

La Formación Universitaria de los Ingenieros y las Empresas de Ingeniería^(*)

Por S. C. MORALES PALOMINO

Director Técnico de HEYMO.
Catedrático de la E.T.S.I.I. (UNED).

La formación académica de los ingenieros debe guardar estrecha relación con su futura actividad profesional. Al análisis de la situación actual de dicha formación se dedica el siguiente artículo, así como al estudio del papel de los ingenieros de las empresas de ingeniería.

1. INTRODUCCION

Se trata de analizar la situación actual de la formación universitaria de los ingenieros, el entorno que desarrollan sus actividades en el caso de que presten sus servicios en Empresas de Ingeniería y las diversas posiciones que pueden ocupar en estas empresas. También se analizan las vías de promoción personal de los ingenieros y se apuntan ideas acerca de la formación más adecuada para tener acceso a estas vías según las características y deseos de los ingenieros. Dada la amplitud del tema, viene obligado que el análisis deba ser muy general atendiendo únicamente a conceptos amplios. En esto además incide la variedad de titulaciones y de Empresas de ingeniería.

Las Empresas de Ingeniería realizan Proyectos o parte de los mismos y esto en el sentido más amplio; es decir, partiendo de una idea que se ha identificado como rentable en términos económicos y sociales o ambas cosas a la vez, la Empresa de Ingeniería la materializa en una instalación industrial o urbana a través de la aplicación de unas técnicas que puede tener por haberlas desarrollado o por haberlas adquirido. Las grandes etapas como se sabe, son: Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Gestión de Compras, Supervisión de Construcción y Puesta en Marcha de la instalación de que trate. La Ingeniería puede actuar además como Contratista General, tomando unas responsabilidades más amplias.

Todos los proyectos tienen al menos una cosa en común; deben ser dirigidos dentro de una estructura con mayor o menor poder decisorio y deberán intervenir en los trabajos diferentes especialistas según el proyecto de que se trate. El objetivo más común de todas las personas que intervienen en un Proyecto debe ser su puesta en marcha dentro de objetivos de inversión, calidad y plazo de ejecución que se hayan establecido previamente. Es obvio que los ingenieros juegan un gran papel en un Proyecto.

Datos recientes de ASEINCO, que representa el 81 por 100 de las ingenierías del Sector, indican que dentro de esta Asociación hay empresas que ocupan a 10.500 personas de las cuales hay un 32 por 100 de titulados superiores y de éstos el 72 por 100 son ingenieros. Una cifra orientativa indica que el sector de la ingeniería en España ocupa aproximadamente a 3.000 ingenieros de grado superior (se incluyen las empresas de consultoría). A estas cifras habría que añadir los profesionales libres que en cierto modo también realizan servicios de ingeniería, así como aquellos ingenieros que prestan sus servicios dentro de empresas inversoras realizando también servicios propios de desarrollo de Proyectos. No sería aventurado decir que un alto porcentaje de ingenieros realizan su trabajo en el campo de los Proyectos.

Lo anterior únicamente ha sido puesto de manifiesto para hacer ver la importancia de este tipo de trabajo en las actividades de los ingenieros y que por tanto en su formación las Escuelas Técnicas deben tenerlo muy en cuenta. Recientemente en la E.T.S.I.I. de la UPM,

(*)Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de enero de 1989.

se ha indicado que un 60 por 100 de ingenieros industriales realizan básicamente labores comerciales (ciclo El Ingeniero para la década de los 90).

Por otra parte, el nivel de desarrollo de tecnologías en España así como el de su utilización, es bajo comparado con otros países. Tenemos poca tecnología propia en casi todos los campos de la ingeniería. Según lo anterior las cifras absolutas de ingenieros prestando sus servicios en ingenierías debe crecer e incluso las cifras relativas deben seguir la misma tendencia.

