaciones (sistemas y subsistemas).

### La enseñanza de la ingeniería

La enseñanza de una profesión necesita un equilibrio entre la transmisión de los conocimientos necesarios para su desempeño y el entrenamiento en las tareas propias de dicho desempeño. Y algo más: la transmisión de los valores y actitudes propios –aunque no necesariamente exclusivos– de la profesión. Esto se suele resumir en la fórmula de “formación en conocimientos, habilidades, competencias, actitudes y valores”.

La enseñanza de la Ingeniería (y de otras disciplinas, como la Medicina) presenta un aspecto diferencial. Las escuelas no sólo tienen una responsabilidad académica, sino también social, pues deciden quién “es” ingeniero y quién no. Esto es fundamental cuando se discute sobre niveles de exigencia y fracaso escolar:

El trabajo del ingeniero se desarrolla en un entorno muy exigente. Se le exigen resultados prácticos de gran calidad, estando sometido a todo tipo de restricciones, y teniendo que enfrentarse con agilidad a condiciones inesperadas. Se trabaja en equipo, en un entorno cooperativo y a la vez competitivo, con fuertes responsabilidades individuales.

El estilo docente y las normas académicas tienen que preparar progresivamente al alumno para las futuras condiciones de trabajo. De ahí la importancia de los plazos y los resultados, la fuerte carga de trabajo individual y de equipo, y el enfrentamiento a situaciones nuevas o al menos distintas a las habituales. Todo ello en un entorno en que teoría y práctica tienen que estar fuertemente entrelazadas, para desarrollar al máximo la comprensión intuitiva y sólida de las leyes/fenómenos fundamentales.

Todo esto es compartido por los diversos perfiles de la Ingeniería. Lo que cambia de unos a otros es la importancia relativa de la teoría frente a la práctica, la diversa profundidad y extensión de las materias, y el nivel académico impartido y exigido. Comparando los dos extremos, es decir, el perfil asociado al sistema y el asociado a los componentes, podemos establecer la siguiente tabla (el nivel de subsistema se encontraría entre los dos anteriores en todos los aspectos):

Es necesario explicar el último aspecto de la tabla anterior, es decir, el nivel de “capacidad académica”. Dicha capacidad es un compendio de diversas cualidades relacionadas con el éxito académico en potencia, o sea, la capacidad para obtener buenas calificaciones. El éxito académico requiere capacidad intelectual, capacidad de trabajo y organización, motivación, e inteligencia emocional (capacidad de trabajo en equipo, tolerancia a la frustración, capacidad de adaptación y reacción, fuerza de voluntad). En programas formativos bien diseñados y gestionados, la capacidad académica debería ir acercándose progresivamente a las cualidades deseables en un ingeniero, citadas anteriormente.

La comparación de expedientes académicos entre alumnos que están cursando niveles (perfiles) distintos tiene que ser forzosamente estadística, y ajustada empíricamente. Por ejemplo, en la ETSI ICAI, para que haya una cierta garantía de éxito sólo se admiten en el segundo ciclo de Ingeniería a los ingenieros técnicos con un expediente cercano al 7 (sobre 10), teniendo en cuenta además el número medio de convocatorias consumidas.

En la enseñanza de la Ingeniería hay cuatro aspectos fundamentales que deben cuidarse en paralelo, aunque con desigual intensidad según los diversos perfiles: la formación teórica, la formación práctica, la proyección exterior (empresas y universidades, nacional e internacional), y la formación integral:

- Para la formación teórica se considera fundamental cuidar la selección de profesorado y los programas de las asignaturas. En primeros cursos, se trata de dar una base adecuada a cada perfil, en materias como matemáticas, física y química. En cursos más avanzados, se debe incorporar a profesores ingenieros en contacto directo con la profesión (ya sea por estar en la empresa o por trabajar en I+D desde la Universidad).
- Para la formación práctica se debe trabajar en varias líneas: evaluación de trabajos (individuales o en equipo), refuerzo de los laboratorios, facilidades para prácticas en empresas, y selección de profesores que sean ingenieros en activo.
- La proyección exterior debe seguir tres líneas fundamentales: actividades universidad-empresa (cursos, visitas), prácticas en empresas, y la participación cada vez mayor en redes internacionales de intercambio de estudiantes.