La pregunta clave se refiere a qué perfiles deberían tener los ingenieros al salir de las Escuelas de acuerdo con las exigencias que imponga la sociedad. Esto nos obliga al menos a hacer dos tipos de predicciones:

- La primera acerca de como será la sociedad futura en la que los ingenieros desarrollarán sus actividades.
- La segunda se refiere a como atender mejor a la sociedad desde la perspectiva de los ingenieros, tanto a nivel del colectivo como al nivel de las personas que lo componen.

2. ANALISIS DEL ENTORNO

Se trata de analizar las principales características del entorno en que desarrollarán sus actividades las empresas de ingeniería y los ingenieros que prestan sus servicios en estas empresas. Si acertáramos en las predicciones, sería un buen punto de partida para un posterior análisis de cual debería ser la formación universitaria de los ingenieros que el sector de la ingeniería podría emplear.

Antes hacemos notar que inexorablemente la Sociedad impondrá a las Empresas de Ingeniería y éstas a los Ingenieros sus condiciones. Las Empresas de Ingeniería no tendrán más remedio que aceptarlas si desean sobrevivir. Los ingenieros tendrán sus intereses personales. Se trataría pues de conciliar todos estos intereses para conseguir el mayor grado de coincidencia ya que de otro modo se producirían rechazos.

Con estas ideas previas y entrando en la predicción de como será la sociedad futura,

creemos que básicamente se caracterizará en aquello que más afecta a las empresas de ingeniería y a los ingenieros por los siguientes aspectos:

- Cada vez los problemas serán más complejos (habrá más variables a considerar en la resolución de los problemas), ya que todo cada vez parece más interrelacionado. Esto implica contemplar más aspectos en cualquier tipo de análisis que hagamos antes de tomar una decisión del tipo que sea. Modelizar situaciones cada vez será más difícil, a pesar de los avances de la informática.
- Todo será muy cambiante, van muy deprisa los cambios, especialmente las tecnologías de todo tipo cambian. Las comunicaciones propician lo anterior.
- Las situaciones serán de una gran competitividad. No se trata de producir como en los años 50 ó 60, sino de producir en competencia con los demás. Habrá una gran lucha con reglas no muy claras para poder colocar los productos o servicios.

Hay tres palabras claves que resumen lo anterior:

Complejidad

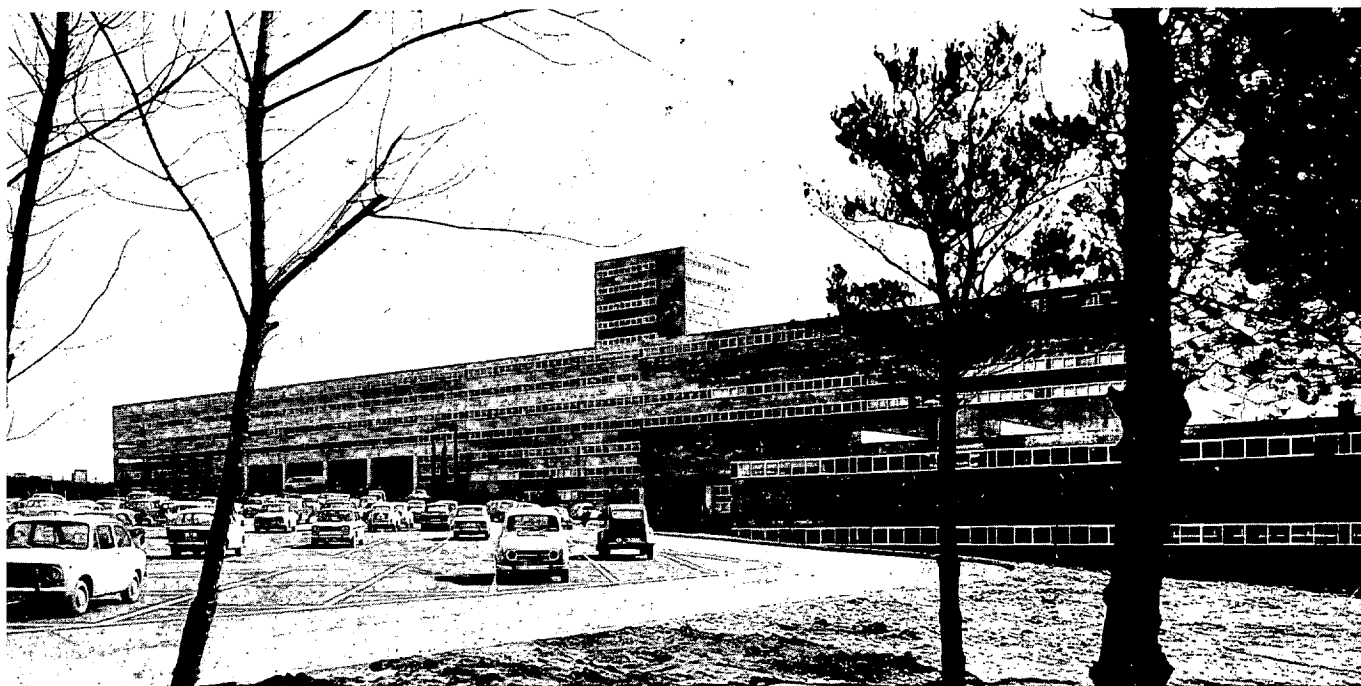
Cambios

Competitividad

que son las tres C de los años futuros y que estamos ya notando con una cierta intensidad actualmente.

Podríamos también considerar una cuarta C, sería la correspondiente a Conflictividad. Esta vendría determinada por la tendencia natural a conseguir un mejor reparto de los bienes entre las personas de todos los estamentos de la sociedad, independientemente de los sistemas políticos que dominen.

El entorno de las tres o cuatro C que hemos descrito incidirá sobre las empresas de ingeniería, sobre los ingenieros que en ellas trabajan y deberían incidir también sobre el tipo de formación que reciben los futuros ingenieros en las Escuelas. Sería obligación de las Escuelas Técnicas el preparar a los futuros ingenieros para desenvolverse mejor en el entorno que les va a rodear.



Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de Madrid.

Resumiendo, tanto a nivel empresa de ingeniería como a nivel de los ingenieros, se debe conocer la situación, aceptarla como inevitable y tratar de integrarse en ella haciendo prevalecer la utilidad de unas y de otros, sin perder en ningún caso, y en especial a nivel de las personas, los propios criterios de identidad.

3. LA FORMACION UNIVERSITARIA DE LOS INGENIEROS

La situación actual de la Universidad es de cambios profundos, que analizaremos a continuación.

La formación de los ingenieros se lleva a cabo en Escuelas integradas en Universidades. Cada Escuela forma a un tipo de ingeniero (Industriales, Navales, Caminos, Etc.), siguiendo planes de estudio que van cambiando, con tendencia a una mayor especialización creando diferentes ramas e intensificaciones dentro de cada Escuela, produciéndose a veces solapes entre especialidades e intensificaciones de di-

ferentes Escuelas. Hasta hace poco la Escuela era la unidad de acción a efectos de formación, y estaba constituida por un conjunto de Cátedras que eran las responsables de las diferentes materias que se impartían. Al frente de las Cátedras estaban Catedráticos, habitualmente uno en cada Cátedra, que era el máximo responsable de la misma. El Catedrático formaba un equipo, en general escaso, de personas que le ayudaban en la docencia. La investigación apenas se realizaba, básicamente por la escasez de medios humanos y materiales.