Tabla I

Aspecto	Nivel de sistema	Nivel de componente
Diversidad de conocimientos	Generalista, multidisciplinar	Especialista, detallado
Base teórica (matemáticas, física...)	Alta	Mínima necesaria
Enfoque docente más eficaz	De la teoría a la aplicación	De la práctica a la teoría
Actitud ante el cambio y la sorpresa	Más agresiva e innovadora	Más conservadora
Diseñado para alumnos...	De capacidad académica alta	De capacidad académica media

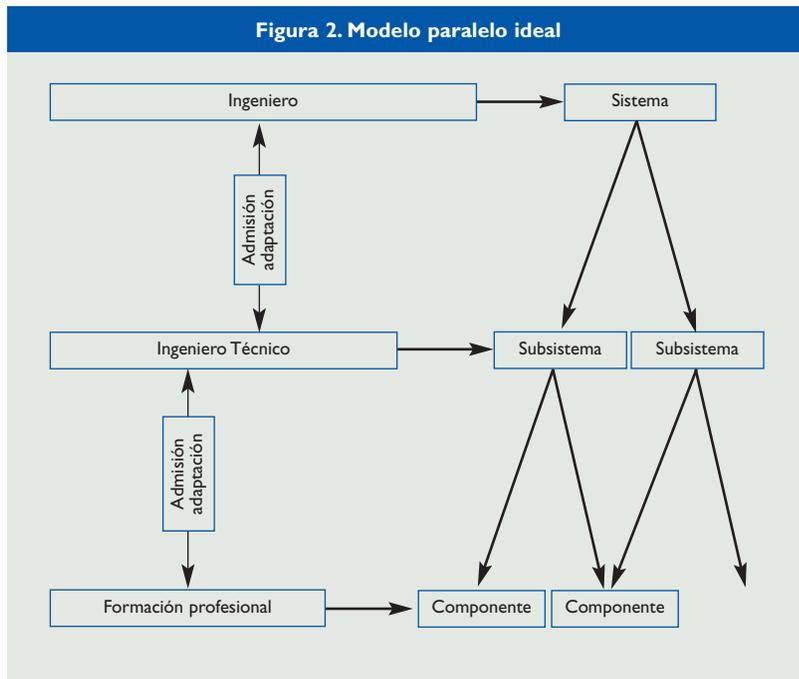
- La formación integral es un objetivo más difuso, pero no por ello menos importante que los anteriores. De hecho, no es independiente de ellos: parte de la formación integral se consigue mediante la combinación adecuada de teoría, práctica y relaciones externas. Pero también hay líneas de trabajo específicamente orientadas a la formación integral: asignaturas obligatorias transversales, líneas de optatividad flexibles, asignaturas de libre elección interdisciplinares, y actividades extra-académicas. Aunque la herramienta más potente para conseguir una buena formación integral es la selección adecuada del profesorado: el ejemplo personal transmite formas de ser, de pensar, y de actuar, con una fuerza mayor que cualquier otro medio docente.

### Normas académicas y fracaso escolar

Es evidente que el fracaso escolar es necesario para que exista el éxito escolar. También es estadísticamente inevitable cuando se necesita un nivel medio importante de aprendizaje: algunos alumnos fracasarán por no ser capaces de alcanzar el nivel, y otros (la mayoría de los que fracasen) no realizarán el esfuerzo mínimo imprescindible por falta de motivación, exceso de optimismo, problemas personales, o simple pereza. Por último, la posibilidad de fracaso escolar es una obligación de cualquier escuela de ingeniería, pues tiene la responsabilidad ante la sociedad de certificar quién es ingeniero y quién no.

El problema fundamental de la enseñanza en general, y muy especialmente el de la enseñanza de la Ingeniería, es cómo conseguir una formación de gran calidad con un nivel de fracaso escolar razonable. La experiencia demuestra algo que puede parecer paradójico: el aumento del nivel de exigencia de resultados (normas académicas), en unos márgenes tolerables, disminuye el fracaso escolar.

El nivel de exigencia en los resultados debe reflejarse en las normas específicas



de cada escuela. En la ETSI ICAI, estas normas incluyen la selección previa de alumnos, el primer curso selectivo, el máximo de cuatro convocatorias (que corren aunque el alumno no se presente a examen), la severidad de las sanciones por fraude (copiar), y la asistencia a clase obligatoria. Los resultados reflejan lo acertado de su aplicación, con menos de un tercio de alumnos que no acaban la carrera comenzada, y menos de un año en el incremento de duración media de los estudios (o sea, menos de un año perdido como media en los alumnos que obtienen el título).