La reciente Ley de Reforma Universitaria ha cambiado el panorama de una forma importante. Las Universidades están dotadas de una mayor autonomía y por tanto de una mayor responsabilidad. Las materias a impartir se agrupan en Areas de conocimiento de tal forma que los Catedráticos con sus equipos pertenecen a un Area de Conocimiento. Una o varias Areas de Conocimiento se agrupan en Departamentos hasta conseguir unas dotaciones mínimas de personal, de tal forma que el protagonismo que antes tenían a efectos de docencia o in-

vestigación las Escuelas, ahora lo tienen los Departamentos y el que tenían los Catedráticos ahora lo tienen grupos de trabajo integrados en Departamentos o formando parte de uno que tiene carácter más multidisciplinar por la escasez de medios humanos. Los resultados de esta reciente transformación aún no se conocen.

Además actualmente las titulaciones y los planes de estudio están sometidos a revisión. En un plazo breve se conocerán las directrices finales. De todas formas, el debate estará centrado en dos aspectos:

- Cuántos tipos de ingenieros hay que formar en lugar de los tradicionales y como deben denominarse las titulaciones, de acuerdo con los avances de las técnicas y las nuevas demandas de la sociedad.
- El carácter de especialistas o de generalistas que debe darse a los ingenieros, y esto para cada uno de los tipos de ingenieros que se decida establecer.

También se ha producido un cambio evidente en el profesorado en distintos sentidos, que conlleva ventajas e inconvenientes para el desarrollo de la formación de los ingenieros. Anteriormente las enseñanzas técnicas eran impartidas normalmente por profesores con dedicación parcial a la Universidad, generalmente mal pagados, que actuaban por auténtica vocación y que reciclaban conocimientos adquiridos en las Universidades a las empresas privadas y viceversa, especialmente en las asignaturas más tecnológicas.

En los últimos años, el profesorado ha sufrido también una profunda transformación por lo siguiente:

- Se han propiciado desde el Ministerio las dedicaciones exclusivas de los profesores a la docencia e investigación.
- Se han incrementado las plantillas de personal docente de forma importante en las Universidades, especialmente en plazas de numerarios.
- La situación de la industria ha sido de decadencia. La Universidad, con expectativa de empleos estables, ha sido una salida para los nuevos titulados.
- Las retribuciones económicas del profesorado

se han incrementado de forma substancial, sin llegar a ser suficientemente atractivas.

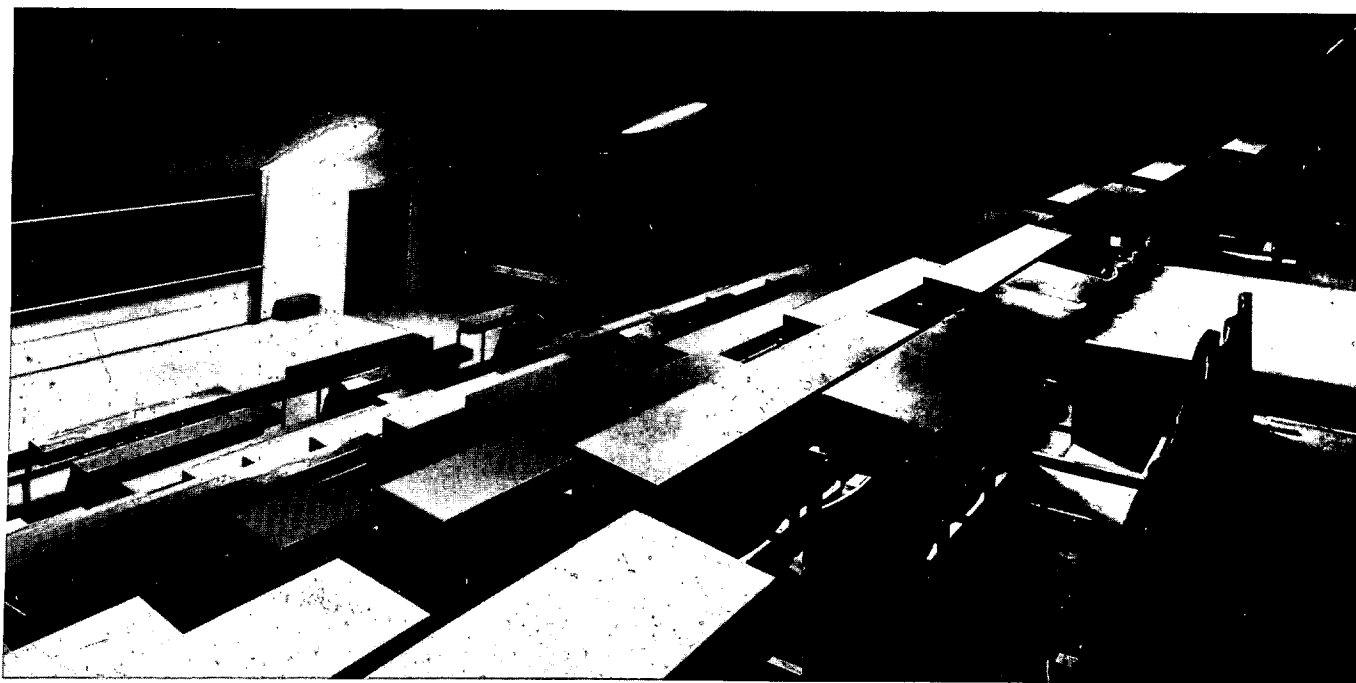
- Ha sido puesta en vigor la Ley de Incompatibilidades y se ha hecho forzosa la jubilación a los 65 años.