La única manera de formar a profesionales que van a estar sometidos a una gran exigencia en su trabajo es incorporar la exigencia en el proceso de formación, y no esperar transformaciones milagrosas de carácter o hábitos por el hecho de obtener un título e incorporarse a la empresa. No obstante, el fracaso escolar es siempre un drama que no puede aceptarse sin más. Debe estar siempre controlado, supervisado y revisado, y la estructura de los estudios que se defina debe tenerlo previsto. Concretamente, los saltos de nivel entre programas formativos deben contemplar la posibilidad de trayectorias flexibles, que permitan:

- Dirigir a los alumnos hacia el nivel académico adecuado a su capacidad académica real.
- En todo cambio de nivel, aprovechar al máximo el tiempo empleado en el nivel de origen.

- Una segunda oportunidad para alcanzar el nivel deseado, por otra vía alternativa.

### La estructura de los estudios

Este es un asunto complejo y de gran actualidad. Voy a presentar primero dos modelos "puros" extremos, con objeto de clarificar los criterios fundamentales, las ventajas y los inconvenientes. Son modelos utópicos porque ignoran la realidad actual y las posibles restricciones o directrices futuras. Posteriormente propondré un modelo mixto más realista. En todos los casos se omite el perfil del doctorado, por ser menos reglado, menos polémico y menos numeroso (en alumnos), aunque en ningún caso menos relevante. De hecho se considera que el papel del doctorado debería ser cada vez más importante para hacer posible la I+D+I que tanto se desea.

El primer modelo puro es el llamado "paralelo" (Figura 2). Este modelo apuesta por la diversidad de perfiles y la eficacia del tiempo empleado en la formación. La eficacia se persigue mediante la selección de alumnos en origen, y el diseño a medida de los programas de formación. Es un modelo flexible, siempre sujeto a un proceso de admisión individualizado, en función del rendimiento académico personal, y a un proceso particular de adaptación (por reconocimiento o convalidación) de los programas formativos cursados en cada perfil.

Los saltos de nivel, tanto descendentes como ascendentes, implicarían una "pérdida" de materias cursadas, debida a la adaptación. Esto no es una penalización, sino un efecto inevitable del cambio de perfil. El diseño de los planes de estudios debe tener en cuenta los posibles saltos de nivel, pero sin sacrificar las características propias de cada perfil objetivo. Los saltos de nivel podrían darse sin necesidad de concluir el nivel cursado.

Las ventajas de este modelo radican en su eficacia en cuanto a tiempo y resultados obtenidos. Permite diseñar los programas formativos a medida de los perfiles deseados, y a medida de la capacidad académica de los alumnos, minimizando así el fracaso escolar. La única desventaja que se le puede encontrar es que exige coherencia en la selección de alumnos y el diseño de los programas, tanto en el seno de una misma escuela de Ingeniería como en el conjunto de escuelas (por la movilidad de estudiantes). Pero se considera que este problema es común a cualquier modelo que se proponga.

El segundo modelo puro que presento es el llamado "secuencial" o cíclico (Figura 3). Este modelo apuesta por una formación incremental, en la cual la selección de alumnos se realiza al final de cada ciclo. Es rígido en cuanto a las trayectorias académicas. La flexibilidad la consigue porque al final de cada ciclo el alumno obtiene un título que le permite acceder al mercado laboral, o bien seguir estudiando, lo que dependerá de un proceso de admisión individualizado (según rendimiento académico previo) y de los deseos del alumno. El fracaso escolar en un determinado ciclo se compensa por el hecho de tener ya asegurado el título obtenido en el ciclo anterior.

Las ventajas de este modelo son al menos tres. La primera, que la selección de alumnos es incremental: no es necesaria una decisión o selección *a priori*, que podría ser errónea. La segunda es que los objetivos de cada ciclo son a más corto plazo (dos o tres años). La tercera es que garantiza una mayor comprensión entre personas de distintos niveles, pues los de un nivel superior han pasado por los anteriores.

Las desventajas son, sin embargo muy importantes. Para obtener resultados similares a los del modelo paralelo tendría que alargarse todo el proceso formativo, pues hay que volver sobre la teoría básica en cada cambio de ciclo (matemáticas, física, química, etc.). Esto se agrava radicalmente en el salto del segundo al tercer nivel (de ingeniero técnico a ingeniero), pues el perfil de ingeniero es en esencia generalista (el sistema es siempre multidisciplinar), y el de ingeniero técnico es más especializado. No sólo habría que añadir base teórica, sino además áreas de conocimiento y de aplicación absolutamente nuevas, diseñadas a medida de la especialidad ya cursada para complementarla adecuadamente.

Desde el punto de vista docente hay otra desventaja práctica muy importante: es imposible diseñar a medida cada ciclo para un tipo de alumno determinado, ya que todos los alumnos siguen la misma trayectoria. Si se exige a todos un nivel académico alto, el fracaso escolar será excesivo. Si se exige a todos un nivel más bajo, los alumnos más capacitados desperdiciarán un tiempo precioso, siguiendo la ley universal del mínimo esfuerzo.

Vayamos ahora a un modelo realista, que tiene en cuenta la situación académica actual, su posible evolución futura, la realidad legal actual (atribuciones profesionales), y las ideas de los dos modelos "puros" anteriores.

Figura 3. Modelo secuencial (cíclico) ideal

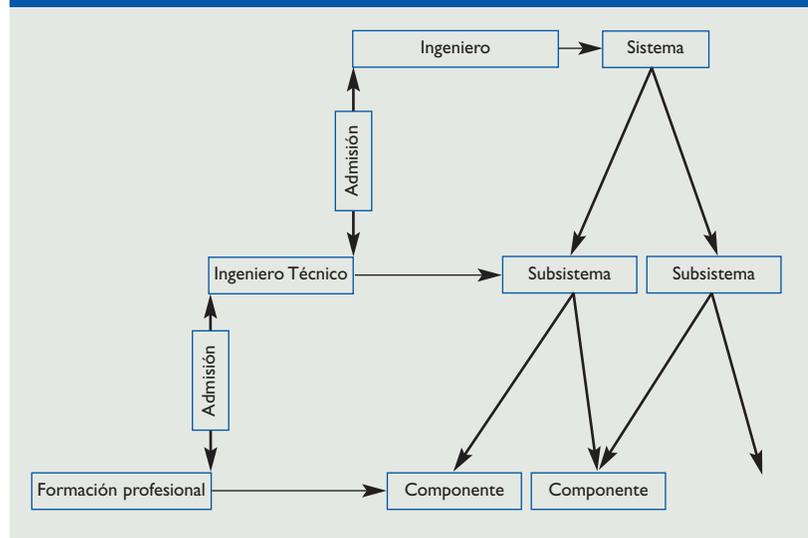
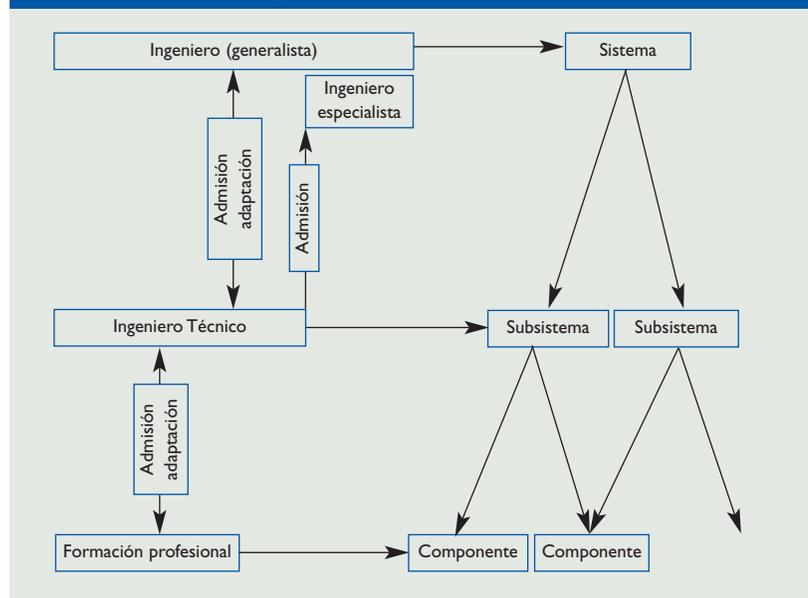


Figura 4. Modelo mixto realista



Como puede apreciarse en la figura, aparece aquí casi intacto el modelo paralelo puro. Respecto al cíclico puro, se conserva en el paso de ingeniero técnico a ingeniero especialista.

El perfil de ingeniero especialista corresponde al de los actuales segundos ciclos, o ingenierías de ciclo corto, y naturalmente a otras nuevas especialidades que pudieran crearse: su probable identificación futura con programas de Máster incita a la diversificación. El término de "ingeniero generalista" se debe entender dentro de un contexto limitado al de cada rama de la Ingeniería (Ingeniero Industrial, Ingeniero de Caminos, etc.), pues es absurdo pensar en un ingeniero universal. No obstante, es interesante comprobar

que en el mercado laboral los ingenieros generalistas (vulgarmente llamados "superiores") de distintas ramas de la Ingeniería son bastante intercambiables entre sí.