Todo esto y más cambios de menor importancia para el personal docente (ingenieros generalmente en este caso), han traído a nivel docente e investigador las siguientes consecuencias:

- Han dejado las Escuelas brillantes y experimentados profesores bien por la edad o bien por las incompatibilidades con otros puestos de trabajo que tenían mejor remunerados y que han preferido no perder.
- Han aparecido nuevos profesores poco experimentados sin contacto previo con la industria que explican el contenido de libros y que pese a su buena voluntad indiscutible, carecen del contacto con la vida real de las empresas que van a emplear a los nuevos ingenieros que ellos forman.

Lo anterior, especialmente en lo que al nuevo profesorado se refiere se está intentando paliar a través de las relaciones Universidad-Empresa que están incrementando todas las Universidades. Mi opinión personal es que el sentido de adaptación al entorno de las tres o cuatro C que mencionábamos antes no lo tiene aún arraigado este nuevo profesorado.

Hay que decir que este nuevo profesorado está atendiendo mejor las tareas de investigación, que tiene enormes deseos de colaborar desde la Universidad con las Empresas y que está en mejores condiciones que el profesorado anterior para asimilar las nuevas tecnologías de punta, por razones tan simples como que tienen más tiempo y son más jóvenes. Potencialmente la Universidad y en especial las Escuelas Técnicas han ganado, aunque los alumnos están recibiendo más teoría y menos práctica de lo que ocurre en la vida empresarial. Lo indicado, mencionado a título favorable o desfavorable para los alumnos, se agudiza más en las asignaturas que se imparten en los últimos cursos; es decir, las que más tecnología aplicada contienen.



Aula de la Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de Madrid.

Otro aspecto de las enseñanzas técnicas se refiere a los planes de estudio. La tendencia en los últimos cambios de planes de estudio ha sido el ir a una mayor especialización en la formación de los ingenieros en detrimento de una mayor visión de conjunto de los problemas típicos que con carácter global se presentan en cada tipo de ingenieros. Hasta ahora parece que los que apoyan la especialización de los ingenieros en la Universidad han sido los que han prevalecido. Esto ha llevado a conflictos entre las diversas enseñanzas de ingeniería que presentan solapes e interferencias no deseables, que suponen un mayor coste para el país. El futuro, como decíamos antes, está a debate en este momento.