Respecto a la legalidad vigente, harían falta las siguientes modificaciones para hacer posible este modelo:

- Convertir las actuales ingenierías largas de dos ciclos (3+2) en programas integrados de 5 años
- Recuperar el concepto de adaptación, para el salto de ingeniero técnico a ingeniero generalista
- Recuperar las posibilidades de acceso, con la correspondiente adaptación, para el paso de formación profesional a ingeniería técnica. Esto ya está parcialmente en marcha, al menos en algunas comunidades autónomas.

En cuanto a la integración en el Espacio Europeo de Educación Superior (vulgo Bolonia), el ingeniero generalista tendría una equivalencia de *Bachelor*+Máster, el ingeniero técnico de *Bachelor*, y el ingeniero especialista de Máster. Las atribuciones profesionales actuales quedarían por el momento intactas.

Las ventajas de este modelo son evidentes. Se respeta en gran medida lo ya existente, deshace errores pasados y disfunciones actuales, es tremendamente flexible en cuanto a las trayectorias académicas y la incorporación al mercado laboral, es coherente en cuanto a la diversidad de perfiles, alumnos, tareas y funciones, y es compatible con la armonización europea de estudios universitarios.

### Resumen y conclusiones

Este es un artículo que recoge una opinión global sobre la Ingeniería y su enseñanza, basada en la experiencia propia, la reflexión, y el intercambio de pareceres con colegas de ambas profesiones (la Ingeniería y la enseñanza universitaria). Contiene afirmaciones polémicas, y ahí precisamente puede radicar su interés en estos tiempos de debate.

He intentado primero aproximarme a los aspectos más esenciales de la Ingeniería, para luego describir la figura del ingeniero. Esto me ha permitido proponer un modelo de enseñanza que cumpla las dos funciones de una escuela, relacionadas entre sí pero no iguales: enseñar Ingeniería, y formar ingenieros.

En cuanto a la esencia de la Ingeniería destaco el concepto de complejidad, pues es determinante para definir los distintos perfiles profesionales de ingeniero propuestos, muy relacionados con cualidades intelectuales. También es muy importante reconocer la forma

de enfrentarse a la complejidad como una característica esencial de la Ingeniería, independiente del perfil concreto, y ligada a las cualidades profesionales y emocionales del ingeniero.

Los distintos perfiles de ingeniero que propongo son los actuales, que han funcionado y funcionan bien en la sociedad. Los relaciono con los distintos niveles de responsabilidad, y a su vez con la complejidad de los modelos que debe saber manejar el individuo de cada perfil. Ahora bien, reconozco que el concepto de perfil es difuso y estadístico, y que las empresas deben ser conscientes de esto (de hecho ya lo son) para no asociar rígidamente el título obtenido con la función desarrollada en la organización. También debe aplicarse flexibilidad a las posibles trayectorias académicas de los alumnos, para permitir cambios de perfil controlados.

Al perfil asociado al doctorado le dedico un comentario aparte, destacando su importancia respecto a los objetivos de I+D+I que reclama cada vez más la sociedad.

Respecto a la enseñanza de la Ingeniería, hago hincapié en la adaptación progresiva del alumno a las futuras condiciones que se le exigirán en su labor profesional, y en la responsabilidad de las escuelas al certificar la condición de ingeniero. Utilizo el concepto de capacidad académica para medir el rendimiento del alumno y estimar su rendimiento futuro, sabiendo que debe aproximarse dicha medida progresivamente a su capacidad como ingeniero. Analizo los distintos aspectos formativos que deben cuidarse para conseguir este objetivo final, como el nivel de exigencia, las normas académicas y la gestión adecuada del fracaso escolar.

Paso a continuación al tema de la estructura de los estudios, y sus correspondientes trayectorias académicas. A través de la descripción de dos modelos hipotéticos extremos (el paralelo y el secuencial) y del análisis de sus ventajas e inconvenientes, propongo un modelo que intenta recoger lo mejor de ambos. Además, dicho modelo presenta dos ventajas fundamentales: requiere cambios mínimos en la estructura actual, y permite la armonización europea de estudios superiores.

Quiero concluir este artículo con un ruego a quienes tienen que definir el futuro de las enseñanzas técnicas, y por tanto de la profesión: estudien el problema con el rigor y seriedad con que lo estudiaría un ingeniero. Y en cuanto a la solución final, apliquen una de las máximas fundamentales de la profesión: si algo funciona bien, no lo arregles. ■