Hay que hacer mención en este apartado a la escasez de medios materiales y humanos que sufre la Universidad, que no apoya adecuadamente las tareas de investigación (básica o aplicada), ni la colaboración de la Universidad y las Empresas en su verdadero ámbito. En este último sentido, del ámbito en que debería desarrollarse la colaboración Universitaria-Empresa, creo que se están produciendo en ciertos casos algunos conflictos de competencia con las empresas de ingeniería, en los cuales estas últimas, dadas sus estructuras de costes y los

impuestos que soportan, de ningún modo pueden competir con departamentos universitarios que deriven sus actividades a campos que realmente no le corresponden.

Tengo la opinión de que se podría realizar una perfecta simbiosis entre los departamentos especializados de las empresas de ingeniería, con los departamentos universitarios de las escuelas Técnicas, especialmente en lo que se refiere al desarrollo de tecnologías de punta. Los departamentos universitarios a mi juicio necesitan recibir ideas de temas concretos a desarrollar, la planificación global de los mismos y los medios materiales que los futuros usuarios les pueden proporcionar.

Todo lo anteriormente expuesto está llevando a obtener unos ingenieros que están más especializados en alguna técnica y que precisamente esta especialización les ha hecho perder visión de conjunto. En la era de los sistemas en que estamos empezando a vivir esto no parece adecuado, especialmente si se trabaja en una Empresa de Ingeniería. Mi experiencia tanto docente como profesional me obliga a confesar que los actuales ingenieros recién graduados conocen muchos métodos pero tienen poco metidos en la cabeza los conceptos en los cuales se han basado tales métodos, lo cual les

impide conocer cual es el ámbito de su aplicación y la posible trascendencia que puedan tener los resultados que se obtengan. La ilusión por la informática magnifica esto, haciendo perder el verdadero sentido físico de las cosas. Se tiende a modelizar sin conocer el ámbito de aplicación de cada modelo y los conceptos que inspiran su razón de ser. A mi juicio el entorno actual de la Universidad-Escuelas está propiciando lo anterior lamentablemente.

Hasta aquí hemos analizado el contexto global en que se desarrolla la formación de los futuros ingenieros en las Universidades. La siguiente cuestión a analizar será el conocer si este entorno descrito de Universidades, Escuelas, profesorado, planes de estudio, etc. es adecuado para lo que las empresas y en especial las de ingeniería esperan de los futuros ingenieros.

4. LOS INGENIEROS EN LAS EMPRESAS DE INGENIERIA

La primera pregunta que nos hacemos se refiere a lo que espera una Empresa de Ingeniería de un ingeniero. Hacemos antes de contestar un somero análisis de las funciones que puede ocupar un ingeniero en este tipo de empresas.

En las Empresas de Ingeniería puede haber ingenieros prácticamente en todas las posiciones. Donde más abundan los ingenieros es en los siguientes puestos de trabajo:

- Ingenieros dirigiendo proyectos.
- Ingenieros dirigiendo departamentos especializados.
- Ingenieros integrados en departamentos especializados.

Normalmente en Empresas de Ingeniería que desarrollen varios proyectos simultáneamente se acude a organizaciones para cada proyecto de tipo matricial, a la formación de grupos de trabajo estables o soluciones mixtas, dependiendo ésto del tamaño y complejidad de los proyectos.

Los departamentos tienen normalmente estructuras del tipo piramidal con un Jefe al frente, una serie de ingenieros especialistas (senior

y junior) y después proyectistas y delineantes, además de otro personal subalterno.

A estos ingenieros que participan en el desarrollo de proyectos, se les presentan tres clases de problemas: los puramente técnicos, de planificación (organización) y los económicos. Es también cierto decir que cada problema que se presenta tiene a su vez tres componentes, la técnica, la de planificación y la económica. A medida que subimos, desde la base de la pirámide empresarial, la componente técnica de los problemas va perdiendo importancia y va adquiriendo mayor valor la componente económica. Dicho de otro modo, lo primero que se delega son los problemas técnicos, después los de planificación (organización de recursos) y por último los económicos, los cuales resultan a veces indelegables. La dirección de la empresa en ningún caso puede perder el control económico.

De acuerdo con lo anterior, parece evidente que en una Empresa de Ingeniería se necesitan una gran variedad de Ingenieros para cubrir las funciones correspondientes a las especialidades a realizar. Podríamos hacer un perfil del tipo de Ingeniero que se necesitaría en cada posición del organigrama para cada momento de la vida de las empresas. También podríamos hacer un análisis de los aspectos comunes que requerimos de todos los ingenieros de todos los departamentos.

Hacemos un paréntesis para resaltar que las técnicas y los métodos para resolver los problemas de índole técnica en las Empresas de Ingeniería están bastante establecidas a través de Normativas, Procedimientos, Guías de Diseño, etc., que bien son de carácter general o bien han sido desarrolladas o adoptadas por la propia Empresa. Esta normalización ha venido obligada por la economía y racionalización de soluciones y tiende esencialmente a evitar la realización de soluciones que comporten riesgo en el desarrollo de los proyectos. Por otra parte obliga a los Ingenieros a usar técnicas probadas anteriormente con buenos resultados.

Una reflexión inmediata sería preguntarnos ¿Qué hacen los Ingenieros especialistas en las Empresas de Ingeniería en la mayor parte de las ocasiones? La respuesta es clara: Unos utilizan

técnicas o procedimientos existentes y otros deciden en cada caso, cual o cuales métodos o procedimientos existentes deben ser usados en la resolución de problemas concretos, o también cual debe ser la combinación óptima de tales métodos o procedimientos. Los primeros son Ingenieros esencialmente calculistas y los segundos son esencialmente proyectistas. Estos ingenieros proyectistas desarrollan su actividad intentando aunar todas las posibilidades que les ofrecen las diversas técnicas a utilizar, que también, en general, son muchas y muy complejas. Estarán condicionados a unos plazos y unos presupuestos que en general serán escasos. Resulta obvio que el Ingeniero proyectista necesita una formación amplia, no sólo para elegir los métodos o técnicas adecuadas, sino para combinarlas con el resto de especialidades que intervienen en los proyectos. Por el contrario el Ingeniero calculista realiza trabajos de índole repetitiva para lo cual no necesitará la formación amplia del anterior, salvo que sienta el deseo de promocionarse y éste es un aspecto muy importante de la cuestión que estamos tratando en lo que se refiere a las personas.

Si partimos de la idea de que las personas en una organización desean prosperar y que los Ingenieros no tienen por que ser menos, analizamos ahora los caminos que dentro de una división de producción de una Empresa de Ingeniería existen para ascender en el escalafón. Exponemos qué hacen los Ingenieros en el citado escalafón:

- El Ingeniero utiliza obligatoriamente técnicas o procedimientos que la práctica ha sancionado. (Normalmente estas técnicas o métodos le vienen impuestos).
- El Ingeniero decide que técnicas o procedimientos deben ser utilizados por otros y supervisa su utilización.
- El Ingeniero analiza el trabajo a realizar por su departamento, lo divide racionalmente, lo asigna y controla la realización en plazo y coste.
- El Ingeniero analiza todo el proyecto, lo divide por departamentos y fija plazos y costes.
- El Ingeniero asigna proyectos a quienes tienen la responsabilidad de realizarlos.

Si un Ingeniero quiere prosperar en una Empresa de este tipo debe pasar por las etapas anteriores. La Empresa debe permitirle prosperar y la formación universitaria recibida en la Escuela también. Es obvio que debe recibir una formación complementaria en la situación actual, de especialización técnica a ultranza.

Hacemos mención a una serie de Ingenieros que no desean esta vía (los menos), sino la pura vía técnica. La prosperidad de éstos vendrá por el lado de integrarse en departamentos o divisiones de I + D, si es que la Empresa las tiene; en otro caso su alternativa será cambiar de Empresa.

En grandes Empresas de Ingeniería se hacen necesarios auténticos Ingenieros especializados en determinados campos, también en general amplios (procesos, seguridad, carreteras, geotecnica, etc.). La vía de promoción de estos Ingenieros es precisamente el profundizar en las materias en que están especializados permaneciendo siempre en punta de los conocimientos y aplicación de dichas materias.

5. EL RETO DE NUESTRO TIEMPO

El problema de la formación y posterior adecuación de los nuevos Ingenieros a las Empresas de Ingeniería, hay que abordarlo con una visión muy amplia. Se puede en principio hacer las siguientes consideraciones:

- Existe una interacción Universidad-Escuela-Empresa-Ingeniero.
- Las señales que cada Estamento recibe de la Sociedad son de diferente intensidad y distanciadas en el tiempo.
- Las Empresas de Ingeniería reaccionan a las señales antes que el colectivo de ingenieros por su necesidad de sobrevivir y también mucho antes que las Universidades.

El problema es tremendamente complejo y no se puede analizar numéricamente. Cualitativamente sería cierto decir que una prelación vendría porque las personas (en este caso ingenieros) deben servir a la Sociedad, realizándose asimismo a través de la prestación de sus servicios en Sociedades de Ingeniería, cuya única razón de ser es la de ser útiles a la Sociedad.

Las reflexiones anteriores nos llevan a determinar que la Sociedad impone realmente sus condiciones y el resto de subsistemas o subconjuntos debe adaptarse a ellas y todo ello sin perder de ningún modo la identidad de las personas (en este caso ingenieros) los cuales a su vez representan una parte de la Sociedad.

En el sentido que nos afecta, las Sociedades de Ingeniería, los Ingenieros y las propias Universidades tendrán que aceptar la Sociedad de las tres o cuatro C, que mencionábamos al principio.

Los criterios de actuación a seguir que convienen a las Empresas de Ingeniería, a los Ingenieros y que pueden ser datos a considerar en el comportamiento de las Universidades y Escuelas, se indican a continuación. Antes y con un criterio pragmático y positivista exponemos que los problemas complejos deben ser resueltos con respuestas sencillas, siempre que éstas en una clasificación A, B, C sean precisamente las A.

Así pues, a la presunta Sociedad de las tres o cuatro C, le podríamos responder:

- A problemas complejos: Formación amplia para poder identificar estos complejos problemas. Visión de conjunto y capacidad de síntesis para poder ordenar la importancia de las variables y parámetros que intervienen en los problemas.
- A situación de Cambios: Flexibilidad (capacidad de adaptación), reciclaje de conocimientos y formación continuada.
- A situación de Competitividad: Imaginación, Planificación y Persistencia.

Lo anterior es válido, tanto para las Empresas de Ingeniería como para los Ingenieros y la

propia Universidad. Ocurre que la inercia de los comportamientos es muy desigual, llevando habitualmente en este caso la peor parte las Universidades.

Quizás para las Empresas de Ingeniería lo más duro de afrontar sea la situación de cambios a que se ven sometidas. Los productos o servicios que prestan a la Sociedad tienen una vida efímera, bien por cambios de las propias técnicas o bien por cambios en la demanda. La capacidad de adaptación y el reciclaje continuo de ingenieros suficientemente motivados debe constituir una constante preocupación de los empresarios públicos y privados del sector. Las Universidades en este sentido pueden hacer un gran papel, no sólo en las propias enseñanzas regladas, sino ofreciendo cursos de postgrado que complementen la formación de los ingenieros que la Sociedad demande en cada momento. Un ejemplo de esto es lo que está intentando desarrollar la Universidad en la que presto mis servicios.

Sisenando Carlos Morales Palomino.



Doctor Ingeniero Industrial,
Catedrático del Area de Ingeniería de la Construcción de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
Director Técnico de HEYMO.

